

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И СВЯЗИ УКРАИНЫ

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ИМЕНИ  
АКАДЕМИКА В. ЛАЗАРЯНА

ВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ТРАНСПОРТНОЙ АКАДЕМИИ УКРАИНЫ



# 70 Международная научно-практическая конференция

Посвящается 80-летию ДИИТа

## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

(15.04 – 16.04.2010)

ДНЕПРОПЕТРОВСК  
2010



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И СВЯЗИ УКРАИНЫ

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА ИМЕНИ АКАДЕМИКА В. ЛАЗАРЯНА

ВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ТРАНСПОРТНОЙ АКАДЕМИИ УКРАИНЫ



**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

**70 Міжнародної науково-практичної конференції  
«ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**70 Международной научно-практической конференции  
«ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА»**

**ABSTRACTS**

**of the 70<sup>th</sup> International Scientific & Practical Conference  
«THE ISSUES AND PROSPECTS OF RAILWAY TRANSPORT  
DEVELOPMENT»**

**15.04 – 16.04.2010**

Днепропетровск  
2010

*Конференция посвящается  
80-летию Днепропетровского национального университета железнодорожного  
транспорта имени академика В. Лазаряна*

УДК 656.2

Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: Тезисы 70 Международной научно-практической конференции (Днепропетровск, 15-16 апреля 2010 г.) – Д.: ДИИТ, 2010. – 350 с.

В сборнике представлены тезисы докладов 70 Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта», которая состоялась 15-16 апреля 2010 г. в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна. Рассмотрены вопросы, посвященные решению задач, стоящих перед железнодорожной отраслью на современном этапе.

Сборник предназначен для научно-технических работников железных дорог, предприятий транспорта, преподавателей высших учебных заведений, докторантов, аспирантов и студентов.

Печатается по решению ученого совета Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна от 29.03.2010, протокол №8.

### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

д.т.н., профессор Мямлин С. В. – председатель  
д.т.н., профессор Блохин Е. П.  
д.т.н., профессор Бобровский В. И.  
д.т.н., профессор Боднарь Б. Е.  
д.т.н., профессор Вакуленко И. А.  
д.т.н., профессор Дубинец Л. В.  
д.т.н., профессор Петренко В. Д.  
д.т.н., профессор Рыбкин В. В.  
к.т.н., доцент Анофриев В. Г.  
к.ф.-м.н., доцент Дорогань Т. Е.  
к.и.н., доцент Ковтун В. В.  
к.т.н., доцент Очкасов А. Б.  
к.т.н., доцент Патласов А. М.  
к.т.н., доцент Соборницкая В. В.  
к.т.н., доцент Тютюкин А. Л.  
к.т.н., доцент Урсуляк Л. В.  
к.х.н., доцент Ярышкина Л. А.

Адрес редакционной коллегии:

49010, г. Днепропетровск, ул. Акад. Лазаряна, 2, ДИИТ

Тезисы докладов печатаются на языке оригинала в редакции авторов.

## Секція 1

**«Динамика рельсовых экипажей и безопасность движения»****СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА КІЛЬКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПОДІЙ  
НА ЗАЛІЗНИЦЯХ**Шевченко В. В.<sup>1</sup>, Пшінько О. М., Мямлін С. В., Гненний О. М.

(1 – Міністерство транспорту та зв'язку України, м. Київ; ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Основною вимогою до діяльності підприємств залізничного транспорту є дотримання норм безпеки руху поїздів. Але уникнути повністю порушень безпеки руху неможливо у зв'язку з багатофакторністю процесу забезпечень безпеки руху на залізницях. Аналіз даних звітності з безпеки руху на залізницях України свідчить, що порушення безпеки є в наявності майже у всіх господарствах залізниць. Причому до основних чинників відносяться поряд з людським фактором також і технічні засоби та технологічні дії. З метою удосконалення системи управління безпекою руху поїздів на залізничному транспорті запропоновано економічний підхід до прогнозування наслідків порушень безпеки руху, який базується на кількісній оцінці статистичних даних про транспортні події. Основу цього економічного методу становить поєднання аналітичних даних на базі статистичного аналізу транспортних подій та прогнозних показників рівня безпеки руху з урахуванням можливих збитків від порушень безпеки руху.

Слід відзначити, що чисельно задачу статистичної оцінки математичного сподівання кількості транспортних подій при відомому законі розподілу часу між транспортними подіями доцільно вирішувати за допомогою методу статистичних випробувань за такою схемою:

1. Генерується реалізація випадкової величини, що рівномірно розподілена на відрізку  $[0;1]$ .

2. За отриманою реалізацією випадкової величини, що рівномірно розподілена на відрізку  $[0;1]$ , та зворотною функцією закону розподілу часу між транспортними подіями визначається реалізація зазначеної випадкової величини.

3. Фіксується порядковий номер отриманої реалізації з початку поточного циклу випробувань та накопичена сума інтервалів часу між транспортними подіями з початку поточного циклу випробувань.

4. Кроки 1–3 повторюються, доки накопичена сума інтервалів часу між транспортними подіями не перевищить верхню межу заданого фіксованого інтервалу часу, для якого визначається кількість транспортних подій. При цьому за результат циклу випробувань приймається порядковий номер реалізації випадкової величини інтервалу між транспортними подіями, який передував останньому випробуванню.

5. Цикли випробувань повторюються певну кількість разів. З результатів циклу випробувань формується статистична вибірка кількостей транспортних подій. Об'єм вибірки дорівнює кількості циклів статистичних випробувань. Тому кількість циклів випробувань повинна забезпечувати потрібну точність статистичних оцінок параметрів вибірки.

6. Статистичною оцінкою математичного сподівання кількості транспортних подій є вибірка середня результатів циклів випробувань.

Таким чином, важливим завданням при прогнозуванні кількості транспортних подій є встановлення закону розподілу часу між транспортними подіями, що досягається за рахунок статистичного оцінювання параметрів закону розподілу, та встановлення його типу (перевірки відповідних статистичних гіпотез). Це формує основу економіко-



математичного моделювання процесу управління системою безпеки руху на залізничному транспорті.

## ПРОГРАММНО–ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ НАЛИВНЫХ ПОЕЗДОВ

Блохин Е. П., Гаркави Н. Я., Железнов К. И., Урсуляк Л. В., Романюк Я. Н.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The description of the developed computer system possibilities and its use to solve problems of motion safety and stability is given.

Как известно, вождение наливных неоднородных поездов, особенно увеличенной длины, как правило, всегда связано с определенными трудностями. Поэтому в научно-отраслевой лаборатории динамики и прочности подвижного состава ДИИТа разработан программно-вычислительный комплекс, с помощью которого можно решать ряд задач, связанных с безопасностью движения, формированием поездов и рекомендациями по их вождению.

При моделировании переходных режимов движения поездов, в состав которых входят цистерны с неполным наливом, жидкость в первом приближении можно представить в виде одной подвижной относительно бака цистерны массой и другой массой, соответствующей неподвижной части жидкости. Предполагается, что подвижная масса на высоте выше верхней «кромки» неподвижной массы «сочленена» с баком посредством «пружины». В случае недолива жидкости происходят ее перемещения в продольном и поперечном (горизонтальном) направлениях. Вызванные возмущениями колебания жидкости описываются дифференциальными уравнениями, имеющими определенную специфику. Каждый тип цистерн предназначен для перевозки вполне определённого жидкого груза. Однако часто в цистерне перевозят не соответствующий ей жидкий груз. Это особенно опасно, если удельный вес перевозимой жидкости больше того, для которого предназначена данная цистерна. Примером может служить карбамидо-аммиачная смесь, которую перевозят в цистернах, предназначенных для перевозки бензина. Удельный вес этой смеси примерно в 1.3 раза больше, чем у бензина, поэтому во избежание перегрузки вагонных осей, цистерну заполняют с недоливом.

При разработке интерфейса программного комплекса учитываются особенности натурных листов, содержащих данные о вагонах с жидким грузом.

В предлагаемом вычислительном комплексе в зависимости от решаемых задач возможно использование как метода Адамса-Башфорта-Мультона, так и метода Рунге - Кутты 4-го порядка.

Предусмотрена возможность моделирования движения соединенных поездов с расположением однотипных локомотивов вдоль состава, при этом тормозная магистраль может быть как сквозная (соединенная), так и автономная (разобшенная). Межвагонные соединения могут содержать поглощающие аппараты различных типов.

Численные значения параметров, характеризующих работу тех или иных тормозных систем, межвагонных соединений и систем управления тягой принимаются по результатам многолетних, многочисленных опытов, проведенных с поездами в реальных условиях опытного кольца на станции Щербинка Московской ж.д. учеными ДИИТа, ВНИИЖТа, в сотрудничестве в ряде случаев с другими организациями.

В результате расчета могут быть получены: осциллограммы продольных сил и ускорений; распределения вдоль поезда максимальных значений продольных сил в рассматри-

ваемых сечениях и ускорений вагонов; значения наибольших в поезде продольных усилий и ускорений в данный момент времени с указанием номера сечения или экипажа, в котором они возникали; траектория движения.

При изучении пространственных колебаний экипажа могут быть также получены: осциллограммы деформаций всех связей модели исследуемого экипажа; осциллограммы линейных (вертикальные, поперечные и продольные) и угловых (галомирование, боковая качка и виляние) перемещений объектов; усилия в связях пространственной модели; процессы изменения во времени коэффициентов вертикальной и горизонтальной динамики, в том числе коэффициентов запаса устойчивости колеса от схода с рельс.

## МОНІТОРИНГ СТАНУ БЕЗПЕКИ РУХУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Мойсеєнко В. І.

(Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків)

In a lecture the questions of forming of operative estimation of the state of safety of functioning of railway transport are examined through the mathematical vehicle of theory of catastrophes. Character of bifurcational great number of catastrophe is certain and the criteria of estimations are formulated.

Функціонування залізничного транспорту характеризується великою кількістю параметрів, які мають тенденцію зміни своїх властивостей у часі. Це пов'язано з процесами старіння й модернізації техніки, втрачанням трудових навичок та придбання нових. Можна припустити, що процес забезпечення безпеки являє собою деяку траєкторію з новоутвореннями й стабілізацією форм. Збереження придбаних властивостей досягається динамічним перетворенням змінних для підтримання ознак стійкості до збурювань.

Класичні методи досліджень характеру змін, що відбуваються при функціонуванні залізничного транспорту, ґрунтуються на статистичних рівняннях. Вони забезпечують досить високу точність прогнозування появи негативних тенденцій, однак наявність суб'єктивних оцінок в процесі формування вихідних даних можуть істотно вплинути на результат. У зв'язку з цим для оперативного визначення стану безпеки руху пропонується використовувати математичний апарат теорії катастроф. В його основі знаходиться геометрія многочленів з особливою (біфуркаційною) множиною, що характеризується змінами властивостей критичних точок.

На основі проведених досліджень встановлено, що поведінка транспортної системи у передаварійних ситуаціях може бути представлена класичною катастрофою збірки. Визначені критерії формування оцінок простору станів та простору керування. Попередній аналіз інформації про порушення безпеки руху показав, що фактори які характеризують її стан можуть бути розподілені на дві групи, це:

- ушкодження технічних засобів, пов'язаних з забезпеченням безпеки перевезень;
- стан технологічної дисципліни, рівень мотивації співробітників, ступінь їхньої готовності забезпечувати належний рівень виконання робіт.

Проекція точок на простір управління дає скупчення в межах кривої, яка визначає біфуркаційну множину катастрофи збірки. На користь цього припущення свідчить той факт, що близько 80 % всіх зафіксованих експертами точок лежать у її межах. Графічне відображення поверхні катастрофи відповідно до характеру поведінки біфуркаційної множини має вигляд поверхні зі складкою. По мірі “просідання” системи на поверхні катастрофи точки її множини  $U_x$  наближаються до кривої складки. І навпаки, при високому рівні технологічної дисципліни переміщення точки  $x$  на поверхні кривих здійснюється без наближення до кривої складки і її переміщення відбуваються без різких змін. У зв'язку з

цим зроблено припущення, що транспортна подія супроводжується стрибком, а сталий стан системи безпеки характеризується “гладкими функціями”. Під стрибком розуміється знаходження зображуючої точки в межах біфуркаційної множини. про існування системи координат, у яких стан системи при дрібних збурюваннях буде стійким. Збереження цього стану може забезпечуватися більшою мірою за рахунок простору керування й у меншому ступені простору станів. Цей висновок має принципове значення, підтверджуючи пріоритетну значимість якості керування безпекою.

## СИЛОВАЯ И ТЕПЛОВАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ И ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ КОНТАКТИРУЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОЛЁС И РЕЛЬСОВ

Туманишвили Г. И., Челидзе М. А., Звидаури В. С.  
(Грузинский Технический Университет)

The processes proceeding in a zone of contact of rails and wheels are influenced a wide spectrum of the phenomena. Various aspects of these processes are insufficiently investigated and do not submit to direct estimation. The rolling stock is considered as articulated linked flexible chain with articulated joint lumped masses. The influence of kinematics of a wheel on sliding distance of a flange on a lateral surface of the head of a rail and on instant radius of rotation of a wheel is investigated. The discrete parts of contact zone at friction are regarded as the primary heat sources. The process of heat distribution in micro asperities mathematically is modeled by the three-dimensioned boundary value problem. The data on influence of a season on a wheel flange wear are given.

Качение колеса по рельсу ввиду известных обстоятельств сопровождается проскальзыванием. Началу проскальзывания колеса по рельсу соответствует максимальное значение коэффициента трения и тягового усилия. С повышением относительной скорости скольжения наблюдается уменьшение коэффициента трения с последующим всплеском коэффициента трения и интенсивности изнашивания. Чем меньше предрасположенность катящихся поверхностей к проскальзыванию и относительная скорость скольжения, тем меньше силовая и тепловая нагруженность зоны контакта, вероятность образования трещин и интенсивность изнашивания. Движение экипажей сопровождаются пространственными колебаниями, параметры которых зависят от множества факторов: характеристик пути и подвижного состава, изменения тягового усилия, нестабильности коэффициента трения, взаимного расположения рельсов и колёс относительно друг-друга и других. Пренебрегая жёсткостью автосцепки при малом угле поворота вагонов, подвижной состав рассматривается в виде упругой цепи с шарнирно соединёнными сосредоточенными массами, подобно колеблющегося физического маятника в гравитационном поле. Неустановившееся движение вагонов рассматривается с учётом нелинейности поперечной жёсткости пути.

Коническая форма поверхностей катания колёс обуславливает движение свободно перемещающейся отдельной колёсной пары (вне тележки) по колею по кривой, близкой к синусоиде, с минимальным сопротивлением перемещения (качения). Путь трения, скорость скольжения и поперечная нагрузка зависят от разности радиусов контактирующихся окружностей, угла наклона касательной на переходной кривой ребра и координат точек контакта колеса с рельсом, для определения которых получены соответствующие зависимости. В месте максимального отклонения колёсной пары от симметричного расположения относительно оси симметрии колеи, угол атаки равен нулю. С приближением колёсной пары к симметричному расположению угол атаки повышается, достигая максимального значения с последующим уменьшением при перемещении в противоположную сторону. Однако, колёсная пара находится в тележке, колёса имеют гребни, а расстояние



между рельсами ограничено, что ограничивает возможность поперечного перемещения, разворота колёсной пары относительно рамы тележки и оси симметрии колеи. При этом отклонения ширины колеи, шероховатости рельсов, жёсткости пути и крепления рельсов могут привести к различным ограничениям поперечного перемещения колёсной пары, проскальзываниям, переменной поперечной нагруженности, повреждаемости и сопротивлению вращению.

С отклонением колёсной пары от симметричного расположения длина контакта гребня колеса по боковой поверхности головки рельса и путь трения увеличивается, а поперечная нагрузка уменьшается. В месте максимального отклонения колёсной пары от симметричного расположения относительно оси симметрии колеи, путь трения, скорость скольжения гребня и мгновенный радиус центра вращения колеса зависят от координаты точки контакта окружности катания колеса с рельсом и относительной скорости скольжения поверхности катания. Моделирование движения колёсной пары показывает зависимость пути трения гребня мгновенного центра вращения колеса от относительной скорости скольжения при движении колеса без торможения. При скольжении поверхности качения колеса по рельсу (боксовании) мгновенный центр вращения колеса совпадает геометрическим центром вращения колеса, а путь трения гребня по боковой поверхности рельса максимальный. С уменьшением относительного скольжения поверхности качения колеса путь трения гребня колеса (также как и путь трения поверхности качения) уменьшается, а мгновенный центр вращения приближается к рельсу.

Фрикционный контакт дискретен. Дискретные части зоны контакта представлены как источники тепла. Процесс распространения тепла в микронеровностях математически моделировано в виде трёхмерной граничной задачи, что позволяет получить более полную картину поглощения тепла телами и окружающей микронеровности средой.

Для уменьшения нагруженности зоны контакта гребня колеса и боковой поверхности рельса их смазывают. На наших железных дорогах наибольшее распространение получили жидкие смазочные материалы, изготовленные на основе нефтепродуктов. Применение этих материалов осложняется необходимостью предотвращения их попадания на поверхность катания и в окружающую среду. Как показали исследования, средняя температура зоны контакта может превысить  $800^{\circ}\text{C}$ . Это может способствовать частичному сгоранию смазочного материала в зоне контакта колеса и рельса, усугублению тепловой нагруженности контакта, повышению толщины прогретого слоя, разрушению третьего тела и уменьшению эффективности использования смазочного материала. В работе произведено сопоставление смазочных материалов на основе нефтепродуктов и модификаторов трения на основе воды и показано преимущество последних.

На основе данных Тбилисского локомотивного депо и локомотивного депо Улан-Баторской железной дороги (Россия) произведено сопоставление результатов по влиянию погодных условий (в различное время года) на количество снятых с электровозов колёсных пар и переточенных из-за предельного износа гребней, а также количества сошедших с рельсов порожних вагонов по месяцам. Сопоставление показало, что в сравнительно холодное и влажное время года наблюдается уменьшение количества снятых и переточенных колёсных пар из-за износа и количество сходов вагонов с рельсов. Это можно объяснить уменьшением коэффициента трения и его стабилизации, улучшением условий теплоотвода из зоны контакта, уменьшением толщины прогретого слоя и предрасположенности тел к разрушению благодаря попаданию атмосферной влаги в зоне контакта.

## К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ЛОКОМОТИВОВ И МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ КОЛЕИ 1520 ММ

Кострица С. А.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The analysis of method is conducted for the estimation of tireless durability of bearings elements of construction of locomotives, its failings are selected. The method of perfection of method is resulted, which is based on the use of diagrams of maximum tensions.

Теоретическая и экспериментальная оценка усталостной прочности несущих элементов конструкции локомотивов и моторвагонного подвижного состава согласно применяемым на Украине и в России одноименным Нормам должна проводиться с использованием двух критериев:

–максимальные напряжения в наиболее нагруженных элементах конструкции не должны превышать допускаемых напряжений, при этом величины допускаемых напряжений зависят от предела текучести материала и регламентируются указанными Нормами;

–коэффициенты запаса усталостной прочности для наиболее нагруженных элементов конструкции должны быть не меньше нормативного значения. Нормативное значение коэффициента запаса усталостной прочности для основных несущих элементов конструкции, согласно тем же Нормам, принимается равным 2.

Не выполнение первого критерия, для какого либо элемента конструкции, может привести к тому, что он выйдет из строя вследствие наличия пластических деформаций, поэтому требования Норм по его выполнению являются очевидными.

Требования по выполнению второго критерия также являются очевидными, т.к. его нарушение может привести к усталостному разрушению конструкции. Однако расчётная зависимость, которая согласно Нормам должна использоваться для определения коэффициента запаса усталостной прочности, имеет ряд существенных недостатков, основными из которых являются:

–она базируется на использовании упрощённой диаграммы предельных амплитуд напряжений (прямая Гудмана), применение которой приводит к значительным погрешностям при вычислении коэффициента запаса усталостной прочности для большинства видов циклов нагружений;

–угол наклона диаграммы предельных амплитуд, характеризующий чувствительность материала к асимметрии цикла напряжений принимается одинаковым для всех марок сталей;

–коэффициент запаса усталостной прочности определяется по отношению к пределу выносливости стандартного образца. Учет реальных размеров и формы исследуемого элемента конструкции, состояние его поверхности проводится путём введения соответствующих коэффициентов: масштабного, концентрации напряжений и состояния поверхности, но при этом они не оказывают влияния на напряжения, относительно которых определяется запас усталостной прочности;

–нормативное значение коэффициента запаса усталостной прочности 2 недостаточно обосновано.

Для устранения указанных выше недостатков применяемой на Украине и в России методики предлагается два способа её модернизации. Первый из них базируется на применении уточненной формулы для вычисления коэффициентов запаса усталостной прочности, второй – на методике, которая применяется в странах Евросоюза для большинства видов подвижного состава железных дорог.

## ПРО ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЯГОВОГО ПРИВОДУ ЛОКОМОТИВА НА НАПРУЖЕНИЙ СТАН ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ

Бондарев О. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Results of the studies are discussed In report on determination level напруженности and voltages in element of the tractive drive, which can appear in condition of the usages, under different variant of the tractive issue.

В доповіді аналізуються результати чисельних розрахунків з визначення навантаженості елементів тягового привода локомотива з опорно-рамним способом підвішування тягового двигуна та з опорно-осьовим способом розташування тягового редуктора. Передача тягового моменту від тягового двигуна до тягового редуктора здійснюється за допомогою торсійного валу, який проходить через полий ротор, а потужність тягових двигунів дорівнює 1200-1400 кВт. З метою обрання найкращого варіанту, розглянуто конструкції вузлів приєднань торсійного валу до тягового двигуна та до шестерні тягового редуктора, в яких до тягового двигуна торсійний вал приєднується за допомогою зубчатої муфти, а до валу шестерні - як за допомогою зубчатої муфти, так і за допомогою шарнірної муфти Гука (карданного зчленування). Розглянуто варіанти розташування корпусу тягового редуктора між другою зубчатою муфтою та колесом колісної пари (умовно – короткий торсійний вал), а також перед другою муфтою (умовно – подовжений торсійний вал). Розрахункова схема та математична модель механічної частини візка і колісно-моторних блоків розроблені у відповідності просторових систем. В математичні моделі механічної частини тягового привода використана модель взаємодії зубів зубчатих муфт. В якості тягових двигунів приймалися асинхронні тягові двигуни потужності 1200-1400 кВт.

Розглянуто варіанти моделювання режимів: рух локомотива з заданою швидкістю в тяги; зрушення локомотива з місця у складі поїзда; аварійні режими, які еквівалентні умовам коротких замикань в ланцюгах живлення тягових двигунів.

Порівнювання результатів розрахунків для трьох варіантів закріплення торсійного валу виявило, що найменші рівні навантаженості мають місце при використанні схеми, в якій тяговий редуктор розташовано між муфтою та колесом колісної пари.

При максимально припустимому куту перекосу елементів зубчатої муфти, що сполучаються, в межах до  $1,5^0$  найкращим буде варіант, в якому торсійний вал одним кінцем приєднується до ротора тягового двигуна за допомогою зубчатої муфти, а іншим кінцем до шестерні тягового редуктора - за допомогою шарнірної муфти.

В режимах буксування найбільші рівні навантажень спостерігаються в зубчатій передачі. Зменшення довжини торсійного валу приводить до несуттєвого зростання торсійної жорсткості і таким чином до незначного збільшення динамічних навантажень зубчатих передач тягового редуктора та муфти.

Розрахунки з визначення згинального моменту від сил тертя під час взаємодії зубів зубчатої муфти показали, що його рівень суттєво залежить від величини коефіцієнта тертя та величини кута перекосу між складовими елементами зубчатих муфт.

## УЛУЧШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЛОКОМОТИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ АКТИВНОГО ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ

Горобец В. Л., Снитко Н. П.<sup>1</sup>

(ДНУЖТ, г. Днепропетровск, 1 – Укрзалізниця, г. Киев)

In the work some aspects of system engineering of a locomotives dynamic parameters management with use of an active vibration damping methods

Использование бортовых контрольно-измерительных и управляющих систем, основанных на микропроцессорных вычислительных модулях и устройствах связи с объектами, открывает широкие перспективы для интегрирования в их структуру подсистем, связанных с улучшением эксплуатационных показателей локомотивов.

Примерами таких приложений могут являться:

- системы индивидуального управления работой тяговых электродвигателей, способствующие реализации оптимальных режимов реализации тяги локомотива;
- системы позиционирования положения локомотива, контроля расхода топлива и электроэнергии;
- системы управления гасителями колебаний, позволяющие с минимальным потреблением энергии улучшить динамические показатели локомотивов.

В данной работе предлагается подход в управлению динамическими показателями локомотива, основанный на использовании управляемых гидравлических гасителей колебаний в вертикальном и горизонтальном поперечном направлении. К преимуществам данного подхода, в сочетании с использованием микропроцессорного блока управления, можно отнести гибкую возможность реализации алгоритмов управления, а также отсутствие активных органов управления, что радикально снижает энергопотребление системы.

Проведенный обзор научных публикаций свидетельствует о принципиальной возможности реализации и существовании прототипов систем оптимального управления гасителями колебаний объектов управления с целью достижения требуемых качественных характеристик его колебаний.

Эффект от использования системы заключается в следующем:

- улучшение показателей вертикальной динамики, что способствует повышению плавности хода локомотива, а также увеличивает ресурс несущих конструкций рам его тележек;
- уменьшение условных коэффициентов горизонтальной динамики, что улучшает показатели плавности и безопасности хода локомотивов;
- улучшение плавности хода локомотива косвенно улучшает и показатели безопасности движения локомотивов, поскольку снижает утомляемость локомотивной бригады.

На сегодняшний день проведена теоретическая проработка данного вопроса с использованием подробных математических моделей электровоза ЧС4, достаточная для оценки возможности практической реализации предлагаемого подхода. Эффективность работы системы более всего проявляется при прохождении критических скоростей движения и входа локомотива в область кратковременных и длительных резонансных колебаний. Проведены предварительные проработки структуры системы управления, направленные на реализацию компактных конструкторских решений, не затрагивающих основные системы локомотива. Использование указанных систем предполагается совместно с семейством систем контроля показателей работы тепловоза «Дельта».



## К ВОПРОСУ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕКТРОВОЗА 2ЕЛ5

Блохин Е. П., Кострица С. А., Султан А. В., Дзичковский Е. М., Кривчиков А. Е.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

In paper results of strength tests of electric locomotive 2EL5 are submitted.

Отраслевая научно-исследовательская лаборатория динамики и прочности подвижного состава Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна провела в октябре 2008г. на заводских путях ОАО «ХК «Лугансктепловоз» ударные, а в ноябре 2008г. на участках Одесса – Котовск - Вапнярка Одесской ж.д. - ходовые прочностные испытания электровоза 2ЕЛ5-008.

Основной целью разработки нового электровоза являлось создание в Украине грузовых электровозов нового поколения с улучшенными эксплуатационными качествами для замены грузовых электровозов ВЛ80 всех модификаций, которые выработали свой ресурс. Электровозы 2ЕЛ5 производства ОАО «Лугансктепловоз» является аналогом российских электровозов 2ЭС5К «Ермак», которые эксплуатируются в настоящее время на Южной железной дороге (локомотивное депо ст. Котовск).

Опытный сцеп состоял из электровоза 2ЕЛ5-008, вагона-лаборатории № 04572046 и электровоза-эталона ВЛ80С-2534.

Ходовые прочностные испытания электровоза 2ЕЛ5-008 проводились в два этапа.

На первом этапе напряжения в несущих элементах конструкции определялись на выбеге и при малых значениях сил тяги и торможения. На этом этапе в составе опытного сцепа электровоз ВЛ80С двигался в режиме выбега при движении в хвосте сцепа и в режиме тяги при движении в голове.

На втором этапе определялись динамические напряжения в элементах конструкции электровоза 2ЕЛ5-008 при больших значениях силы тяги, которые имеют место во время ведения грузовых поездов в часовом или продолжительном режимах работы электровоза 2ЕЛ5 или при рекуперации. На этом этапе силу сопротивления поезда создавал электровоз ВЛ80С в режиме реостатного торможения при движении в хвосте.

В процессе испытаний движение опытного сцепа осуществлялось на опытных участках пути со следующими скоростями: по прямым участкам пути и кривым большого радиуса ( $R > 850\text{м}$ ) – до 120 км/ч; по кривым среднего радиуса ( $400\text{м} < R < 650\text{м}$ ) - до 110 км/ч; по кривым малого радиуса ( $R < 400\text{м}$ ) - до скорости 50 км/ч; по стрелочным переводам на боковой путь марки 1/9 и 1/11 – до 25 и 40 км/ч соответственно.

По результатам экспериментальных и расчетных данных были получены коэффициенты запаса усталостной прочности  $n$ , для несущих элементов конструкции экипажной части электровоза 2ЕЛ5, которые оказались равными: рама тележки - 2,5; рама кузова - 3,5; наклонная тяга - 6,2; люлочная тяга - 4,2.

Во время опытов на соударения испытываемая секция электровоза 2ЕЛ5 с маневровым локомотивом находилась на одном пути с заторможенным сцепом-стенкой из 10 грузовых вагонов общей массой около 800 т, на который в режиме выбега накатывался опытный сцеп. Испытания на соударения проводились в два этапа. На первом этапе испытаний к измерительной аппаратуре были подключены тензоточки, расположенные на раме кузова электровоза и датчики ускорений. На этом этапе было произведено 7 соударений со скоростями подхода опытного сцепа от 1,5 км/ч до 4,7 км/ч. Перед вторым этапом был проведен экспресс-анализ полученных результатов, в результате которого менее чувствительные точки были заменены на тензоточки, расположенные на наклонной тяге. На втором этапе испытаний было произведено 18 соударений и реализованы скорости соударения

опытного сцепа от 4,5 км/ч до 7,2 км/ч. При скорости соударения 7,2 км/ч сила в авто-сцепке составила 1610 кН.

## КОМПЛЕКС ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЛУБОКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКИПАЖНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО ПАССАЖИРСКОГО ЭЛЕКТРОВОЗА ЧС4

Горобец В. Л., Бондарев А. М., Басов Г. Г.<sup>1</sup>, Гундарь В. П.<sup>1</sup>, Найш Н. М.<sup>1</sup>  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск, 1 – ХК Лугансктепловоз)

In paper the exposition of a complex of experimental researches according to dynamic indexes and performances of strength of frames of carts of electric locomotive CS4 after conducting of deep modernization of its running gear is resulted

Основная часть глубокой модернизации экипажной части магистрального пассажирского электровоза переменного тока ЧС4 заключалась в замене его рам тележек на новые, построенные на ХК Лугансктепловоз, для чего на предприятии была создана отдельная сборочная линия. Вновь построенные рамы тележек электровоза выполнены по типу рам тележек электровоза ЧС4Т, что должно способствовать их надежной эксплуатации совместно с кузовом, оснащенным новыми кабинами и металлической боковой обшивкой, выполняемыми на ОАО Запорожский ЭРЗ.

В соответствии с возможностью изменения характеристик динамики и прочности электровоза вследствие модернизации, специалистами Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта и Холдинговой компании «Лугансктепловоз» был проведен комплекс экспериментальных работ по оценке динамических характеристик электровоза и показателей прочности основных элементов его экипажной части.

Комплекс работ включал в себя:

- непосредственную оценку предела выносливости боковой балки рамы тележки, проведенную путем ее циклического нагружения в режиме, близком к чистому изгибу;
- стендовые испытания на повторное статическое нагружение рамы тележки по подтверждению наличия нормативного коэффициента запаса выносливости;
- стендовые испытания плоских образцов материала рамы тележки по определению его механических характеристик;
- стендовые испытания на выносливость образцов сварных соединений, выполненных по типичному для объекта испытаний виду и технологии;
- стендовые испытания на повторное статическое нагружение кронштейна буксового подвешивания по подтверждению наличия нормативного коэффициента запаса выносливости;
- динамические ходовые и прочностные испытания электровоза ЧС4, модернизированного по технологии ХК Лугансктепловоз и ОАО ЗЭРЗ.

Данный комплекс испытаний в основном был направлен на оценку выносливости рамы тележки электровоза и ее основных несущих элементов, ответственных за обеспечение условий безопасности движения поездов. Особенностью достаточно большой части лабораторных исследований, в соответствии с требованиями Заказчика (Укрзализница, ЦТ) является их неразрушающий характер, что позволило не только ускорить сам процесс их проведения, но и достичь существенной экономии времени и финансовых средств. После проведения контрольных неразрушающих испытаний рамы тележек были установлены на опытный электровоз для проведения динамических ходовых и прочностных испытаний и последующей опытной эксплуатации.

Проведенный комплекс экспериментальных и научно-исследовательских работ дал положительные результаты оценки характеристик модернизированного электровоза, который сейчас находится на стадии массовой промышленной эксплуатации.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ РАМ ВІЗКІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ЕР9П

Бондарев О. М., Горобець В. Л., Дзічковський Є. М., Ягода Д. О., Скобленко В. М.<sup>1</sup>  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ, 1 – Укрзалізниця, м. Київ)

Для забезпечення пасажирських перевезень у міжміських сполученнях переважно на Одеський залізниці використовується певний парк електропоїздів ЕР9П. Враховуючи існуючий економічний стан держави, а також відповідні потреби громадян у міжміських перевезеннях за допомогою зручного та з невеликою вартістю за проїзд залізничного транспорту, стала дуже актуальною проблема виконання комплексу робіт з визначення ресурсу основних несучих конструкцій рам візків вказаних електропоїздів та визначитися із розробкою відповідних заходів, які будуть сприяти продовженню терміну їх експлуатації протягом до 50 років включно. Для вирішування вищевказаних питань було проведено експериментальне визначення навантажень, що створюються в умовах експлуатації та діють на несучі конструкції рам візків, а також напружень в найбільш навантажених перерізах цих конструкцій. Теоретична оцінка рівнів напружень в рамах візків було виконано згідно вимогам чинної нормативної документації чисельно з використанням методу скінчених елементів (МСКЕ).

Результати експериментальних вимірювань надали наступне. Найбільші рівні динамічні складові вертикальних зусиль у буксових підвішуваннях мали значення: 15 кН для головного та 32 кН для моторного вагонів відповідно. Найбільші рівні динамічних складових зусиль у центральному підвішуванні дорівнюють 41 кН для головного та 48 кН для моторного вагонів відповідно. Найбільші рівні динамічних складових напружень досягають рівнів 13 МПа у поздовжніх балках головного та 17 МПа у відповідних балках моторного вагонів.

Найбільші рівні динамічних складових напружень у найбільш навантажених перерізах поперечних балок рам візків дорівнюють 22 МПа для головних та 9 МПа для моторних вагонів.

Нижче у таблиці наведено результати виконаних розрахунків з визначення напружено-деформованого стану.

|   | Розрахункові сили    | Елемент рами                              | Еквівалентні напруження, МПа |
|---|----------------------|-------------------------------------------|------------------------------|
| 1 | Вертикальні          | Поздовжня балка, верхня накладка          | 68,6                         |
| 2 | Бічні                | Поперечна балка                           | 59,25                        |
|   |                      | Поздовжня балка                           | 31,8                         |
| 3 | Поздовжні            | Поперечна балка                           | 30,6                         |
| 4 | Сумарна дія всіх сил | З'єднання поздовжньої та поперечної балок | 142,5                        |

Результати, які наведено у таблиці свідчать про те, що максимальні напруження в рамі візка моторного вагона 142,5 МПа і не перевищують допустиме значення.

Проведені випробування з визначення показників втомлюваності матеріалу несучих конструкцій рам візків та відповідні розрахунки з визначення їх ресурсу показали про можливість продовження терміну їх експлуатації до 50 років.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ РАМ ВІЗКІВ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДІВ Д1

Бондарев О. М., Горобець В. Л., Заболотний О. М., Скобленко В. М.<sup>1</sup>  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ, 1 – Укрзалізниця, м. Київ)

Для забезпечення пасажирських перевезень у міжміських сполученнях на залізницях України використовується досить великий парк дизель-поїздів Д1. На теперішній час 82,8% парку дизель-поїздів серії Д1 парку моторвагонного складу залізниць України мають термін експлуатації більш 25 років. При цьому 13,4% парку вказаної серії дизель-поїздів мають строк експлуатації більш 40 років. Тому дуже актуальною є проблема виконання комплексу робіт з визначення ресурсу основних несучих конструкцій вказаних дизель-поїздів та визначитися із розробкою відповідних заходів, які будуть сприяти продовженню терміну їх експлуатації протягом до 45 років включно. Для вирішування вищевказаних питань було проведено експериментальне визначення навантажень, що створюються в умовах експлуатації та діють на несучі конструкції рам візків, а також напружень в найбільш навантажених перерізах цих конструкцій. Теоретичну оцінку рівнів напружень в рамах візків було виконано згідно вимогам чинної нормативної документації чисельно з використанням методу скінчених елементів (МСКЕ).

Нижче в таблиці наведено величини напружень у рамах візків від статичного навантаження кузова при умові повного заповнення вагона пасажирями.

|                | Моторний візок головного вагона |      | Підтримуючий візок головного вагона |      | Підтримуючий візок причіпного вагона |     |
|----------------|---------------------------------|------|-------------------------------------|------|--------------------------------------|-----|
|                | Х                               | У    | Х1Г                                 | У1Г  | Х1П                                  | У1П |
| $Q_k$ (кН)     | 233,7                           |      | 269,8                               |      | 237,7                                |     |
| $\sigma$ (МПа) | 26,4                            | 5,98 | 33,6                                | 18,9 | 40,6                                 | 19  |

З наведеної таблиці маємо, що від ваги кузовів найбільші величини статичних напружень створюються в поздовжніх бічних балках рам візків причіпних вагонів.

Найбільші значення динамічних складових зусиль у буксових підвішуваннях моторного візка досягають 17 кН., а у підтримуючого візка - 9 кН. У другому ступені підвішування, найбільший рівень зусиль досягає 61 кН.

Найбільші рівні напружень дорівнюють 33 МПа у поздовжній та 29 МПа у поперечній балках головного вагона та 35 МПа і 33 МПа у поздовжній і поперечній балках причіпного вагона.

Чисельні розрахунки напружено-деформованого стану рам візків за МСКЕ надали такі результати. Максимальні напруження, в рамі підтримуючого візка моторного вагона становлять 103,4 МПа, а в рамі моторного візка 140,71 МПа і не перевищують допустиме значення  $[\sigma] = 150$  МПа.

Проведені випробування з визначення показників втоми матеріалу несучих конструкцій рам візків та відповідні розрахунки з визначення їх ресурсу показали про можливість продовження терміну їх експлуатації до 45 років.

## ПРИМЕРЫ КАЗУСОВ, ПРОИЗОШЕДШИХ ПРИ ПОСТАНОВКЕ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ОБРАБОТКЕ ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Коротенко М. Л., Грановский Р. Б., Кострица С. А., Султан А. В., Глухов В. В.,  
Федоров Е. Ф., Гаркави Н. Я., Клименко И. В., Карпенко В. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

There are cited as the examples, in which the primary conclusions about the features of the tested objects were wrong because of using of the superfluous idealized models.

Как правило, натурный эксперимент имеет целью подтвердить или опровергнуть какую-либо гипотезу, которая получена на основе анализа эксплуатационных данных или на основе численного эксперимента, использующего некоторую идеализированную модель исследуемого процесса.

К ошибочным выводам обработка результатов эксперимента приводит не только при ошибочных (или недостаточно точных) измерениях, но и тогда, когда в модели не учтены какие-либо достаточно важные свойства исследуемого процесса, а также тогда, когда в модель не введена часть аргументов процесса. Более того, система измерений, построенная на основе идеализированной модели, может оказаться непригодной к регистрации в натурном эксперименте необходимой для дальнейшего анализа информации. Ниже приводится ряд примеров, в которых первоначальные выводы о характеристиках испытуемых объектов по описанным выше причинам были ошибочными.

1. Как известно, из-за конусности железнодорожных колес амплитуды устойчивых угловых колебаний виляния тележки железнодорожного экипажа в прямом участке пути при скоростях, выше критической, существенно увеличиваются. Казалось бы, не сложно экспериментально определить величину критической скорости для конкретного экипажа. Между тем, критическая скорость в сухую погоду и в дождь (из-за разного трения в контакте колеса и рельса), а также на прямом участке пути и в кривой (из-за появления поперечной силы в контакте колеса и рельса) у одного и того же экипажа окажется существенно различной. Кроме того, у локомотива с расположенной между кузовом и тележкой толкающей наклонной тягой критическая скорость в режиме тяги и на выбеге тоже окажется различной.

2. При помощи тензодатчика можно померить напряжение, но не тип нагружения, например, не возможно определить, имело ли место циклическое растяжение-сжатие по нескольким осям одновременно или повторяющиеся (возможно, попеременно) изгиб и кручение. Между тем, хотя при помощи датчиков будут зафиксированы примерно одинаковые усталостные наработки, при наличии циклического кручения трещины в детали появятся значительно раньше, чем при циклическом растяжении-сжатии или изгибе. И только по направлению усталостных трещин иногда удастся определить присутствие в нагружении циклического кручения, что позволяет объяснить «слишком раннее» разрушение детали.

3. Измерение вертикальных усилий тензодатчиками, расположенными на боковине тележки грузового вагона, при неразмагнитенных после магнитной дефектоскопии колесах и при питании тензомостов постоянным током приводит к появлению наводки синусоидальной формы, частота и амплитуда которой прямо пропорциональны скорости движения вагона. Эта наводка маскирует измеряемый сигнал.

## УТОЧНЕННАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В ЗАДАЧАХ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Горобец В. Л., Бондарев А. М., Кривчиков А. Е., Скобленко В. М.<sup>1</sup>  
(ДНУЖТ, г. Днепрпетровск, 1 – Укрзалізниця, г. Київ)

Paper is devoted arguing of the problems related to refinement dynamic loading the motor-wagon rolling stock at extension of term of its maintenance

Изыскание допустимых резервов при оценке величин остаточного ресурса подвижного состава является актуальной задачей. Особенно это актуально в случае необходимости дополнительного продления сроков его эксплуатации, хотя данная процедура должна рассматриваться как крайняя мера поддержания работоспособного состояния эксплуатационного парка на период его обновления.

Реальным резервом долгосрочного повторного продления срока службы подвижного состава является замена его тележек на вновь построенные конструкции, желательно сопровождающаяся качественным улучшением динамических показателей экипажной части тягового и моторвагонного подвижного состава.

При оценке динамической нагруженности основных несущих конструкций тягового и моторвагонного подвижного состава на текущий момент используются три основных подхода:

- **статистический**, при этом для каждой ситуации движения (тип элемента плана пути, скорость движения, режим ведения) проводится оценки требуемых показателей прочности и динамики, которые впоследствии суммируются с принятыми для них вероятностями появления. При этом допускается, что скорость движения и характеристики пути (в пределах установленных для них скоростей движения) являются статистически независимыми величинами;

- **эксплуатационный**, в данном случае испытания выполняются на участках обращения испытываемого ПС с установленными скоростями движения. Суммарная длительность реализаций динамических процессов может быть принята равной

$$T_{\text{сумм}} = n_v n_p n_r T_{\text{сит}},$$

где  $T_{\text{сумм}}$  – суммарная длительность динамических процессов, подлежащих последующему анализу;  $n_v = 4 \div 6$  – количество интервалов скоростей движения;  $n_p = 5$  – количество элементов плана пути;  $n_r = 3$  – количество режимов ведения поезда;  $T_{\text{сит}} \geq 180$  с – интервал регистрации динамических процессов в каждой ситуации движения. Тогда значение  $T_{\text{сумм}}$  ориентировочно составит  $10800 \div 16200$  с.

- **максимальной нагруженности**, при этом требования к объему и характеру проведения испытаний могут соответствовать одному из выше перечисленных методов, однако для оценки динамической нагруженности НК отбирается единственная из зафиксированных реализация динамических процессов, которой соответствует наибольшая наработка. Длительность реализации должна составлять не менее  $T_{\text{сит}}$  для любого выбранного с этой целью участка.

Для уточнения величин наработки несущих конструкций моторвагонного подвижного состава серий ЭР2, ЭР9П, Д1 и ДР1А а в процессе его повторного продления срока службы было проведено сопоставление средней наработки на типичных плечах его обращения с результатами предварительных исследований, что позволило дополнительно продлить сроки эксплуатации электро- и дизель-поездов указанных серий на 5 лет.



## К ВОПРОСУ УМЕНЬШЕНИЯ МАССЫ СКОРОСТНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА ДС-3

Кривчиков А. Е.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

In the article there are theses of report based on finite element analysis of capacity mass minimization bearing structure of electric locomotive DS-3.

Первый опытный образец скоростного электровоза ДСЗ, построенный государственным предприятием электровозостроения (ДЭВЗ) вместе с фирмой Siemens, оказался спроектированным с превышением по массе не только нормативных требований (210 кН/ось) к локомотивам такого типа, но и менее жестких требований (220 кН/ось) Технического задания на изготовление этого электровоза. В целом, допустимая масса электровоза была превышена на 5 т.

Увеличение массы локомотива и, прежде всего, ходовой части ухудшает его динамические качества и взаимодействие с железнодорожным путем. Приемочные испытания электровоза ДСЗ-001 показали, что в эксплуатационных условиях некоторые показатели (коэффициенты вертикальной динамики первой и второй ступеней рессорного подвешивания, боковые силы, действующие на рельс и напряжения в подошве рельса) могут превышать допустимые значения.

Проблема уменьшения массы электровоза может быть решена несколькими путями, в том числе и за счет уменьшения массы несущих элементов кузова и тележек при условии обеспечения их прочности, жесткости и устойчивости. При решении этой задачи предполагается использование современных методов строительной механики, методов оптимизации и результатов прочностных испытаний. Оптимизируемым параметром при этом, безусловно, является масса этих элементов (при соблюдении прочности, жесткости и устойчивости).

Выбор элементов несущих конструкций, подлежащих оптимизации, осуществляется на основании анализа напряженно-деформированного состояния рам кузова и тележек, а также результатов ходовых прочностных и ударных испытаний электровоза. Таковыми являются элементы, где коэффициенты запаса прочности значительно превышают допустимые, т.е. наименее нагруженные элементы.

Для анализа напряженно-деформированного состояния были составлены конечно-элементные модели рам кузова и тележек для расчета при помощи метода конечных элементов в среде современных САПР. Расчет рамы тележки проводился с целью определения напряжений от действия статической нагрузки (массы кузова, собственной массы тележки и тяговых электродвигателей). Расчет рамы кузова был проведен с учетом собственной массы кузова и массы размещенного на нем оборудования. Кроме того, на основании результатов ходовых прочностных испытаний были учтены динамические добавки нагрузок, возникающих при всех режимах движения электровоза (вертикальные и горизонтальные силы, тяговые нагрузки), а по результатам испытания на удар – продольная сжимающая нагрузка величиной 2500 кН.

В результате были получены следующие данные: значения коэффициентов запаса усталостной прочности в элементах рамы тележки имеют значения не более 3 (при минимально допустимом значении 2), поэтому к вопросу оптимизации рамы тележки с целью уменьшения ее массы нужно подходить с осторожностью; в то же время, значения коэффициентов запаса усталостной прочности в элементах рамы кузова значительно превышают нормативное значение, что дает возможность уменьшения массы несущих элементов кузова.

Непосредственно задача оптимизации отдельных малонагруженных элементов рамы кузова будет решена с использованием модуля оптимизации САПР.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАЛОВ, ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ПРИ АНАЛИЗЕ ДИНАМИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЛОКОМОТИВОВ, ДВИЖУЩИХСЯ В РЕЖИМЕ ТЯГИ (РЕКУПЕРАЦИИ)

Дзичковский Е. М.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The description of the technique dynamic simulation of locomotive.

Для определения влияния перекосов рам тележек и рамы кузова на общие динамические качества локомотива, движущегося в режиме тяги (рекуперации), в математическую модель пространственных колебаний должны быть включены вращающиеся части, такие как валы тяговых электродвигателей, валы редукторов и колесные пары.

Для построения программной модели используем объектно-ориентированное программирование (ООП), которое позволяет разделить модель на совокупность объектов и способов их взаимодействия. Подобный подход уже широко применяется для решения задач моделирования поведения сложных механических систем. В качестве базового алгоритма построения системы классов и их взаимодействия принят подход, описанный в монографии С.В. Мямлина. Здесь в качестве базового класса принято твердое тело, имеющее, прежде всего, параметры необходимые для интегрирования дифференциальных уравнений динамики. К таким параметрам относятся инерционные характеристики, координаты центра масс, линейные перемещения центра масс вдоль осей  $x, y, z$ , угловые перемещения вокруг соответствующих осей, линейные и угловые скорости, а также шесть составляющих внешних сил, действующих на объект. Кроме базового класса добавлены производные классы, такие как *колесная пара* и *кузов*. Необходимость в производных классах вызвана особенностью функций интегрирования, а также некоторыми переменными параметрами. Связь между твердыми телами обеспечивается посредством второй группы классов. Эта группа имеет базовый класс – упруго-диссипативную связь, которая может быть как одноосной, так и пространственной. Основными параметрами связей являются ссылки на объекты, к которым принадлежит связь, и координаты точек приложения усилий возникающих в связи к объектам. На каждом шаге интегрирования вычисляются перемещения точек объекта, деформации и усилия в связях.

При подобном подходе в производном классе *колесная пара* приходится отказываться от интегрирования по координате угол поворота вокруг оси вращения колесной пары. Это не вносит погрешность при решении задачи стационарного движения, однако делает невозможным реализацию режимов тяги и рекуперативного торможения, а следовательно становится невозможным учет перекосов рам тележек и кузова локомотива. Для устранения недостатка данной программной модели необходимо добавить промежуточный класс *ось*, а *колесная пара*, в свою очередь, должна наследовать функцию интегрирования *оси*. Особенность данного класса является полное интегрирование по всем координатам. Введение данного дополнительного класса требует внесение дополнительных изменений в программу. Так требуется разделить расчет перемещений точек объекта и расчет деформаций связей. Это удобно сделать, если точки объекта сделать параметрами объекта, и «поручить» объекту пересчитывать перемещения этих точек. Тогда достаточно в базовом классе *объект* сделать функцию расчета перемещений точек виртуальной и переопреде-

лечь эту функцию в производном классе *ось*. Для моделирования тяговой передачи необходимым является также добавление связи – производного класса *зубчатое зацепление*.

Подобная программная модель позволяет решать задачи моделирования динамики тягового подвижного состава, движущегося в режиме тяги, рекуперации.

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Горобец В. Л., Сидор О. Я.<sup>1</sup>  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск, 1 - РП Трансвагонсервис)

In the paper questions of increase of accuracy of registration of dynamic processes are discussed at carrying out of dynamic running and durability tests of locomotives

При проведении натурных испытаний тягового подвижного состава, в особенности, тепловозов, которые отличаются наличием достаточно мощных источников помех, что может приводить к искажениям регистрируемых динамических напряжений.

Аддитивная помеха  $\Delta(t)$  может быть представлена в виде суммы ее среднего (математического ожидания)  $M[\delta(t)]$  или систематической погрешности и переменной части  $\delta(t)$  как

$$\Delta(t) = M[\delta(t)] + \delta(t). \quad (1)$$

Систематическая погрешность передачи сигнала через тензометрический тракт и аналого-цифровой преобразователь может быть компенсирована программным способом. Таким образом, реальной проблемой точности измерений является второе слагаемое в выражении (1).

Для определения нагруженности несущих конструкций тягового подвижного состава с целью оценки их ресурса циклические напряжения предварительно схематизируются, что позволяет выделять все циклы нагружения, включая также те, которые связаны с наличием помех. Таким образом, суммарная наработка несущей конструкции будет завышена, что, в общем, идет в запас надежности расчета. Иная ситуация складывается при оценке показателей безопасности движения локомотивов, связанных с использованием мгновенных значений динамических процессов. При этом добавление к полезному сигналу помехи может приводить к неблагоприятному влиянию на их оценки, особенно, когда частотный диапазон помехи близок к частотам полезного сигнала и не может быть исключен путем фильтрации.

Несмотря на специальные меры, предпринимаемые для уменьшения уровня влияния помех, их попадание в тензометрические тракты достаточно вероятно. Поэтому проблема компенсации помех, вне зависимости от их частотного состава, является актуальной.

Для решения данной проблемы предлагается использование метода, сущность использования которого сводится к следующему.

К основным тензометрическим каналам, для каждого уникального измерительного тракта (связанного с группой тензодатчиков, соединенных в схемы с отдельным измерительным кабелем или их группой) добавляется так называемый «пустой датчик», собранный по типовой схеме, однако не подвергающийся деформированию в процессе движения локомотива. Таким образом, указанный датчик служит для регистрации аддитивной помехи, возникающей в каждом измерительном тракте.

Имея в распоряжении полезный, зашумленный аддитивной помехой сигнал и коррелированный с ним сигнал помехи, с использованием аппарата адаптивной фильтрации по-

лучены положительные результаты по улучшению соотношения «полезный сигнал/шум», что способствует повышению достоверности оценок показателей динамики, устойчивости и прочности несущих конструкций локомотивов.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТОРМОЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭКИПАЖЕЙ СКОРОСТНОГО ПАССАЖИРСКОГО ПОЕЗДА

Богомаз Е. Г., Науменко Н. Е., Хижа И. Ю.  
(ИТМ НАНУ и НКАУ, г. Днепропетровск)

The research of the braking process of high-speed passenger train with the use of compressed-air, electro-pneumatic and electromagnetic track brakes is carried out.

Развитие скоростного и высокоскоростного движения требует создания эффективных тормозов, обеспечивающих повышение безопасности движения поездов и комфортность перевозок пассажиров. Под эффективностью тормозов подразумевается величина кинетической энергии, которая гасится тормозами за единицу времени в процессе торможения. Поэтому при проектировании скоростного подвижного состава необходимо предусматривать создание тормозной системы, обладающей высокой эффективностью действия, т.е. способностью развивать значительные удельные силы и обеспечивать остановку движущихся с большой скоростью поездов на возможно кратчайших расстояниях.

Наиболее распространенным средством для получения тормозных сил является колодочный тормоз, при котором торможение осуществляется прижатием колодок к вращающимся колесам. Электропневматические тормоза (ЭПТ) позволяют повысить эффективность тормозных средств поезда и заметно сократить длину тормозного пути, что достигается благодаря одновременному действию тормозов в поезде и сокращению времени наполнения тормозных цилиндров. При этом значительно улучшается плавность торможения, повышается скорость и безопасность движения, уменьшаются действующие в составе продольные нагрузки. Пассажирские поезда с ЭПТ и композиционными колодками обращаются со скоростями до 140-160 км/ч. Дальнейшее повышение скоростей движения пассажирских поездов при колодочных тормозах ограничено силой сцепления колес с рельсами, а также чрезмерным нагревом поверхности катания колеса в процессе торможения, особенно при композиционных колодках. Дисковые тормоза вследствие отсутствия воздействия на поверхности катания колес устраняют термическую нагрузку на колеса, особенно при торможениях на высоких скоростях, а также при длительных торможениях. Для решения проблемы увеличения скоростей движения пассажирских поездов с целью обеспечения безопасности их движения железнодорожный подвижной состав дополнительно к имеющимся тормозным средствам оборудуется электромагнитными рельсовыми тормозами (ЭМРТ), действие которых не зависит от силы сцепления колес с рельсами и работающими при экстренном торможении. Отметим, что дисковые тормоза и ЭМРТ применяются с противоюзными устройствами.

Проведены исследования экстренного торможения скоростного пассажирского поезда, составленного из локомотива и 8-ми пассажирских вагонов, в предположении, что экипажи состава оборудованы колодочными или дисковыми тормозами, и используется пневматическое или электропневматическое торможение. Пассажирские вагоны, кроме того, оборудованы ЭМРТ. Получено, что при экстренном торможении поезда со скорости 160 км/ч в случае применения ЭПТ колодочными тормозами тормозной путь составляет 1552 м и 1230 м соответственно для чугунных и композиционных колодок, в случае применения ЭПТ дисковыми тормозами тормозной путь равен 695 м. Если же торможение

осуществляется с учетом работы ЭМРТ, то тормозные пути соответственно составляют 1001, 859 и 564 м. Расчеты показали, что при скоростях торможения до 100 км/ч длина тормозного пути за счет дополнительного использования ЭМРТ сокращается на 40-50 % по сравнению с длиной тормозного пути при действии только дисковых или колодочных тормозов, а при скоростях от 100 до 160 км/ч – примерно на 30-35 %, что согласуется с данными, приведенными в литературе.

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА С ДИСКОВЫМ ТОРМОЗОМ

Сафронов А. М.  
(ГП «УкрНИИВ», г. Кременчуг)

As an estimation of brake efficiency of passenger carriage with a disk brake it is suggested to utilize specific brake force, and as a criterion are braking distances on a ground and slopes of passenger train with a shoe tree brake. Nomogrammy and analytical expressions is got for determination of accordance of disk and shoe tree brakes.

Отсутствие нормативной базы для пассажирских поездов с дисковыми тормозами вызывает значительные трудности при оценке соответствия тормозной эффективности нормативным требованиям. Такая оценка может быть выполнена исходя из равенства тормозных путей поездов с колодочными и дисковыми тормозами. В качестве критерия для определения соответствия тормозной эффективности дискового тормоза нормативным требованиям могут быть приняты нормативные значения тормозного пути пассажирского поезда с колодочными тормозами на площадке и уклонах.

Из дифференциального уравнения движения вагона при неустановившемся торможении на площадке вытекает, что основное влияние на тормозную эффективность вагона оказывает удельная тормозная сила.

Для колодочного тормоза удельная тормозная сила определяется произведением расчетного коэффициента силы нажатия колодок  $\delta_p$  на расчетный коэффициент трения  $\phi_{кр}$ . Так как тормозной коэффициент трения колодок является известной величиной, то тормозная эффективность колодочного тормоза определяется одним параметром - расчетным коэффициентом силы нажатия колодок.

В отличие от колодочного, коэффициент трения накладок, согласно требованиям МСЖД, находится в пределах 0,32-0,44, что обуславливает необходимость оценивания тормозной эффективности пассажирского вагона с дисковым тормозом по удельной тормозной силе.

Нормативные значения удельной тормозной силы дискового тормоза определялись с учетом расчетного значения тормозного пути пассажирского поезда с колодочными тормозами соответствующие определенному тормозному коэффициенту  $\delta_p$ , а удельная тормозная сила, соответствующая заданному тормозному пути пассажирского поезда, определяется по рекуррентной формуле при начальном значении  $B_{T0} = 1$ , причем критерием прекращения итерационного процесса являлась отклонение табличного  $|S_m|$  значения тормозного пути от расчетного  $S_p$  не более чем на 0,1%:

$$\zeta = \frac{|S_m| - S_p}{|S_m|} \cdot 100\% \leq 0,1\%$$

Выполненные исследования показали, что итерационный процесс является быстросходящимся и уже на третьей итерации достигается требуемая точность.

По изложенному алгоритму были получены, методами математической статистики, аналитические выражения для определения соответствия между удельной тормозной силой дискового тормоза и тормозными коэффициентами колодочного.

Полученная методика позволяет определять соответствие тормозной эффективности пассажирских вагонов с дисковыми и колодочными тормозами и может быть использована для выбора характеристик дисковых тормозов, которые удовлетворяли бы заданным нормативным требованиям.

## АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ КАБИНЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОВОЗА ПРИ УДАРЕ В ЛОБОВУЮ ПОДОКОННУЮ ЧАСТЬ

Соболевская М. Б., Хрущ И. К., Горобец Д. В., Сирота С. А., Клык Ю. А.,  
Теличко И. Б.<sup>1</sup>

(ИТМ НАНУ и НКАУ, г. Днепропетровск, 1 - ПКПП "МДС")

A finite-element mathematical model is developed and the nonlinear dynamic analysis of the stress-deformed state of operator's cab construction elements (on the example of EP1M electric locomotive operator's cab) at the different intensity shock loadings on its frontal part is executed.

В настоящее время в странах ЕС обеспечение пассивной безопасности железнодорожного экипажа скоростного и высокоскоростного поезда является обязательным и регламентируется европейским стандартом EN 15227:2008. В Российской Федерации разрабатывается проект технических требований к системе пассивной безопасности локомотивов и пассажирского подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Стратегия Украины на введение скоростного движения на отечественных железных дорогах до 2020 г. также требует решения аналогичных задач, в частности связанных с необходимостью пассивной защиты электровозов скоростного пассажирского поезда, при аварийных столкновениях. При проектировании электровоза нового поколения особое внимание должно быть уделено разработке конструкции кабины управления. Для этого необходимо проанализировать основные закономерности деформирования силовых элементов конструкции кабины при продольном ударном воздействии в ее лобовую подоконную часть, которое характеризуют аварийное столкновение электровоза с препятствием (грузовой автомобиль, автоцистерна и т.п.), имеющим высоко расположенный центр масс.

Разработана конечно-элементная математическая модель для нелинейного динамического анализа НДС элементов конструкции кабины управления (на примере кабины электровоза ЭП1М) при ударах различной интенсивности в ее лобовую подоконную часть. Для описания упругопластических свойств материала использована билинейная зависимость напряжений от деформаций с учетом изотропного кинематического упрочнения. Точка перелома такой двухзвенной кусочно-линейной кривой соответствует пределу текучести. Моделирование нелинейной характеристики материала основано на использовании истинной диаграммы растяжения. При создании математической модели использованы пластинчатые элементы с четырьмя узлами, каждый из которых имеет по три линейных и угловых перемещения, скорости и ускорения относительно осей узловой системы координат элемента. Эти элементы позволяют учитывать в рамках деформационной теории пластичности большие пластические мембранные деформации и деформации изгиба.

Получено, что при ударе в подоконную часть кабины телом массой 10 т со скоростью 20 км/ч максимальные остаточные деформации не превышают значения 250 мм. Установлено, что энергия упругопластической деформации при полном разрушении рассматриваемой конструкции без возможности сохранения необходимого жизненного пространства для машиниста составила примерно 1,3 МДж (соответствует удару телом массой 10 т со скоростью около 60 км/ч).

Поэтому для создания перспективной конструкции кабины управления электровоза необходимо, ориентируясь на международный опыт, разработать нормативные требования по пассивной безопасности и соответствующие расчетные сценарии с учетом анализа наиболее распространенных аварийных столкновений на железных дорогах Украины.

## ПРОДОЛЬНЫЙ УДАР ПО УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОМУ СТЕРЖНЮ С БЕЗМАССОВЫМ УПРУГИМ ЭЛЕМЕНТОМ

Даценко В. Н.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

При решении задачи о продольном ударе по стержню, который будем рассматривать как модель с распределенными параметрами, на начальной стадии удара, когда напряжения не достигли значительной величины, обычно считается, что стержень подчиняется закону идеальной упругости. При этом зависимость между напряжениями  $\sigma$  и деформациями  $\epsilon$  прямо пропорциональна, т.е. подчиняется закону Гука. В случае достижения напряжений выше предела пропорциональности явление удара нужно анализировать с учетом нелинейной зависимости  $\sigma(\epsilon)$ .

Рассмотрению данного типа вопросов посвящено много работ, в частности общая методика решения такой задачи изложена в книге Я.Г.Пановко «Введение в теорию механического удара», М., 1977. В настоящей работе приводится решение задачи о продольном ударе упругопластического стержня об абсолютно жесткую преграду при наличии между ними безмассового упругого элемента (пружины).

Принимается, что материал стержня обладает линейным упрочнением, т.е. зависимость  $\sigma(\epsilon)$  до предела упругости и за ее пределом линейна, но имеет разные модули упругости  $E$  и  $\nu E$ . Кроме того, переход от значения модуля  $E$  к модулю упрочнения  $\nu E$  осуществляется не скачкообразно, а с помощью сглаживающей кривой – гиперболы. Это позволяет избежать разрывностей в решении задачи.

Движение стержня описывается однородным дифференциальным уравнением в частных производных второго порядка гиперболического типа, решение которого целесообразно принимать в форме Даламбера. В таком виде решение задачи есть решение о распространении волн деформаций и напряжений в стержне, которое можно свести только к решению о распространении краевого режима.

Результаты решения показывают, что при достаточно большой длине стержня перемещение конца стержня относительно преграды постепенно возрастает, устремляясь к некоторому пределу, и не носит колебательного характера. Причем, в случае достижения напряжений выше предела упругости, величина перемещения ударяемого конца стержня оказывается меньше, чем в случае, если бы модуль упругости не изменялся.

Распространение волн деформаций и напряжений за пределом упругости по длине стержня происходит с отставанием по времени, которое увеличивается с увеличением расстояния от конца стержня до рассматриваемого сечения. Такой результат полностью соответствует выводам, приведенным в указанной книге Я.Г.Пановко.



Процессы, происходящие в упругопластических твердых телах, во многом напоминают явления, которые имеют место и в сыпучих телах, если их рассматривать с учетом упругих свойств материала. С этой точки зрения, результаты анализа процессов при продольном ударе по упругопластическому стержню могут быть полезны при рассмотрении вопроса о движении деформируемого сыпучего груза в вагонах при их соударении.

## К ВОПРОСУ О МОДЕРНИЗАЦИИ КРОНШТЕЙНА КРЕПЛЕНИЯ НАКЛОННОЙ ТЯГИ К БУФЕРНОМУ БРУСУ ЭЛЕКТРОВОЗА 2ЕЛ5

Султан А. В., Товт Б. Н.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Research and analysis of the tension-deformation state of bracket of fastening of sloping traction is executed to the buffer squared beam of electric locomotive 2EL5. On results research modernization of construction of bracket is offered.

Электровазы 2ЕЛ5 производства ОАО «Лугансктепловоз» являются аналогом российских электровазов 2ЭС5К «Ермак», которые эксплуатируются в настоящее время на Южной железной дороге (локомотивное депо ст. Котовск). За время эксплуатации электровазов 2ЭС5К на путях «Укрзализниці» неоднократно наблюдались усталостные трещины на кронштейнах крепления наклонной тяги к буферному брусу кузова электроваза. Поэтому, не смотря на положительные результаты ходовых прочностных испытаний электроваза 2ЕЛ5, в отношении выше указанного узла крепления наклонной тяги, было принято решение о проведении расчета его на прочность.

Согласно «Норм для оценки прочности несущих элементов, динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм», инерционные силы для расчета деталей связи кузова с тележкой определялись исходя из ускорения  $3g$  массы тележки, и прикладывались вдоль оси пути. Так как масса тележки равна 21,3 т, поэтому расчет производился на силу 626 кН, передаваемую посредством наклонной тяги и исследуемого кронштейна на буферный брус электроваза.

Как показали расчеты, в конструкции тягового кронштейна в нижней части стыковки поперечной литой детали с вертикальными продольными ребрами (зона 1п) имеется концентратор напряжений, в котором расчетное напряжение 566 МПа значительно превышает предел текучести стали 09Г2С  $\sigma_T = 345$  МПа. В литой детали также имеется концентратор напряжений (зона 1л). Величина расчетного напряжения в ней составила 522 МПа, что в 2,5 раза превышает предел текучести для стали 20Л  $\sigma_T = 216$  МПа.

С целью оценки усталостной прочности тягового кронштейна, также производился расчет на длительный режим тяги. Сила тяги двух секций электроваза 2ЕЛ5 при длительном режиме тяги равна 424 кН. Поэтому при расчете тягового кронштейна к нему прикладывалась сила 106 кН, реализуемая одной тележкой электроваза.

Как и при расчете на аварийное соударение, максимальные напряжения возникают вместе примыкания литой детали к вертикальному ребру тягового кронштейна. В вертикальном ребре (зона 1п) расчетное напряжение составило 94 МПа, в литой детали (зона 1л) - 87 МПа.

По результатам расчетов, предлагаемая модернизация тягового кронштейна позволяет в месте стыковки вертикального ребра с литой деталью снизить напряжения в вертикальном ребре (зона 1п) до 320 МПа, в литой детали (зона 1л) до 270 МПа. Расчетные напряжения в модернизированном тяговом кронштейне при длительном режиме тяги составили: в зоне 1п - 56 МПа, в зоне 1л - 47 МПа.

Анализ результатов расчетов, позволяет сделать вывод, что предлагаемая модернизация кронштейна наклонной тяги решает проблему несущей способности тягового кронштейна. И хотя напряжение 270 МПа в литой детали при I расчетном режиме не удовлетворяет условиям «Норм...», прочность можно обеспечить, если изготовить эту деталь из прокатной стали 09Г2С.

Минимальные коэффициенты усталостной прочности  $n_v$  для модернизированного кронштейна наклонной тяги повысились: в зоне 1п с 2,89 до 4,84; в зоне 1л с 2,10 до 3,87.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЭНЕРГОПОГЛОЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЭКИПАЖЕЙ В АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ

Соболевская М. Б. , Сирота С. А. , Хрущ И. К., Горобец Д. В., Клык Ю. А.  
(ИТМ НАНУ и НКАУ, г. Днепропетровск)

The construction that allows organizing successive step absorption of the impact kinetic energy is proposed. It is suggested to apply as an element of passive protection. The analysis of nonlinear dynamic deformation of the examined protective construction at impact is conducted. The estimation of possible level of energy absorption is given.

Система пассивной безопасности (СПБ) железнодорожных экипажей, в частности локомотива и вагонов скоростного пассажирского поезда, предназначена для защиты пассажиров, обслуживающего персонала и конструкций подвижного состава от последствий аварийных столкновений, которых не удастся избежать или предотвратить способами активной защиты (торможением поезда, подачей звуковых и световых сигналов, своевременным удалением препятствия и т.п.).

Основная задача системы пассивной безопасности – обеспечить плавную амортизацию удара и ограничить возникающие при аварийном столкновении ударные нагрузки и перегрузки, действующие на элементы конструкции железнодорожного экипажа, а также на пассажиров и обслуживающий персонал.

В основу работы СПБ положен принцип превращения кинетической энергии удара в контролируемую работу, связанную с упругопластическим деформированием и разрушением специальных энергопоглощающих устройств, которые устанавливаются в концевых частях конструкции железнодорожного экипажа и намеренно приносятся в жертву при аварийных столкновениях. В процессе эксплуатации железнодорожного экипажа эти устройства должны быть в постоянной готовности, но срабатывают они только в случае аварийного столкновения с препятствием. Поэтому важными требованиями, предъявляемыми к таким устройствам, являются отсутствие необходимости их постоянного обслуживания, простота замены отслуживших элементов, использование съемных энергопоглощающих модулей.

Основным показателем эффективности работы рассматриваемых устройств пассивной защиты является их энергопоглощение при допустимых габаритах и массе. Следует отметить, что при сверхнормативном ударе в первую очередь максимальному разрушению должны подвергаться защитные устройства, и только после этого остаточные деформации могут возникать в несущих элементах конструкции экипажа (раме и кузове). При этом значения продольных динамических нагрузок в несущих элементах конструкции экипажа обратно пропорциональны величине продольного перемещения бойка при пластическом деформировании энергопоглощающих устройств.

В качестве энергопоглощающих устройств СПБ рассмотрены различные коробчатые конструкции, содержащие шестигранные сотовые пакеты и внутренние перегородки. Разработаны геометрические и конечно-элементные математические модели для нелинейного динамического анализа напряженно деформированного состояния элементов защитных конструкций при ударах с учетом возникновения больших пластических деформаций, зависимости предела текучести материала от скорости деформации; контактного взаимодействия между элементами конструкции; возможности разрушения отдельных элементов конструкции. В результате выполненных расчетов получены диаграммы деформирования исследуемых конструкций при ударе и дана оценка возможных уровней энергопоглощения.

## МЕТОДИКА ВЫБОРА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНОЙ ЗАЩИТЫ

Горобец Д. В., Хрущ И. К.  
(ИТМ НАНУ и НКАУ, г. Днепропетровск)

A method for the choice of integral parameters of the additional protecting of railway vehicles from the longitudinal shock load is offered.

Анализ аварий на железнодорожном транспорте показал, что среди случаев, которые получили резонанс в обществе, находится большое количество столкновений поездов или поездов с препятствиями, в том числе пассажирских поездов. Каждый случай в отдельности сопровождался потерями и травматизмом людей, что прямо или косвенно связано с неконтролируемой деформацией жестких несущих конструкций экипажей, в частности конструкций, обеспечивающих целостность пассажирской зоны. Поэтому, наряду с использованием средств, направленных на предотвращение появления предаварийных ситуаций, например, таких как автоматические системы управления движением транспорта, диагностики, для минимизации человеческих потерь и материальных затрат на ликвидацию последствий аварий, необходимо создавать эффективные системы аварийной пассивной защиты железнодорожных экипажей. Функции этой защиты в случае аварии сводятся к поглощению части кинетической энергии соударяющихся экипажей пассажирских поездов за счет необратимого упругопластического деформирования конструкций устройств пассивной защиты. Контролируемая деформация данных элементов при возникновении аварийных соударений экипажей позволяет понизить нагрузки, действующие на экипажи поезда, сохранить целостность пассажирской зоны, и тем самым повысить уровень безопасности пассажиров в аварийной ситуации.

Задача определения интегральных параметров средств пассивной защиты транспортных конструкций, в частности пассажирских вагонов, при аварийных столкновениях требует решения комплекса следующих задач:

- исследования динамики пассажирского поезда, оборудованного стандартными средствами амортизации, при аварийных соударениях поезда с препятствием;
- определения требований к средствам защиты экипажей поезда, согласно которым будет производиться оценка эффективности работы средств защиты и определения ограничений на интегральные параметры защиты;
- исследования влияния интегральных параметров средств пассивной защиты на динамику поезда при аварийных соударениях;
- выбора рациональных значений интегральных параметров элементов пассивной защиты.

Для решения указанных выше задач используется методика, которая базируется на исследовании динамической нагруженности конструкции транспортных средств методами конечных элементов, линейной алгебры и численного интегрирования.

Методика выбора интегральных параметров состоит из трех этапов. Первый этап включает в себя подготовку исходных данных: определение параметров защищаемого пассажирского поезда и выбора расчетных случаев для которых предполагается использовать защиту. Второй этап – исследование динамики поезда в аварийных режимах работы при отсутствии защиты, определение основных требований к системе пассивной защиты, критерию оценки уровня безопасности и эффективности работы защитных устройств. Третий этап включает в себя исследование динамики поезда в аварийном режиме с учетом установки устройств пассивной защиты, анализа влияния интегральных параметров защиты на уровень безопасности железнодорожных экипажей и выбора рациональных значений интегральных параметров.

Рассмотренная методика поиска интегральных параметров защиты может использоваться как при выборе параметров устройств пассивной защиты для существующего, так вновь создаваемого перспективного подвижного состава.

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С ПОВЫШЕННЫМИ СКОРОСТЯМИ ДВИЖЕНИЯ

Горобец В. Л., Пилипенко С. В.<sup>1</sup>  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск, 1 – Укрзализниці, г. Киев)

In paper the technique of an estimation of a possibility of use of an existing traction rolling stock with the increased velocities of motion is offered

В настоящее время достаточно актуальной является проблема научного обоснования эксплуатации существующего тягового подвижного состава с повышенными относительно установленных на текущий момент скоростей движения. Для оценки возможности решения указанной проблемы следует учитывать следующие основные требования:

- соответствие показателей безопасности движения локомотивов нормативным требованиям по коэффициенту запаса от схода колеса с рельса и максимальной скорости движения при допустимом уровне непогашенного ускорения;
- удовлетворение нормативным требованиям по показателям прочности основных несущих конструкций локомотива: коэффициенту запаса прочности и величинам полного и остаточного ресурса основных несущих конструкций локомотива;
- удовлетворительные динамические качества локомотива: коэффициенты вертикальной динамики и поперечные (рамные силы).

Методика проведения работ по оценке возможности эксплуатации существующего тягового подвижного состава с повышенными скоростями движения включает в себя:

- простейший прогноз динамических качеств локомотивов;
- прогноз динамических качеств локомотивов методами математического моделирования;
- проведение экспериментальных работ по подтверждению оценок контролируемых параметров локомотива при повышенных (проектных) скоростях его движения.

Первый этап работ включает в себя выбор серий локомотивов, перспективных к эксплуатации с повышенными скоростями, осуществляемый на основе непосредственного прогноза, то есть формальной экстраполяции их динамических качеств в диапазоне принятых скоростей движения.

Уточненный прогноз динамических качеств и ресурса локомотива осуществляется с использованием упрощенных имитационных моделей в сочетании с идентификацией их параметров на базе проведенных ранее динамических ходовых и прочностных испытаний при установленных скоростях движения.

На третьем этапе работ выполняется полный комплекс экспериментальных работ по оценке прочности и динамических качеств локомотива в диапазоне до достижения проектной скорости движения. По результатам указанных работ принимается решение об эксплуатации тягового подвижного состава с повышенными скоростями движения.

Данными для принятия решения об эксплуатации локомотива с повышенными скоростями является:

- результаты его динамических ходовых испытаний, которые проводятся в проектном диапазоне скорости его движения;
- статистическое распределение скорости движения локомотива в эксплуатации;
- прогнозируемое распределение скорости движения локомотива при повышении скорости по данным расписаний движения с повышенными скоростями;
- удельные наработки основных несущих конструкций локомотива в диапазонах скоростей движения, согласно действующей руководящей документации.

## О ИЗГИБЕ СОСТАВНЫХ БАЛОК С УПРУГИМИ ШАРНИРАМИ НА УПРУГИХ ОПОРАХ СОПРОТИВЛЯЮЩИХСЯ ПОВОРОТУ

Брынза А. А.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

We consider the bending of beams connected by elastic joints. They are based on elastic supports resisting rotation. The calculation method used and the proposed Lazaryan and Konashenko. It is based on the use of generalized functions.

Рассматривается расчет составных балок соединенных упругими шарнирами, опирающихся на упругие опоры сопротивляющиеся повороту (упругие заделки).

Под упругим шарниром понимается соединительное устройство, состоящее из двух упругих связей. Одной связи, препятствующей повороту шарнира в плоскости и другой - препятствующей линейному смещению друг относительно друга концов примыкающих к шарниру стержней.

В работе рассматриваются упругие опоры сопротивляющиеся не только перемещению, но и повороту сечения, т.е. их можно рассматривать как упругие заделки. Составные балки на упругих опорах с упругими шарнирами часто встречается в машиностроении, мостостроении и строительстве.

В данной работе применяется способ предложенный в работах Лазаряна и Конашенко, основанный на применении обобщенных функций. Реакции промежуточных опор, упругие шарниры учитываются с помощью импульсивных функций первого, второго и третьего порядка. Для решения разрешающих уравнений используется операционное исчисление. Получены аналитические решения справедливые при любой жесткости опор и упругих шарниров. Усилия и перемещения выражаются только через начальные параметры и некоторые функции влияния, которые имеют разрывы непрерывности I-го рода. Для построения эпюр внутренних усилий и перемещений при различных нагрузках используются mathcad-программы.

Рассмотрены задачи по расчету многопролетной балки на шарнирных и упругих опорах сопротивляющихся повороту. Изменяя жесткости опор, можно рассмотреть част-

ные случаи, когда опора отсутствует, когда шарнирная опора или опора типа упругая заделка. Из приведенных результатов видно, что увеличение жесткости промежуточных опор приводит к снижению внутренних усилий в балке. При равномерной нагрузке применение опор типа упругая заделка дает примерно такие же результаты, как и применение упруго-шарнирных опор. Однако при неравномерной нагрузке характер изменения внутренних усилий существенно отличается в зависимости от типа опоры.

Рассмотрен изгиб составного стержня, состоящего из отдельных стержней соединенных между собой упругими шарнирами. Получено решение справедливое при различных жесткостях упругих шарниров. Построены эпюры усилий и перемещений. При жесткостях упругих шарниров меньших изгибной жесткости балки, в сечениях, где находятся упругие шарниры, наблюдаются скачки углов поворота упругой линии.

## ПОСТРОЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА КАК МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ

Поляков В. А., Хачапуридзе Н. М.

(Институт транспортных систем и технологий НАН Украины, г. Днепропетровск)

The technique of a magnetic levitated train dynamics construction in view of multiconnectivity of its settlement scheme is offered. Operated components of a system's condition vector are divided into what suppose an independent control by them and what demand the intragroup coordination. The motion synthesis process has been divided into subtasks of single-channel design of the aggregated motion, and evasion stabilization.

Агрегат, принимаемый в качестве расчётной схемы механической подсистемы магнитолевитирующего поезда (МЛП) при решении задачи построения его требуемой динамики, как правило, не голономен и многосвязен. Кроме того, конструктивно порождаемая связанность координат может дополняться их связанностью по управлению – выдвигаются дополнительные условия согласования, или координации подсистем, то есть поддержания заданных функциональных соотношений между несколькими такими управляемыми координатами. При этом, в общем случае, группы координат, оказывающихся связанными вследствие особенностей конструкции поезда – с одной стороны, а также связываемые с целью соблюдения упомянутой координации – с другой, могут не совпадать. Описанные факторы многосвязности существенно затрудняют построение высококачественных движений МЛП, делая мало эффективными традиционные методы такого построения и требуя разработки его специализированных методик и средств.

На первый взгляд, существенное упрощение разрешения задачи построения движений МЛП, как многосвязной системы, может быть достигнуто путем автономизации возможно большего числа (в пределе – всех) ее каналов. Такая автономизация, очевидно, должна осуществляться путём расчленения системы на отдельные каналы с использованием, например, обратных связей по состоянию, наложения координаторов на её регуляторы, или с использования иных методов декомпозиции и децентрализации. К настоящему времени, однако, такие методы разработаны в основном лишь для линейных стационарных систем, каковыми, как правило, адекватные расчетные схемы МЛП, безусловно, не являются. В результате, чаще всего, регуляторы и компенсаторы, предусматривающие расчленение системы на автономные каналы и созданные с использованием методов одноканальных систем, обеспечивают невысокое качество координированных движений, оказываясь, в то же время, слишком сложными и дорогими либо вовсе нереализуемыми.

Конструирование движений МЛП, как неголономной многосвязной нелинейной сис-

темы требует, очевидно, использования многоканальных регуляторов, которые, помимо каналов автономного управления, содержат дополнительные внешние перекрестные связи таких каналов. Указанные внешние связи, дополняя имеющиеся внутренние перекрестные связи управляемого объекта, должны создавать достаточные условия для внутригруппового согласования его фазовых координат. Поведение же каждой согласованной группы таких координат, свобода изменения которых ограничена межканальными связями, должно быть эквивалентно поведению единого канала. Тогда оно может синтезироваться методами, соответствующими лишь требованиям к качеству координированного движения.

Разработана, основанная на этих принципах, методика построения движений МЛП как многосвязной системы. Применение такой методики будет способствовать повышению качества указанных движений и при этом позволит существенно упростить процесс упомянутого построения за счет его разделения на подзадачи одноканального построения агрегированного движения, а также стабилизации уклонений.

## НЕОБХОДИМОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ИХ ШИРОКОГО ВНЕДРЕНИЯ

Уманов М. И., Лашер А.<sup>1, 2</sup>, Пришедько Е.<sup>2</sup>  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск, 1 - Транспортный университет Дрездена,  
2 - ИТСТ НАН Украины «Трансмаг»)

В настоящее время разработки магнитолевитирующих транспортных систем (МТС) доведены до их практического применения. В этой связи наиболее важным вопросом является определение области эффективного применения МТС при условии предварительной комплексной оптимизации их параметров. Определение благоприятных условий эксплуатации и оптимального технического решения МТС, при которых будет эффективно их применение, является главной задачей данной работы.

В качестве оптимизационных мероприятий рассматривались:

- внедрение модульного подхода в организацию производства МТС, что позволит существенно уменьшить их стоимость;
- унификация всех составляющих МТС с внедрением международного разделения труда;
- оптимизация МТС в зависимости от конкретных условий эксплуатации с использованием стандартных модулей;
- реализация новых нетрадиционных подходов к трассированию МТС (например, создание кольцевых трасс вместо радиальных);
- совмещение грузовых и пассажирских перевозок в одном составе поезда или совмещенное движение на трассе грузовых и пассажирских поездов; состоящих из базовых секций и двигающихся с одинаковой скоростью;
- совмещение магистральных и пригородных перевозок на одной трассе;
- организация беспересадочных поездок на магистральном транспорте с оптимизацией формирования поездов;
- оптимизация эксплуатационных параметров МТС в зависимости от длины трассы и приведенного пассажиропотока, который учитывает совмещение грузовых и пассажирских перевозок в одном составе поезда или совмещенное движение на трассе грузовых и пассажирских поездов, состоящих из базовых секций и двигающихся с одинаковой скоростью.

Авторами была разработана математическая модель для определения экономических показателей перевозок пассажиров и грузов в условиях МТС. При этом тарифы на перевозку пассажиров и грузов определялись из условия обеспечения срока возврата ссуды на капитальные вложения. Указанная модель, в том числе, позволяет оптимизировать эксплуатационные параметры МТС в зависимости от длины трассы и приведенного пассажиропотока из условия обеспечения минимальной величины тарифов на перевозку пассажиров и грузов.

По данной модели были выполнены многовариантные расчеты при изменении длины трассы от 100 до 4100 км и приведенного пассажиропотока - в пределах от 5 до 200 млн. пассажиров в год.

Результаты расчетов показывают, что комплексная оптимизация МТС позволяет сократить приведенные строительно-эксплуатационные расходы в 1,1... 1,8 раза, по сравнению с расходами частично оптимизированных МТС. Это произошло, в первую очередь, за счет уменьшения в 1,5...2,0 раза эксплуатационных расходов комплексно оптимизированных МТС.

## ОЦЕНКА ЛЕВИТАЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ЭКИПАЖА ВДОЛЬ ПЛОСКОЙ ПУТЕВОЙ СТРУКТУРЫ

Дзензерский В. А., Кузнецова Т. И., Радченко Н. А., Хачапуридзе Н. М.  
(ИТСТ НАН Украины «Трансмаг»)

Spatial oscillations and stability of rectilinear and curvilinear motion of electrodynamically levitated vehicle along plain track structure with two rows of ground coils are investigated.

В ранее опубликованных работах рассматривались вопросы оценки левитационного движения электродинамических экипажей вдоль плоской путевой структуры с четырьмя и двумя полосами путевых контуров. Однако ширина контуров при рассмотрении систем с двумя полосами путевых контуров превышала ширину соленоидов сверхпроводящих магнитов. В настоящей работе рассматривается случай, когда ширина путевых контуров меньше ширины соленоидов магнитов. Такое конструктивное решение представляется более экономичным, так как уменьшается расход ферромагнитного материала для контуров.

При исследовании колебаний экипаж вместе с путевой структурой были представлены электродинамической транспортной системой, состоящей из трех твердых тел: кузова и двух тележек, к плоским горизонтальным донным поверхностям которых прикреплены по восемь сверхпроводящих магнитов, а также из двух полос путевых прямоугольных короткозамкнутых контуров, прикрепленных к горизонтальной поверхности путевой структуры.

Рассматривалось движение вдоль путевой структуры, имеющей очертание в плане: прямая входная переходная кривая, круговая кривая радиусом 8000 м, выходная переходная кривая прямая.

Оценка левитационного движения экипажа проводилась при следующих основных значениях исходных данных: масса кузова и тележек экипажа принимались соответственно равными 25,0 и 3,75 т, коэффициенты жесткости и вязкости упруго-диссипативных элементов рессорного подвешивания 200 кН/м и 20 кН·с/м, размеры сверхпроводящих магнитов и путевых контуров в продольном направлении 1,2 и 1,0 м, а в поперечном 0,8 и 0,3 м, зазоры между путевыми контурами в продольном направлении 0,05 м, диаметр прутков путевых контуров 0,03 м, намагничивающая сила в соленоидах сверхпроводящих



магнитов 570000 А·витков. Оценка левитационного движения экипажа проводилась в диапазоне скоростей 30–100 м/с.

Результаты расчетов показали, что движение экипажа устойчиво в прямолинейных и криволинейных участках путевой структуры. Отметим, что кривизна путевой структуры оказывает влияние на линейные перемещения бокового отбоя кузова и тележек, угловые перемещения боковой качки, и на левитационные зазоры под левой и правой полосами сверхпроводящих магнитов. Остальные линейные и угловые перемещения твердых тел транспортной системы практически не зависят от кривизны путевой структуры и быстро затухают по всем обобщенным координатам. При скорости 100 м/с максимальные перемещения тележек в вертикальном направлении составляют 0,16 м, а в поперечном направлении 0,004 м, углы их боковой качки – 0,03 рад, левитационные зазоры – 0,18 м. При скорости 30 м/с эти значения соответственно равны 0,04 м, 0,03 м, 0,016 рад и 0,07 м. Таким образом, рассматриваемая транспортная система соответствует требованию устойчивости левитационного движения в прямолинейных и криволинейных участках путевой структуры.

## ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВОГО ЗУСИЛЛЯ ПРИВОДУ МАЯТНИКОВОЇ ПІДВІСНОЇ КАНАТНОЇ ДОРОГИ

Куруп'ятник О. С.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

В данной работе рассмотрен особый подход к определению нагруженности тягового каната (и, следовательно, тягового усилия привода) с учетом изменчивости кривой провисания несущего каната и его смещения относительно опор при перемещении вагонов.

Відомо, що підвісні канатні дороги (ПКД) є основним видом пасажирського транспорту гірськолижних курортів. Сьогодні важко уявити відпочинок у горах без крісельних підйомників, буксирувальних витягів тощо. Однак, крім зазначених вище, існують інші види підвісних доріг, які призначені для забезпечення виконання певних технологічних операцій на підприємствах (особливо, видобувної галузі) та організації пасажироперевезень, зокрема, в містах. Досвід використання ПКД підприємствами Австрії, Франції, США та інших країн вказує на те, що такі транспортні засоби доцільно використовувати не лише в різко пересіченій місцевості, для з'єднання пунктів, що мають суттєво відмінні висотні відмітки, чи переправи через водні перешкоди, але й в якості засобів, що забезпечують транспортну розв'язку та перерозподіл пасажиро- та вантажопотоків міст.

Усі зазначені вище канатні дороги за особливостями транспортування поділяються на кільцеві та маятникові. У першому випадку рухомий склад, що подається у вигляді вагонів чи вагонеток різної місткості, переміщується в одному напрямку. При цьому привід дороги працює або в тяговому, або в гальмівному режимах (залежно від розміщення завантажених вагонів), що в поєднанні з досить точним припущенням про обмеження впливу зосередженості мас рухомого складу на навантаження тягового (несуче-тягового) каната суттєво спрощує проектні розрахунки.

У випадку використання маятникових канатних доріг (вагони великої місткості переміщуються зустрічно) зазначений підхід не є прийнятним, оскільки режим роботи приводу змінюється в залежності від профілю дороги та розміщення рухомого складу на трасі, що суттєво ускладнює моделювання навантаженості елементів тягового контуру (привід – тяговий канат – натяжний пристрій).

Однією з основних складових зусилля в тяговому канаті є опір переміщенню рухомого складу, який визначається ваговими параметрами, конструкцією вузлів тертя та профілем дороги. При цьому профіль дороги визначає кут підйому вагона, за допомогою якого можна регулювати опір переміщенню вагонів та встановлювати раціональні значення зусиль в елементах приводу ПКД.

В даній роботі при визначенні навантаженості тягового каната (а далі – тягового зусилля приводу) запропоновано врахувати змінність кривої провисання несучого каната – гнучкої підвісної колії – та його зміщення відносно опор під час руху вагонів. Для цього розроблено модульну математичну модель, що базується на забезпеченні рівноваги несучого каната на опорних башмаках та подається у вигляді восьми блоків. Кожен з них описує особливості навантаження каната при певному розміщенні рухомого складу на трасі. Остаточна математична модель зміни кривої провисання багатопробного несучого каната може бути сформована для кожної дороги окремо шляхом поєднання різних типів блоків у певній кількості.

Проведений аналіз можливості використання розробленої моделі показав її теоретичну прийнятність для врахування зміни профілю ПКД на навантаженість елементів приводу та можливість її використання для дослідження роботи маятникових (та деяких кільцевих) канатних доріг, як пасажирських, так і вантажних.

## ТЕРМОНАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОЛЕСА

Ищенко В. А., Усенко В. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The method of the thermo-stress state of the rail-wheel calculating with using the theorem Betty-Maxwell is proposed. The temperature field is calculated by the method of finite-difference evident scheme. It allows accounting for heating of the wheel by friction of the brake shoe and the rail, as well as cooling due to convective transfer.

Предложен метод аналитического расчета термонапряженного состояния железнодорожных колес. В основу метода положена теорема Бетти-Максвелла о взаимности работ, которую В.М. Майзель обобщил на случай температурных воздействий и получил функциональную зависимость перемещений произвольной точки в нагретом теле от температуры и дивергенции перемещений той же точки не нагретого тела при единичной нагрузке. Перемещения единично нагруженного тела определяются из решения дифференциального уравнения равновесия, записанного в перемещениях. Трехмерная конструкция железнодорожного колеса отнесена к цилиндрической системе координат, для которой радиальные перемещения в отличие от других направлений описываются нелинейной зависимостью.

Для расчета температурного поля, необходимого для определения термонапряженного состояния колеса, использовалось дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнения граничных условий описывают нагрев колеса за счет работы сил трения между тормозной накладкой, рельсом и колесом, а также охлаждение колеса теплопроводностью, конвективным теплообменом и лучеиспусканием. Необходимость использования таких граничных условий обусловлено физической картиной качения колеса, так как каждая точка поверхности катания нагревается от контакта с тормозной накладкой и рельсом, а вне контакта охлаждается, т.е. граничные условия являются функцией не только времени, но и координат.

Для решения задачи расчета температурного поля использовалась явная конечно-разностная схема с неравномерной по радиальной координате сеткой, которая позволяет

легко реализовать все особенности нагрева колеса. Следует отметить, что многие исследователи термонапряженного состояния используют различные коммерческие конечно-элементные пакеты программ, которые не могут учесть отмеченные выше особенности, поэтому вынуждены использовать усредненные тепловые потоки, а в этом случае физическая картина торможения существенно упрощается. В предлагаемой работе исследовался режим экстренного и длительного торможения. Определение времени и изменение скорости движения при торможении учитывалось вторым законом Ньютона. При экстренном торможении температура на поверхности катания растет очень быстро и достигает максимума примерно на  $1/3$  от общего времени торможения, после чего температура поверхности начинает уменьшаться, это происходит за счет падения скорости и увеличения влияния охлаждающих факторов. За время экстренного торможения температура концентрируется только в ободу колеса. Стремительный рост температуры на поверхности в начальный момент времени приводит к большим температурным напряжениям. Они зависят от величины максимальной температуры, которая увеличивается с ростом скорости. При длительном качении без торможения заметную роль играет нагрев колеса за счет трения о рельс, что приводит к повышению температуры колеса перед началом торможения. Для вычисления перемещений, деформаций и напряжений в соответствии с формулами В.М. Майзеля, температура по толщине колеса аппроксимировалась кусочно-линейной зависимостью. Деформации вычислялись по линейной теории, а напряжения по закону Гука.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ДАТЧИКОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ НА КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ КОЛЕСА И РЕЛЬСА

Девин Л. Н., Стахнив Н. Е.

(Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев)

Акустическая эмиссия, т.е. излучение упругих волн напряжений, отражает тонкие физические процессы при трении, деформировании или разрушении материалов. Этот метод нашел широкое применение при ранней диагностике землетрясений, анализе состояния сложных объектов нефтс- и газотранспортных систем, в атомной энергетике, в ракетной и космической технике, а также при мониторинге процессов механической обработки. Пьезоэлектрические датчики относятся к основным элементам таких систем диагностики.

Широкое использование акустической эмиссии сдерживается узкой полосой пропускания и неравномерной амплитудно-частотной характеристикой датчиков акустической эмиссии. В ИСМ НАН Украины им. В.Н. Бакуля, разработаны широкополосные датчики акустической эмиссии, по своим характеристикам не уступающие, а в некоторых случаях и превосходящие зарубежные аналоги. Разработанные датчики успешно применяются при диагностике износа режущих инструментов, разрабатываемых в ИСМ.

Следует ожидать, что выполненные разработки можно эффективно применить и при диагностике состояния рельсов и железнодорожных колес. Для проверки этого в ИСМ было создано приспособление, моделирующее движение железнодорожного колеса по рельсу. Оно включает два контактирующих колеса разных диаметров. Колесо большего диаметра вращается принудительно от двигателя с регулируемой скоростью. Второе колесо вследствие фрикционного взаимодействия с первым вращается в опорах скольжения. Опоры закреплялись в универсальном динамометре УДМ-100, который позволял регулировать величину силу прижима колеса. На опоре закреплялся датчик акустической эмиссии, который регистрировал сигналы АЭ, возникавшие при взаимодействии колес. В про-

цессе исследований сигнал АЭ с датчика поступал на блок предварительного усилителя, амплитудного детектора, где из высокочастотного первичного сигнала АЭ (100 кГц - 2 МГц) выделяли низкочастотную (100 Гц - 22 кГц) огибающую. После детектирования сигнал поступал на АЦП. Одновременно сигналы от динамометра поступали на АЦП, а затем на персональный компьютер. Программа «PowerGraph» реализовывала управления АЦП и позволяла сохранять файлы данных. Разработанное программное обеспечение позволяло выполнять корреляционный и спектральный анализы, выделять из шума сигналы, обусловленные поверхностными дефектами на одном из колес. Измерительная система, которая включает датчик АЭ с амплитудным детектором и АЦП с ноутбуком компактна и мобильна, т.е. ее можно использовать для измерений на движущемся составе.

Были проведены экспериментальные исследования сигналов АЭ при различных скоростях (3-5 м/с) и различных величинах поверхностных дефектов. Установлено, что наличие дефектов шириной более 0,05 мм однозначно выявлялось по сигналу АЭ.

Таким образом, широкополосные датчики акустической эмиссии можно эффективно применять для ранней диагностики состояния рельсов или железнодорожных колес во время движения состава. Для продолжения работ мы ищем партнеров, связанных с эксплуатацией железнодорожного транспорта.

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОВОЗА

Клименко И. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Методы оптимизации эффективно применяются в самых различных областях человеческой деятельности. Особенно значительные успехи достигнуты при проектировании и анализе больших технических систем. Выбор того или иного метода в значительной степени определяется постановкой оптимальной задачи, а также используемой математической моделью объекта оптимизации.

В настоящее время для решения оптимальных задач имеется достаточно широкий спектр методов исследования функций. Как правило, нельзя рекомендовать какой-либо один метод, который можно использовать для решения всех без исключения задач, возникающих на практике. Одни методы в этом отношении являются более общими, другие – менее общими. Иногда группу методов на определенных этапах решения оптимальной задачи можно применять в сочетании с другими методами. Некоторые же методы специально разработаны или наилучшим образом подходят для решения оптимальных задач с математическими моделями определенного вида. Выбор того или иного метода обусловлен сложностью вычисления критерия оптимальности и сложностью ограничивающих условий, необходимой точностью решения, мощностью имеющейся вычислительной машины и т.д. Важной характеристикой любой оптимальной задачи является ее размерность, равная числу переменных, задание значений которых необходимо для однозначного определения состояния оптимизируемого объекта. Как правило, решение задач высокой размерности связано с необходимостью выполнения большого объема вычислений.

В настоящее время разработано множество численных методов для задач как безусловной, так и условной оптимизации. Качество численного метода характеризуется многими факторами: скоростью сходимости, временем выполнения одной итерации, объемом памяти ЭВМ, необходимым для реализации метода, классом решаемых задач, вычислением производных и т. д.

В методах нулевого порядка для определения направления спуска не требуется вычислять производные целевой функции. Направление оптимизации в данном случае пол-

ностью определяется последовательными вычислениями значений функции. Хотя при решении задач безусловной минимизации методами первого и второго порядков, как правило, скорость сходимости более высокая, чем у методов нулевого порядка, однако на практике вычисление первых и вторых производных функции большого количества переменных весьма трудоемко. В ряде случаев они не могут быть получены в виде аналитических функций.

Поэтому при решении задачи выбора рациональных параметров электровоза с целью повышения его критической с точки зрения устойчивости движения по Ляпунову скорости был выбран метод деформируемого многогранника (метод Нелдера-Мида). С помощью операции растяжения и сжатия размеры и форма деформируемого многогранника адаптируются к топографии целевой функции. В результате многогранник вытягивается вдоль длинных наклонных поверхностей, изменяет направление в изогнутых впадинах, сжимается в окрестности минимума, что определяет эффективность рассмотренного метода. Однако, учитывая то, что варьируемые параметры локомотива могут изменяться до определенного значения, метод деформируемого многогранника был модифицирован.

## Секція 2 «Експлуатація и ремонт локомотивов»

### ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ВЕДЕННЯ ПРИМІСЬКИХ ПОЇЗДІВ

Боднар Б. Є., Бобир Д. В., Ляшук В. М., Любка В. С., Кислий Д. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Економічний стан, що склався, в Україні вимагає підвищення ефективності роботи всіх галузей народного господарства і, зокрема, залізничного транспорту. Значну частину експлуатаційних витрат залізниць складають витрати на електроенергію – близько 6 млрд. кВт·год в рік, з них 4,5 млрд. кВт·год в рік на електротягу. У локомотивному господарстві витрати енергоресурсів на тягу поїздів складають від 36 до 51% експлуатаційних витрат. Ці дані кількісно підтверджують, що витрати електроенергії на здійснення транспортних послуг є одним з основних показників ефективності роботи транспорту в цілому.

Стратегія розвитку залізничного транспорту України до 2020 року як основним напрямком розвитку залізничного транспорту визначає реалізацію заходів, які забезпечують безпеку руху поїздів, якість перевезень, конкурентоспроможність та ефективність роботи господарств залізничного транспорту на основі впровадження ресурсозберігаючих технологій. До формування комплексу технічних рішень ТРС нового покоління входить створення комплексних бортових автоматизованих мікропроцесорних систем управління.

Класична теорія тяги поїздів оперує простою розрахунковою схемою «поїзд – матеріальна точка». Математична модель руху поїзда може бути складена на підставі теореми про зміну кінетичної енергії. Параметри, що входять в математичну модель, залежать від багатьох чинників, що не завжди піддаються точній кількісній оцінці. Головна і єдина їх перевага полягає в простоті і низькому порядку системи. Вони послужили базою для розробки «Правил тягових розрахунків для поїзної роботи», різних способів отримання раціональних режимних карт водіння поїздів, алгоритмів оптимізації і систем автоматичного регулювання.

При рішенні задачі вибору енергооптимальної програми управління локомотивом виділено два основних об'єкти математичної моделі руху поїзда по ділянці – поїзд і середовище руху. В процесі розв'язання рівняння руху поїзда з метою визначення економічно обґрунтованих режимів його руху по ділянці в якості характеристик поїзда розглядатимемо масу поїзда, кількість вагонів та їх питомі опори, кількість осей, серію локомотива та його характеристики: тягову, струмову та гальмівні.

Як характеристики середовища руху, що складається із залізничної колії, умов руху поїзда по ділянці і метеорологічних умов, будемо розглядати інформацію про кілометражі ділянки, обмеження швидкості, величини максимальної швидкості на цій ділянці, подовжній профіль, розташування роздільних пунктів, рівень напруги тощо.

Науковцями кафедри Локомотиви розроблена система раціонального ведення вантажних поїздів. Ефективність використання системи експериментально перевірена і підтверджується отриманою економією електроенергії в межах 4-8% в залежності від змінних факторів, таких як метеорологічні умови, технічний стан локомотива.

Для вибору раціональних режимів ведення приміських поїздів проводиться модернізація існуючої системи використанням сучасних датчиків положення поїзда на ділянці, які більш точно враховують повздовжній профіль ділянки, швидкість руху, прискорення та криві.

## RISE OF LONGEVITY OF DIESELS BY THE TIMELY CONDUCTING OF TECHNICAL SERVICE AND REPAIR

Baranovskyi D. M.  
(Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradsky State University)

Визначення довговічності та термінів проведення технічного обслуговування і ремонту дизелів спеціального самохідного рухомого складу залізниць у залежності від експлуатаційних параметрів вказують на те, що при фіксуванні витрат палива на дизелях, що експлуатуються та порівнянні їх із значенням граничної величини, можна дати оцінку часу необхідності проведення технічного обслуговування та ремонту.

The strategy of technical service and repairing of diesel must have optimal indices that characterize the quality of functioning and exploitation of the system in whole and the decisive tribosystems separately.

The choice of optimal strategy of technical service and repair of diesels as for self-powered rolling stock of railway economies will make it possible to achieve the high efficiency due to the structural reorganization of technical service and repair and operating instructions without additional forces and means involving.

While choosing optimal terms of diesels servicing and repair it is necessary to take into account the information completeness including to the category of decisive tribosystem failures.

Therefore, on the basis of regenerating, Markov and semi-Markov processes, the probability dependence of no-failure operation, availability factor and probability factor of performance of task depending on time function for the next strategy option of diesel technical servicing and repair have been obtained.

The accuracy action period distribution dependence has been defined according to the thermodynamic aspect of determination of magnitude of diesel tribosystem remaining resource.

The remaining resource of the diesel technical state is significantly rising during proper diagnostics. The magnitude of remaining resource is lengthening in 2...3 times at complex approach to the diesels, notably to timely diagnostics of technical state and realization of effect of self-organization of connected surfaces.

It is necessary on a contacting element of tribosystem diesel to carry a material structure to the maximum quantity of mobile dislocations in order to decrease the quantity of immobile ones for the flow of self-organization process without wear-out. The secondary structures can be formed in advance or they can be formed themselves (there are many methods for this purpose), the vacancies must appear in order to exposure those secondary structures.

The conducted theoretical researches on determination of longevity and terms of conducting indicate technical service and repair of diesels as for self-powered rolling stock of railway in dependence on operating parameters on the following. The sentinel expenditure of fuel of diesels can be described by means the probability of faultless work taking into account effective power on the basis of graphic interpretation. Fixing the expenditure of fuel on diesels as for self-powered rolling stock of railway in the process of exploitation and comparing to the value of its maximum size, it is possible to describe time of necessity of servicing from operating parameters. Knowing the quantity of containing a number for the concrete brand of diesel as for self-powered rolling stock of railway it is possible to give estimation of the motoresources depending on the sentinel and specific charges of fuel taking into account probability of their faultless work, and also forecast their longevity.

## СПОСОБ КОНТРОЛЯ МЕЖЭЛЕМЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ПОЛЮСНЫХ ВЫВОДОВ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Дзензерский В. А., Бурылов С. В., Выдута Е. Л., Скосарь В. Ю.  
(ИТСТ НАН Украины «Трансмаг», г. Днепропетровск)

The inspection method of intercell connections and pole terminals of lead-acid storage batteries is upgraded. The method allows reducing losses from reject, increasing reliability of checkup of intercell connection and pole terminals, improving the quality of storage batteries.

Усовершенствован способ контроля межэлементных соединений и полюсных выводов свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, которые могут применяться на железнодорожном транспорте. В технологии аккумуляторостроения одной из важнейших операций является контроль качества межэлементных соединений и полюсных выводов аккумуляторных батарей. От результата этой операции существенно зависит качество выпускаемой продукции и количество претензий от потребителей.

В способе контроля аккумуляторных батарей через контролируемые межэлементные соединения и полюсные выводы пропускают постоянный ток, удовлетворяющий условиям неразрушающего контроля. В контролируемую батарею в электролит вводят вспомогательные электроды. Затем измеряют разность потенциалов (напряжение) между вспомогательными электродами соседних аккумуляторов, а также между полюсными выводами и соответствующими вспомогательными электродами крайних аккумуляторов, имеющих полюсные выводы. Измерения производят до и после включения тока. Далее производят расчет: определяют разность напряжений, измеренных до и после включения тока. Затем вычисляют отношение этих разностей к амплитуде пропускаемого постоянного тока. По вычисленному отношению определяют исправность межэлементных соединений и полюсных выводов, сравнивая их с соответствующими значениями для исправных межэлементных соединений и полюсных выводов. В способе контроля величину постоянного тока  $I$  (А) выбирают в пределах  $(4,5-7,5)C_{20}$ , где  $C_{20}$  (А·ч) – номинальная емкость батареи при 20-часовом режиме разряда. Продолжительность времени  $t$  (с) пропускания тока до момента измерения разности потенциалов берут обратно пропорциональную величине тока, с коэффициентом пропорциональности 36 (с/А).

Считают, что контролируемое межэлементное соединение или полюсный вывод не исправны, если вычисленное отношение разности напряжений, измеренных до и после включения тока, к амплитуде пропускаемого постоянного тока превышает на 70 % и более соответствующую величину для исправного межэлементного соединения или полюсного вывода. В противном случае контролируемое межэлементное соединение или полюсный вывод считают исправными.

Данный способ контроля позволяет снизить потери от брака и повысить достоверность контроля межэлементных соединений и полюсных выводов, повысить качество аккумуляторных батарей, уменьшить рекламации от потребителей.



## УТОЧНЕНИЯ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА НАЖАТИЯ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК

Довбня М. П., Бондаренко Л. М., Бобырь Д. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Analytical clarification is resulted on determination of coefficient of pressure of skids

Закон сцепления при торможении поезда выражается зависимостью [1]

$$\varphi_k K \leq \psi_k P, \quad (1)$$

где  $\varphi_k$  – коэффициент трения между колодкой и колесом;  $K$  – сила нажатия колодки;  $\psi_k$  – коэффициент сцепления тормозного колеса с рельсом;  $P$  – нагрузка на тормозное колесо.

Закон сцепления при торможении гласит: для обеспечения безопасности движения и предотвращения юза тормозная сила, создаваемая тормозными средствами на ободах колес, не должна превышать силу сцепления колес с рельсами.

Единственной регулируемой величиной в формуле (1) является сила  $K$ . Следовательно, для соблюдения этого неравенства необходимо ограничить именно ее. Предельное значение этой силы найдем из следующих рассуждений. Наибольшая допустимая по сцеплению сила нажатия определяется равенством  $K/P \leq \psi_k/\varphi_k$ , а величина

$$K/P = \delta \quad (2)$$

называется коэффициентом нажатия. При заданной величине  $P$  предельные величины  $K$  и  $\delta$  зависят только от отношения  $\psi_k/\varphi_k$ .

При высоких скоростях, поэтому в этом случае можно допускать большие  $K$  и  $\delta$  не опасаясь юза. При низких скоростях  $\psi_k < \varphi_k$  и во избежание юза надо уменьшить силу нажатия  $K$  и коэффициент  $\delta$ . Для обеспечения эффективного торможения при любых скоростях в эксплуатации принимают  $\delta = 0,7$ .

Естественно, что для установления величины  $\delta = 0,7$  необходимо знать или  $K$  или  $P$ .

К сожалению, при определении как  $K$  так и  $P$  в формуле (1) допущены неточности. В [2] доказано, что формула для определения  $K$  получена в нарушение закона трения скольжения: нормальная к колесу на дуге обхвата сила не равна силе нажатия колодки  $K$ . В более точной постановке сила трения между колодкой и колесом должна определяться из выражения:

$$B = \varphi_k K \frac{\beta + \sin \beta}{4 \sin (\beta/2)}, \quad (3)$$

где  $\beta$  – угол обхвата колеса колодкой.

С учетом (3) в [3, 4] формула для определения  $\varphi_k$  с учетом скорости получена в виде

$$\varphi_k = 0,6 \frac{1,6K(\beta - \sin \beta) + 400 \sin (\beta/2)}{8K(\beta + \sin \beta) + 400 \sin (\beta/2)} \cdot \frac{V + 100}{5V + 100}. \quad (4)$$

Таким образом, формула (4) более точно устанавливает связь между  $\varphi_k$  и  $K$ .

Правая часть формулы (1) также требует уточнения. Это равенство получено из суммы моментов, действующих на колесо сил относительно центра колеса, поэтому в бо-

лее точной постановке правая часть, с учетом недопускания юза, должна учитывать сопротивление качению колеса, т.е.

$$\varphi_k K \leq \psi_k P \left( 1 - \frac{m}{R} \right), \quad (5)$$

где  $m$  – коэффициент трения качения.

Известно [1], что сопротивление трению качения колеса по рельсу рекомендуется определять через удельную величину сопротивления  $w_{mk}$ , принимаемую равной 0,3...0,4 Н/кН. Столь значительное расхождение с учетом того, что около 25 % мощности локомотива затрачивается на преодоление сопротивления трения качения колес по рельсам, может привести к большим ошибкам при определении  $w_{mk}$ .

Нами [5] получены аналитические зависимости для определения  $m$ , содержащие только общепринятые механические константы и размеры контактируемых поверхностей. При первоначальном точечном контакте

$$m = 0,16b \exp(0,2R_k), \quad (6)$$

где  $b$  – статическая полуширина пятна контакта;  $R_k$  – радиус колеса в метрах.

При схеме касания «цилиндры со взаимно перпендикулярными осями» [6]

$$b = 1,397n_b \sqrt[3]{\frac{P}{E} \cdot \frac{R_k R_p}{r_k + R_p}}, \quad (7)$$

где  $n_b$  – коэффициент, зависящий от соотношения коэффициента уравнения эллипса касания;  $R_p$  – радиус закругления головки рельса;  $E$  – модуль упругости материалов колеса и рельса; здесь принято, что коэффициент Пуассона материалов равен 0,3.

Отметим, что, например, при нагрузке на колесо  $P = 105$  кН,  $R_k = 525$  мм,  $R_p = 500$  мм,  $n_b = 0,98$ ,  $b = 6,9$  мм,  $m = 1,226$  мм правая часть уравнения (5) отличается от правой части уравнения (1) на 0,23%.

Конечно, правую часть уравнения (1) можно было бы и не уточнять, но поскольку эта формула входит в учебники для ВУЗов, то ее уточнение необходимо с методической точки зрения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Подвижной состав и тяга поездов / Третьяков А.П., Деев В.В., Перова А.А. и др. – М: Транспорт, 1979. – 368 с.
2. Довбня М.П., Бондаренко Л.Н. Влияние угла обхвата колеса тормозной колодкой на тормозную силу поезда // Залізничний транспорт України. – 2007. – №6. – С.40–41.
3. Довбня М.П., Бондаренко Л.Н. К вопросу о тормозной силе // Залізничний транспорт України. – 2004. – № 2. С. 22–23.
4. Довбня М.П., Бондаренко Л.Н. Факторы, влияющие на относительное сопротивление качению // Залізничний транспорт України. – 2003. – № 5. С.7–9.
5. Бондаренко Л.М., Довбня М.П., Ловейкш В.С. Деформації опори в машинах. – Дніпропетровськ: Дніпро-VAL. – 2002. – 200 с.
6. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. – Киев: Наукова думка. 1988. – 736 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ПРИ ЙОГО АДАПТАЦІЇ ДЛЯ РОБОТИ НА БІОПАЛИВІ

Горячкін В. М., Іващенко О. В., Кудашко І. І.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), які виробляють близько 80% споживаємої механічної енергії, є одним з основних споживачів палива нафтового походження. З кожним роком загальна потужність експлуатуємих двигунів постійно зростає, що призводить до збільшення шкідливих викидів в атмосферу. Водночас, у зв'язку з нестачею, неефективним використанням та підвищенням вартості нафти постає задача пошуку альтернативних видів палив та підвищення ефективності їх використання в ДВЗ.

Активні пошуки альтернативних видів палив, які можна було б використовувати у ДВЗ та які б відповідали умовам повного згоряння з максимальним виділенням теплоти і мінімальним утворенням токсичних і корозійно-активних речовин, зручності транспортування та зберігання, застосовуваності в різних кліматичних умовах, мінімальної токсичності та невисокою вартості ведуться в багатьох країнах світу. Паливом для двигуна внутрішнього згоряння може бути будь-яка легкозаймиста речовина в рідкій або газоподібній фазі, що добре змішується з повітрям, або суміш таких речовин. Застосування альтернативних палив, як на двигунах малої потужності, так і на двигунах великої потужності, наприклад, локомотивах, викликає деякі зміни їх експлуатаційних характеристик. Тому, для адаптації кожного двигуна при переході на альтернативні види палива потрібні дослідження, спрямовані на усунення можливих негативних наслідків.

Серед альтернативних палив, які отримали широке використання в світовій практиці експлуатації ДВЗ, можна виділити: газоподібні палива, палива рослинного походження, палива на основі спиртів, синтетичні палива та їх суміші.

Найбільш перспективними паливами вважаються природний та генераторний газ, водень, рослинні олії по типу ріпакової, пальмової та інші, біоетанол, який отримують в процесі переробки рослинного сировини, а також суміші альтернативних видів палив з паливами нафтового походження в різних пропорціях. Зважаючи на це, а також враховуючі доступність для використання та вартість палива, для досліджень впливу на характеристики двигуна обрані ріпакова олія та газоподібний водень з теплою згоряння 42,5 МДж/кг і 120 МДж/кг відповідно та їх суміші з дизельним паливом.

Для проведення експериментальних досліджень на кафедрі «Теплотехніка» встановлено іспитовий стенд фірми VEB для випробовування дизельних двигунів. Стенд складається з дизельного двигуна СМД 1800, гальмової установки, умформера, силових шаф, пульта керування двигуном, перетворювачів температури та тиску, вимірювальної апаратури.

Для роботи на сумішах дизельного палива з альтернативними видами палив виконана модернізація системи подачі палива. В ході випробовувань визначаються параметри навколишнього середовища, температура та тиск охолоджувальної рідини та мастила, крутний момент, частота обертання колінчастого валу, витрата палива та повітря, тиск у впускному повітроводі, кут випередження запалювання та подачі палива, закон зміни тиску в циліндрі двигуна, температура відпрацьованих газів.

За результатами досліджень можуть бути визначені та порівняні характеристики двигуна при роботі на дизельному паливі та на його суміші з альтернативними паливами. Це дає змогу підвищити експлуатаційні характеристики двигуна при адаптації для роботи на біопаливі.

## ГИБРИДНЫЙ ТЕПЛОВОЗ ЭКОНОМИТ ТОПЛИВО

Гущин А. М.

(Донецкий институт железнодорожного транспорта)

The cause of the increased cost of fuel shunting locomotives; shown that improvement of the locomotive in a hybrid version of the replacement engine heavy-duty engine low power and energy storage can reduce the consumption of diesel fuel to 50%. Under the Railroad reduce the cost of purchasing fuel and maintenance of these locomotives will be 120 million UAH per year. Payback the cost for alteration of the locomotive will be 2...4 years.

На маневровых тепловозах фактические удельные затраты топлива в 4-5 раз больше номинальных по паспорту.

Основными причинами низкой экономичности работающих тепловозов являются : большая часть времени работы на холостом ходу; до 90-95% времени работы на низких нагрузках; частые смены режимов работы тепловоза (до 12 раз в минуту) и соответственно, работа тепловоза на неустановившихся режимах; потеря энергии торможения поезда при изменении скорости движения.

Указанные причины в значительной степени устраняются при замене двигателя большой мощности на двигатель меньшей мощности и накопитель энергии.

При работе на низких нагрузках дизель-генераторная установка будет питать тяговые двигатели и заряжать накопитель энергии; при высоких нагрузках тяговые двигатели могут питаться как от накопителя энергии, так и от двигателя малой мощности. Такие тепловозы называют гибридными.

Опыт эксплуатации таких тепловозов в США и Канаде показал, что расход топлива такими тепловозами уменьшается на 40-60%, выбросы вредных веществ уменьшаются на 80-90%.

Разработана методика определения необходимой мощности двигателя и необходимой емкости накопителя. Показано, что такая модернизация маневровых тепловозов только на Донецкой железной дороге позволит уменьшить расходы на закупку топлива и снижение затрат на эксплуатацию тепловозов на 120 млн. грн. в год. Срок окупаемости данного технического решения-2-4 года.

## ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ПАЛИВА НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Каграманян А. О., Захарченко В. В.

(Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків)

In a lecture the problems of translation of hauling rolling stock of railways of Ukraine are considered on the alternative types of fuel in the aspect of financial viability. Complex approach is offered in relation to determination of economic effect taking into account the economic, ecological and technical indicators of diesels of rolling stock.

Обмеженість світових запасів нафтових палив вимагає використання в енергетиці, зокрема в теплових двигунах різного роду альтернативних палив.

Пріоритетність проблеми плавного переходу з традиційних видів палива на альтернативні на підприємствах Укрзалізниці обумовлена вимогами Закону України "Про альтернативні види рідкого та газового палива".

При вирішенні відміченої проблеми для залізничного транспорту необхідно вирішити цілий комплекс завдань. Сюди слід віднести, по-перше, визначення можливості роботи двигунів рухомого складу на альтернативних видах палива та оцінка зміни їх економічних, екологічних і технічних показників, по-друге, вирішення питань доставки, зберігання і заправки, в третіх, розробку нормативної документації по характеристиках альтернативних палив, їх застосування і нормування витрат на тягу в господарствах підприємств Укрзалізниці, в четвертих, визначення економічної доцільності переходу на альтернативні види палива.

На сьогоднішній день ці завдання не вирішені як для дорожньо-транспортного комплексу України в цілому так і для окремих підприємств Укрзалізниці. Тому оцінка перспективності та доцільності пропонуємих для використання альтернативних палив на залізничному транспорті є досить актуальною.

В доповіді розглянуто використання альтернативного палива на прикладі біодизелю.

При попередньому розрахунку економічний ефект від заміщення традиційного дизельного пального біодизелем, на перший погляд є достатньо суттєвим. Але при його традиційній оцінці за різницею цін на різні види палива не враховані додаткові витрати на збільшення витрат біодизелю на тягу поїздів у зв'язку із меншою ніж у дизельного пального теплотою згоряння. Також слід врахувати додаткові витрати, пов'язані з доставкою, зберіганням та заправкою, можливі витрати на експлуатацію, ремонт та утилізацію тепловозних дизелів.

Таким чином, проблема переведу тягового рухомого складу Укрзалізниці на альтернативні види палива потребує ретельного та комплексного дослідження з врахуванням усіх чинників, яке дозволить зробити остаточні висновки щодо економічної доцільності використання біодизеля в якості палива для тепловозних дизелів.

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДІВ ДЕЛ-02

Капіца М. І., Парубок С. І.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Для забезпечення безпеки руху у приміському та міжміському сполученнях актуальним постає питання надійності рухомого складу. Для цього необхідно здійснювати постійний моніторинг вузлів та агрегатів дизель-поїзда до числа яких в першу чергу необхідно віднести: систему управління та екіпажну частину.

За роботою локомотива в процесі руху спостерігає в основному машиніст, який повинен, про результати кожної поїздки робити, в журналі запису технічного стану локомотива (форма ТУ-152). Так як в цих журналах не вказується причина та наслідки відмов, то більш ширше відомості про відмови, та їх наслідки і способи усунення заносяться в журнал (форма ТУ-1, частина 1). Додатково для дизель-поїздів серії ДЕЛ-02, за наказом начальника служби локомотивного господарства Одеської залізниці, ведеться звіт «Відмови вузлів і систем при експлуатації дизель-поїздів ДЕЛ-02».

Запобігання відмов рухомого складу в процесі експлуатації найрезультативніше досягається тоді, коли вдається виявити втрату працездатності устаткування на самих ранніх стадіях. Це можна забезпечити шляхом використання технічної діагностики в якості складової частини системи обслуговування і ремонту локомотивів. Від того, наскільки система діагностування спроможна виявляти ті елементи устаткування, які наближаються до свого граничного стану, залежить ефективність планово-попереджувальної системи технічного обслуговування і ремонту локомотивів у цілому.

У зв'язку з підвищенням швидкостей рухів приміському та міжміському русі при одночасному оновленні рухомого складу виникає потреба в проведенні контролю технічного стану дизель-поїздів під час руху. Моніторинг найвідповідальніших вузлів під час руху дизель-поїзда призначений для запобігання аварій і катастроф, а також для спостереження за роботою та динамікою зношування контрольованих параметрів вузлів.

До бортових систем контролю належить мікропроцесорна система управління та діагностування «МСУД-К», яка являє собою вимірювально-обчислювальний комплекс, призначений для керування і автоматичного контролю параметрів технічного стану систем, вузлів і агрегатів дизель-поїзда серії ДЕЛ-02 та забезпечення відображення процесів управління дизель-поїздом при експлуатації та в умовах стаціонарного обслуговування.

При оцінці роботи дизель-поїзда велика кількість відмов приходить на електронні пристрої близько 57% та електричні пристрої близько 11% які неодноразово призводили до постановки дизель-поїздів на непланові ремонти, що було пов'язано з виходом з ладу багатоканального перетворювача частоти (тягового) при виникненні короткого замикання, що в свою чергу призводило до виникнення кидків струму на тяговому електродвигуні. Для вирішення даної проблеми пропонується замінити багатоканальні перетворювачі частоти тиристорного типу на багатоканальні перетворювачі частоти транзисторного типу на основі високовольтних модульних транзисторів IGBT, які мають захист від різного роду коротких замикань.

## РЕМОНТ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ УГ УКРАИНСКИХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ СЕРИИ ЧС

Левит Г. М., Мамонтов С. В.  
(ФГОУ ВПО ПГУПС, г. Санкт-Петербург)

Repair of locomotives dampers.

На украинских электровозах серии ЧС эксплуатируются гасители колебаний типа УГ производства ООО «ОКВЭЙ». На электровозах ЧС4, ЧС 4т установлены гасители УГ 120.63.63, на ЧС7, ЧС8- гасители УГ 140.45.30, УГ 140.100.100 П, УГ 170.63.63. Отличительной особенностью гидрогасителей УГ является применение сильфонных уплотнений и пластинчатых клапанов. Гасители УГ надёжны в эксплуатации, имеют ремонтпригодную конструкцию, малый вес. Они работоспособны в вертикальном и горизонтальном направлениях в первой и второй ступенях рессорного подвешивания всех локомотивов и эффективно демпфируют колебания виляния тележек. Все гидрогасители типа УГ имеют одинаковые структурные решения, одинаковые диаметры цилиндров, штоков, направляющих и корпусов, они взаимозаменяемы с другими гидроамортизаторами аналогичного назначения. Для ориентации гидрогасителя в горизонтальном и наклонном положениях на корпусе маркировано слово «НИЗ». Ремонт гидрогасителей УГ не требует применения какой-либо специальной оснастки. За счёт сильфонного уплотнения устраняются утечки рабочей жидкости и попадание внутрь абразивных частиц. При сохранности сильфона внутренние детали гасителей этого типа практически не изнашиваются и не повреждаются. Отсюда практически полностью устраняются износы внутренних деталей и при своевременной замене сильфона (резинового чехла) срок службы гасителя может быть доведён до 40 лет. По существу, ТО, ТР1, ТР2 сводятся к осмотру состояния сильфона, а ТР3- к замене сильфона. Оценка работоспособности гидрогасителей типа УГ при плановых видах ремонта проводится на стандартных испытательных стендах по параметру сопротивления,

либо по усилиям сопротивления при контрольных скоростях поршня в зависимости от типа стэнда в соответствии с данными, приведенными в таблице.

| Наименование характеристики                                                                    | Модификации гасителя УГ |                   |                     |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
|                                                                                                | 140.45.30               | 170.63.63         | 140.100.100 П       | 120.63.63           |
| Параметр сопротивления, кН·с/м, до скорости поршня 0,12 м/с                                    | 55–35                   | 75–45             | 135–85              | 75–45               |
| Максимальные усилия сопротивления, кН, на ходах растяжения/сжатия при скоростях поршня v, м/с: |                         |                   |                     |                     |
| 0,075                                                                                          | 5,1–3,4/2,8–1,8         | 5,1–3,4/4,0–2,7   | 11,0–7,3/9,5–6,3    | 4,0–2,6/3,7–2,5     |
| 0,15                                                                                           | 8,4–5,8/5,9–3,9         | 11,7–7,4/7,2–4,8  | 17,0–11,3/15,0–10,0 | 9,5–6,3/7,0–4,7     |
| 0,3                                                                                            | 11,3–7,5/8,4–5,6        | 14,4–9,8/11,2–7,0 | 19,3–12,8/17,6–11,8 | 14,4–9,6/11,0–7,4   |
| 0,6                                                                                            | 16,4–11/13,4–8,9        | —                 | —                   | 19,0–12,6/15,4–10,3 |

Гидрогасители УГ работоспособны без ремонта до ТР-3. Межремонтный ресурс гидрогасителей составляет 800 тыс. км пробега для гасителей первой (тележечной) ступени рессорного подвешивания и 1000 тыс. км пробега для гасителей второй (кузовной) ступени подвешивания.

## ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕПЛАСТИКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Сердюк В. Н., Деркач О. Д., Буря О. І., Макаренко Д. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Details are worked from carbon plastics for the brake mechanisms of freight carriages allow to prolong a run to 400...450 thousand kilometres

В даний час шарнірні механізми гальмівних передач вантажних вагонів укомплектовуються металокерамічними втулками з порошкового матеріалу за ТУ 086.025-96. У відповідності з вимогами Інструкції з ремонту гальмівного обладнання вагонів (ЦВ-ЦЛ-0013) при деповському ремонті вантажних вагонів втулки важільної передачі з сумарним зазором у шарнірному з'єднанні більше 2,0 мм підлягають заміні. При капітальному ремонті втулки замінюють при сумарному зазорі, що перевищує 1,3 мм. Також повинні бути замінені втулки, які мають видимі механічні пошкодження – викришування, тріщини, надломи тощо.

Як відомо, перевірки технічного стану втулок виконуються під час проведення планових видів ремонту вантажних вагонів – деповського та капітального. Мінімальний пробіг вагонів, які повинні надходити в деповський ремонт складає 110 тис. км після попереднього деповського та 160 тис. км після попереднього капітального ремонтів.

Досвід експлуатації металокерамічних втулок показує, що при надходженні вагонів у черговий плановий ремонт навіть після 110 тис. км пробігу практично всі металокерамічні втулки мають або знос, що перевищує допустимий або значні механічні пошкодження. Перевищення нормативних зазорів негативно впливає на роботу гальмівної системи, що проявляється у зменшенні сили тиску гальмівних колодок на колеса і, як наслідок, зростанні гальмівного шляху поїзда.

Досвід зарубіжних країн свідчить, що використання в шарнірних з'єднаннях гальм вагонів втулок з полімерних матеріалів з високими трибологічними та фізико-механічними властивостями дає можливість працювати без їх заміни до пробігу 400...450 тис. км, а це більше ніж втричі перевищує діючу на залізницях України норму.

Фахівцями лабораторії полімерних композитів Дніпропетровського державного аграрного університету та ТОВ «Дослідно-експериментальний завод «Залізничник» проведено пошук полімерних композитів, які за своїми властивостями змогли б забезпечити підвищену зносостійкість і надійність роботи вказаних механізмів. В процесі вибору матеріалів досліджувались полімерні композити на основі полістиролу, поліпропілену, поліаміду, інших матеріалів. Зупинилися на вуглепластиках на основі поліамідів, так як саме ці матеріали мають унікальне одночасне поєднання властивостей, чого не мають інші: високу границю міцності при стисканні при малій питомій масі, високі антифрикційні властивості тощо. Проведені нами дослідження щодо впливу кліматичних факторів на міцнісні властивості вуглепластиків показали, що вони не впливають на ці показники, що дає можливість експлуатувати на протязі всього року та зберігати їх на відкритих ділянках. Лабораторними дослідженнями також встановлено, що при контакті деталей з вуглепластиків зі сталевими контртілами шорсткість останніх може бути в досить широких межах – 0,07...2,5 мкм, що дасть змогу здешевити виготовлення металевих контртіл у вагонах. Крім того, деталі із запропонованого матеріалу мають високу технологічність виготовлення.

Позитивні результати лабораторних досліджень дозволили перейти до виробничих випробувань. У зв'язку з чим, нами розроблене технологічне забезпечення для виготовлення експериментальної партії деталей – прес-форми та поставлено на виробничі випробування 10 типорозмірів експериментальних деталей. Попередні результати виробничих випробувань носять виключно позитивний характер.

## УДОСКОНАЛЕННЯ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Боднар Б. Є., Очкасов О. Б., Коренюк Р. О., Грищенко В. А.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Досвід експлуатації бортових систем діагностування локомотивів показує, що існуючі на сьогоднішній день бортові системи діагностування потребують подальшого їх удосконалення з метою підвищення надійності локомотивів та ефективності використання інформації системи діагностування.

Аналіз технічного стану локомотивів показує, що значна кількість відмов локомотивів пов'язана з відмовами ТЕД, основними причинами яких є: пробій ізоляції, міжвиткове замикання, розпаювання з'єднань обмотки якоря з пластинами колектора, пошкодження якірних підшипників. Більшість перелічених відмов виникають внаслідок дії теплових факторів, що призводить до виходу з ладу ТЕД, а також до непланових ремонтно-відновлювальних робіт з послідувачим обслуговуванням щітково-колекторного вузла, ізоляції та підшипникових вузлів, які складають основну долю витрат на утримання тягових електродвигунів в експлуатації

Існуючі методи безпосереднього вимірювання температури обмоток ТЕД дозволяють отримати інформацію з найменшою кількістю проміжних перетворень, але передбачають складні технічні рішення, наприклад, вимірювання температури термометром може використовуватись тільки при вимірюванні теплових параметрів таких елементів, як колектор, підшипникові вузли, металеві частини машин (сердечник якоря, остов машини), цим методом користуються також і для вимірювання температури охолоджуючого повітря на



вході та виході з ТЕД, але такий метод може застосовуватись тільки при стендових випробуваннях електричної машини.

Також на практиці використовують термоіндикаторний метод (термопари) для вимірювання температури окремих частин тягового електродвигуна, але цей метод є дуже трудомістким тому він використовується переважно з дослідною метою, також використання цього методу в реальних умовах роботи ТЕД є складним. Всі експериментальні методи визначення температур частин електричної машини постійного струму достатньо складні і менш зручні для використання в системі бортового діагностування.

Проведений аналіз методів діагностування показує, що для розробки та удосконалення бортової системи діагностування ТЕД виникає необхідність розробки математичної моделі за допомогою якої можна було б визначати тепловий стан окремих елементів електричної машини, в тому числі, перевищення температури найбільш нагрітого вузла.

Наявність на борту локомотива мікропроцесорної системи управління та діагностування дозволить розрахунковим методом виконувати безперервний контроль температури вузлів ТЕД локомотива в русі при різних режимах роботи. Авторами розроблено алгоритм, який з використанням інформації зі штатних датчиків системи діагностування дозволяє визначати температуру перегріву обмоток ТЕД. Порівняння результатів розрахунку, отриманих при виконанні теплового контролю справного ТЕД з експериментальними даними, та результатів розрахунку системи діагностування, дозволить вчасно попередити перегрів обмоток та вихід з ладу тягового електродвигуна локомотива.

Запропонований в роботі алгоритм дозволяє з застосуванням розрахункового методу та методів безпосереднього контролю температури обмоток ТЕД, зменшити недоліки, властиві кожному з них окремо.

## ВІДЦЕНТРОВИЙ РОЗПИЛЮВАЧ ПАЛЬНОГО ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

Коваль В. П., Шепотенко А. П.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Основою якісного сумішоутворення є розпилювання палива і рівномірний розподіл крапель за всім об'ємом камери згорання.

Одержати хорошу макроструктуру суміші (рівномірний розподіл палива за всім обсягом камери згорання) можна при відповідності форм камери згорання і факела струменя і завихренні повітря в камері.

На процеси розпилювання, сумішоутворення і згорання в двигунах внутрішнього згорання відводиться вельми короткий проміжок часу. Цим і обумовлюються ті значні труднощі, які виникають при досягненні довершеного процесу згорання.

В існуючих форсунках розпилювач упорскує пальне в циліндр струменями. Пальне суцільної частини струменів не зменшується з повітрям, а подрібнення на краплини і змішування відбувається коло стінок поршня і циліндра. Внаслідок нерівномірного розподілу пального в повітрі недостатнього часу на випаровування краплин і неповного згорання зменшується ККД дизельного двигуна.

Всі заходи щодо поліпшення якості розпилювання в даний час направлені на подолання сил поверхневого натягнення і сил внутрішнього зчеплення молекул палива.

Одним з конструктивних заходів щодо поліпшення якості розпилювання є організація внутрішнього вихроутворення у форсунці з подальшим використанням відцентрового ефекту.

В відцентровому розпилювачі для дизельного двигуна між камерою і каналом пального виконаний з'єднувальний канал, дотичний до циліндричної стінки камери пального.

При впорскуванні в циліндр пальне за допомогою з'єднувального дотичного каналу закручується в камері пального й створюється тонка плівка в соплі, яка обертається навколо вісі й розкладається на краплини при виході з розпилювача. Тому випаровування краплин пального й змішування пару з повітрям, стисненим у циліндрі, починається безпосередньо коло сопла, чим забезпечується об'ємне згоряння пального в циліндрі.

Енергія стискування пального витрачається на формування вихрової структури в камері пального, яка визначає дисперсність краплин, тому розпилювач подрібнює високів'язкі палива і тим самим розширюється паливна база дизельного двигуна.

Відношення площі сопла і дотичних каналів, радіусів сопла і поверхні початкового закручування пального вибирається за умови спряження факела розпиленого пального з камерою згоряння між поршнем і циліндром і отримання дисперсності розпилювання, необхідної для об'ємного згоряння пального.

При впорскуванні пального в циліндр під дією тиску в камері пального голка піднімається над конічною воронкою з утворенням кільцевої щілини. Пальне, яке знаходилося в з'єднувальному дотичному каналі закручує пальне в камері, кільцевій щілині і соплі. Закручена плівка пального на виході з сопла розпадається на краплини з утворенням конічного факела. Краплини пального випаровуються, а пара змішується з повітрям і згоряє.

Внутрішнє вихроутворення підсилює початкові збурення в струмені; знижує вплив в'язкості палива, завдяки доданню кожній частинці палива відцентрової сили; підсилює дію середовища на розпад струменя палива, оскільки при збільшенні конуса факела струї, збільшується її лобова поверхня.

Закручування забезпечує формування вихрової структури в камері пального й соплі за рахунок енергії затраченої на стискування пального. Це забезпечує подрібнення високів'язкого пального на краплини, дозволяє збільшити діаметр сопла до 1-3 мм і значно знизити вимоги до фільтрації й розширити паливну базу дизельного двигуна.

Розпилювач рівномірно розподіляє краплини в циліндрі, тому пальне згоряє в об'ємі при менших надлишках повітря у вогнищі, внаслідок чого покращується повнота згоряння й підвищується ККД двигуна.

## РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ ОБЕРТАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ ДИЗЕЛЯ

Боднар Б. Є., Очкасов О. Б., Черняєв Д. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Дизель тепловоза є силовою установкою і від його технічного стану багато в чому залежить своєчасне виконання перевезень і безпека руху.

Нерівномірність обертання колінчастого валу дизеля пояснюється, перш за все, імпульсним значенням обертаючого моменту від кожного з циліндрів. Крім того, якщо вважати, що момент опору обертанню колінчастого валу при сталому режимі є постійним, і порівняти значення цього моменту з обертаючим моментом двигуна, що безперервно змінюється, то ясно, що при спалахах в циліндрах обертаючий момент буде більше моменту опору, а в періоди між спалахами — менше. Прийнято говорити, що в першому випадку має місце надлишок обертаючого моменту, а в другому — недолік. На зменшення нерівномірності обертання істотний вплив робить величина моменту інерції всіх рухомих деталей двигуна, включаючи маховик який також необхідний для виведення ланок механізму з мертвих точок.

В якості об'єкту експериментальних досліджень було обрано дизель 1Д12-400. Дизель 1Д12 чотиритактний швидкохідний без компресорний без наддування з рідинним

охолодженням та струменевим розпилюванням палива. Розташування циліндрів V – подібне у двох блоках під кутом 60°.

Імітаційне моделювання виконано у програмному комплексі 3D - моделювання Autodesk Inventor. Моделі елементів дизеля виконані в натуральний розмір, а задані їм матеріали відповідають дійсності, тому програма автоматично розраховувала інерційні характеристики кожної з моделей та використовувала їх при динамічному моделюванні. Для отримання більш достовірних результатів моделювання до моделі приєднано маховик, який за своїми габаритними та інерційними характеристиками відповідає натуральному.

Для моделювання впливу несправностей робочого процесу на частоту обертання колінчастого валу створена спрощена твердотіла модель дизеля 1Д12 в масштабі 1:1 в програмному комплексі Autodesk Inventor. Вона складається з 62 елементів, серед яких: картер, колінчастий вал, по 12 поршнів і поршневих пальців, по 6 основних та причіпних шатунів і їх пальців.

За результатами моделювання нерівномірності обертання можна зробити такі висновки:

- порушення у роботі навіть одного з циліндрів суттєво впливають на нерівномірність частоти обертання колінчастого валу дизеля при сталому режимі;
- діагностування дизеля раціональніше проводити на обертах холостого ходу, тому що несправності в більшій мірі впливають на нерівномірність обертання колінчастого валу саме при низьких частотах.
- модель потребує подальшого удосконалення для оцінки впливу допоміжних систем дизеля на нерівномірність частоти обертання колінчастого валу.

## ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИНИКНЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ПОДІЇ

Горобченко О. М.  
(Донецький інститут залізничного транспорту)

The mathematical model of a supernumerary situation with use of hybrid networks is developed. It has allowed to define directions of increase of efficiency of use of a rolling stock. For achievement of this purpose by the most effective actions are increase of reliability of electric circuits of locomotives and qualities of training of locomotive brigades

Аналізуючи спектр чинників, що впливають на імовірність виникнення транспортної події, можна розділити їх на дві групи: такі, що впливають на виникнення нештатних ситуацій, та ті, що впливають на поведінку виконавця в нештатній ситуації (НС). Тут НС розуміється як сукупність обставин, що могли привести до виникнення транспортної події. Використання цього поняття дає можливість розмежування причин виникнення транспортної події і дій локомотивної бригади по недопущенню браку в роботі. Тому важливим завданням є розробка математичного апарату визначення образу нештатної ситуації. Основною характеристикою нештатної ситуації пропонується вважати її складність. Оцінка складності визначається імовірністю виникнення транспортної події в результаті розвитку НС.

Формалізація задачі визначення параметрів транспортних подій виконана двома шляхами: за допомогою теорії імовірності та апарату гібридних мереж. Встановлено, що імовірнісна модель більш точна, але практичне її використання ускладнене. На вхід гібридної мережі подаються формалізовані за допомогою методів нечіткої логіки сигнали,

що розподілені за групами факторів, які впливають на виникнення і розвиток транспортної події — технічні фактори, людський фактор, зовнішні фактори. Вони обробляються гібридними нейронами «АБО» і подаються на вхід трьохшарового перцептронну. На виході мережі маємо сигнал  $x_{nc}$ , величина якого відповідає складності нештатної ситуації. Навчаюча вибірка для нейромережі побудована на підставі статистичних даних про причини транспортних подій за період 2005-2009 рр. Навчання мережі виконано методом зворотного поширення помилки.

Перевірка моделі виконана на реальних випадках транспортних подій. За допомогою розробленої гібридної мережі було визначено закон розподілення параметру  $x_{nc}$ . Середнє значення в експлуатації  $x_{nc} = 0,623$ , тобто середня імовірність розвитку нештатної ситуації в транспортну подію складає 0,623. Дисперсія склала  $\sigma_{x_{nc}}=0,0514$ . Теоретично обґрунтована величина  $x_{nc}$ , при досягненні якої НС потрібно вважати небезпечною, складає 0,17.

Аналізуючи дані математичної моделі, можна зробити висновки, що найбільше на виникнення браків в роботі впливають технічні фактори в сполученні з людським фактором. До технічних факторів, що призводять до виникнення нештатних ситуацій відноситься вихід з ладу обладнання та устаткування локомотивів. Аналізуючи дані за 2007-2009 рр можна сказати, що на електричне устаткування локомотивів приходить 52% загальної кількості браків, на механічне обладнання та устаткування 36%. Також за допомогою моделі встановлений вплив несправностей різного обладнання локомотивів на складність нештатної ситуації. Найбільша вірогідність транспортної події (в середньому до 0,12) при виході з ладу силових та низьковольтних електричних кіл локомотива.

Висновки. Одним зі шляхів підвищення ефективності функціонування рухомого складу є усунення причин виникнення транспортних подій. Найбільш ефективними є заходи з підвищення надійності електричних кіл локомотивів. Також значного ефекту можна досягти усуненням людського фактору, так як він може привести до розвитку нештатних ситуацій складністю до  $x_{nc}=0,24$ . Важливими чинниками тут є якість навчання локомотивних бригад та покращення психо-фізіологічного стану робітників.

## МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ТЕПЛОВОЗОВ

Красильников В. Н., Красильников М. В.<sup>1</sup>  
(ДНУЖТ, 1 – ЗАО «Укрэнерготранс», г.Днепропетровск)

The represented methods of the tests of electronic regulators diesel locomotive.

На магистральных тепловозах с электрическими передачами постоянного и переменного тока широко применяются тиристорные и транзисторные регуляторы напряжения типов БРН-3В, РНТ-6, ТРВ-3, БРН-3Г, БРН-3Д, YRN3, GC-25P для поддержания постоянства напряжения вспомогательных генераторов и стартер-генераторов на уровне  $75 \pm 1$  и  $110 \pm 3$  В путем изменения тока возбуждения. Стабилизация напряжения генераторов достигается путем автоматического регулирования тока возбуждения во всем диапазоне изменения их токовых нагрузок и частоты вращения якорей. В основе работы регуляторов положен релейный принцип управления.

На Днепропетровском тепловозоремонтном заводе (ДТРЗ) авторами разработаны методы испытаний и диагностирования бесконтактных регуляторов напряжения указанных типов, которые выполняются в два этапа. Первоначально проводится диагностирование отдельно каждого регулятора следующим методом. На вход (Я1-Я2) подается регули-

руемое постоянное напряжение, плавно повышая до 75 или 110 В и контролируется на выходе (Ш1-Ш2) граница срабатывания его измерительного устройства ( $\Delta U=2...3$  В). При этом отключается ток нагрузки (возбуждения) выхода Ш1-Ш2. При положительных результатах дальнейшие испытания регулятора выполняются на стенде при совместной работе с генератором ВГ. Для этого разработан и внедрен на ДТРЗ стенд на базе двухмашинного агрегата тепловоза ЧМЭЗ, включающий в себя вспомогательный генератор на 110 В DT701-4 и возбудитель DT706-4. Последний служит приводным электродвигателем при его питании от трехфазного тиристорного управляемого выпрямителя.

Испытания блоков YRN1 и YRN3 электронных регуляторов GC-40P, GC-35P, GC-43P тепловозов ЧМЭЗЭ и ЧМЭЗТ проводятся аналогично указанными методами. Первоначальные проверки и диагностирования YRN1 и YRN3 выполняются с применением специального малогабаритного переносного прибора, созданного на заводе.

### КОМПЛЕКСНІ ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ РЕГУЛЯТОРІВ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ ЧМЕЗТ

Красильников В. М., Красильников М. В.<sup>1</sup>  
(ДНУЗТ, 1 – ЗАТ «Укренерготранс», м. Дніпропетровськ)

The represented methods of the tests of the diesel locomotive regulators with electronic control

Комплексні випробування електронних регуляторів типів GC-35P, GC-43P маневрових тепловозів ЧМЕЗТ виконуються на спеціалізованих стендах, розроблених авторами та виготовлених на Дніпропетровському тепловозоремонтному заводі. В основу роботи стендів прийнятий принцип електронного управління тепловозом ЧМЕЗТ на базі регуляторів GC-35P та GC-43P, задаючими елементами автоматизованої системи яких є контролер машиніста і датчик частоти обертання колінчатого валу дизеля, а також датчики струму та напруги тягового генератора. Електричною схемою стендів передбачено випробування електронних регуляторів GC-35P, GC-43P у відповідних режимах тяги та електродинамічного гальмування тепловоза. Функціональні випробування блоків вказаних регуляторів, що керують роботою схеми електродинамічного гальмування тепловоза проводяться на стендах з застосуванням моделюючого пристрою. Живлення стендів комплексних випробувань здійснюється однофазною напругою 220 В частотою 50 Гц. Електричні схеми стендів містять наступні елементи: блоки живлення, блоки випрямлячів та стабілізаторів, електровимірювальні прилади, низькочастотний генератор, імітатори датчиків напруги і струму тягового генератора, струму збудження тягових електродвигунів, частоти обертання вала дизеля, контролера машиніста. Виконавчими пристроями схем випробувальних стендів є малогабаритні електромагнітні реле на 110 В, які визначають роботу блоків регуляторів GC-35P, GC-43P у різних режимах - запуску дизеля, приведення тепловоза в рух та регулювання швидкості, управління електродинамічним гальмуванням.

До програми комплексних випробувань електронних регуляторів GC-35P та GC-43P входять: перевірка роботи регулятора при запуску дизеля, перевірка роботи контролера машиніста, перевірка роботи регуляторів в режимі регулювання потужності, перевірка включення ослаблення поля, перевірка роботи регуляторів в режимі буксування, перевірка роботи реле часу, перевірка роботи блоків YRN1, YRN3 допоміжного генератора, перевірка роботи регуляторів в режимі гальмування. До останнього режиму входять контроль гальмівної характеристики на четвертій позиції КМ, а також розподіл якірних струмів по гальмівним позиціям 1Т, 2Т, 3Т, 4Т положення контролера машиніста. За допомогою мо-

делюющего пристрою перевіряються спрацювання захистів регуляторів по струму і часу в режимі «Гальмування».

## НАСТРОЙКА СХЕМЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ ТЕПЛОВОЗА ЧМЭЗТ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДЕЛИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Красильников В. Н., Красильников Д. В.<sup>1</sup>  
(ДНУЖТ, 1 - ЗАО “Укрэнерготранс”, г. Днепропетровск)

The represented methods of the tests of the diesel locomotives regulators with electronic control.

Метод проверки и настройки работы электронных регуляторов GC-35P и GC-43P тепловозов ЧМЭЗТ в режиме электродинамического торможения при помощи моделирующего устройства предложен и внедрен авторами на реостатной испытательной станции Днепропетровского тепловозоремонтного завода. Моделирующее устройство выполнено в виде электронного блока и позволяет без приведения тепловоза в движение проводить настройку схемы электродинамического торможения, имитируя якорный ток тяговых двигателей в зависимости от скорости и тока возбуждения, соответствующего тормозным позициям контроллера машиниста. Устройство формирует из сигнала тока возбуждения IB (выход датчика DT7) и из искусственно образованного сигнала скорости движения, выходной сигнал якорного тока, поступающего в регулятор в качестве ID (замещение отсутствующего сигнала датчиков якорных токов DT1–DT3 в режиме торможения). Сигнал скорости движения при реостатных испытаниях задается посредством моделирующего устройства (в масштабе 10 км/ч – 1В) и контролируется по вольтметру измерительного блока YMJ, вход “10V” электронного регулятора тепловоза. Регулируя сигнал скорости на четвертой (4Т) тормозной позиции КМ, контролируем по приборам параметры тормозной характеристики и сравниваем с табличными данными настройки схемы электродинамического торможения. В диапазоне скоростей 30...15 км/ч показания амперметра АЗ (ток якоря) равны 0,93 кА, а показания амперметра А1 (ток возбуждения) составляют 0,5...1,0 кА, что соответствует повышению тока возбуждения при снижении скорости тепловоза. Работа электронного регулятора в данном режиме определяется блоком задания тормозного тока якорей YZM. При скорости 8 км/ч включаются контакторы КТ 4, 5, 6 (вторая ступень тормозных резисторов) блоком YKIB и загорается светодиод “R”. Дальнейшее понижение скорости до 0 км/ч приводит к разборке схемы электродинамического торможения блоком YOI, включению вентиля ВТС стояночного тормоза и переход на замещающее пневматическое торможение. Это происходит на всех тормозных позициях, кроме первой.

В процессе реостатных испытаний тепловоза ЧМЭЗТ проводится контроль распределения якорных токов по тормозным позициям и проверяется срабатывание защит электронного регулятора по току и времени. Защитные устройства вызывают разборку схемы электрического тормоза и переход на замещающее пневматическое торможение. Контроль защиты по току. При постепенном повышении скорости потенциометром моделирующего устройства (4Т позиция контроллера КМ) имитируется увеличение тока якоря до 1400 А. При этом должна сработать защита по “сверхтоку”, загорается светодиод “1В” блока YMI, разбирается режим “Тормоз” электронного регулятора и гаснет светодиод “В” блока режимов YLJB. Контроль по времени. Скорость 30 км/ч (U=3В). Время работы электронного регулятора торможения ограничено и составляет 4 мин. В случае превышения этого времени происходит разборка схемы электрического торможения и переход на пневматический тормоз.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ЛОКОМОТИВОВ

Матвиенко С. А.

(Донецкий институт железнодорожного транспорта )

The report is devoted to improvement of traction-power locomotives-tests which are made in operation. The purpose is exact definition components of mechanical work which was executed with the locomotive. For this purpose the new technique of definition locomotive's draft-force is offered. The efficiency-parameter of train conducting which considers expediency of various modes application, rational use of kinetic energy, modes of braking is developed. In the report examples of computer calculations by an offered technique are resulted.

В решении целого ряда задач, стоящих перед железнодорожным транспортом, тягово-энергетические испытания играют существенную роль, поскольку они являются действенным способом фиксации реальных режимов и условий реализации тяги на железных дорогах.

Испытания осуществляются специализированными вагонами-лабораториями, которые на основании измеренных тягово-энергетических параметров работы локомотива должны устанавливать и корректировать нормы масс поездов, расходов топливно-энергетических ресурсов на тягу. Однако сейчас из-за отсутствия единой методики обработки опытных данных не всегда удается достичь этих целей. Сложности возникают также с оценкой влияния различных факторов (прежде всего режимов ведения поезда) на эффективность перевозочного процесса.

Применяемые для оценки эффективности управления поездом критерии (интегральные: экономические затраты на перевозку, полный и удельный расходы топлива, либо статистические оценки: эксплуатационный КПД) не дают возможности проследить эффективность применения конкретных режимов во время опытной поездки.

В качестве необходимого критерия можно предложить величину удельных затрат механической работы на единицу затрат топливно-энергетических ресурсов. Полезную механическую работу можно определить как разность суммарной работы силы тяги и суммы работ тормозных сил на участке. Отношение полезной механической работы и расхода энергоресурсов будет показывать, насколько рационально использована мощность источника энергии для осуществления тяги на данном участке, т.е. такой критерий будет являться количественной оценкой реализованных режимов движения, уровня использования кинетической энергии и тормозных процессов, что необходимо учитывать при разработке стратегии оптимального управления поездом.

Предлагаемый критерий опирается на точное определение механической работы локомотива. При этом большое значение имеет определение силы тяги. Было установлено, что существующей методикой косвенного определения силы тяги не учитывается переменный характер КПД локомотива, и это отрицательно сказывается на точности результата. Поэтому было предложено определять силу тяги по току тягового электродвигателя исходя из его электромеханических характеристик. Предлагаемая методика показала лучшую сходимость по сравнению с существующей; в качестве критерия оценки адекватности методик использован профиль пути.

На основании изложенных предложений была разработана программа обработки данных опытных поездок. В докладе приводятся результаты математического моделирования, а также обработки данных натурных тягово-энергетических испытаний по предлагаемой методике.

## ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ РУХОМОГО СКЛАДУ ШАРУВАТИМИ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ

Артемчук В. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Для підтримки існуючого рухомого складу в задовільному робочому стані необхідно виконувати якісний ремонт. Одним із напрямків розвитку ремонтного виробництва є розробка нових технологій відновлення зношених деталей. Для виконання поставлених задач нами розроблена технологія нанесення шаруватих покриттів програмним електролітичним залізненням.

На залізничному транспорті, більшість відмов деталей механічної частини рухомого складу (до 90 %) відбувається в результаті зношення поверхонь. Те ж саме можна сказати і про інші галузі машинобудування. Ресурс одиниці рухомого складу визначається ресурсом окремих деталей, а це значить, що кожна деталь впливає на загальну вартість ремонту, час простою, екологічні показники. Одним із шляхів позитивного розв'язання проблеми зменшення зносу є нанесення відновлювальних і при цьому зміцнюючих покриттів.

На сьогодні майже усі технології ремонту передбачають відновлення зношених деталей одним суцільним шаром. Однак, на нашу думку, такий підхід значно звужує можливості нанесених відновлюючих покриттів. Одним із варіантів розвитку ремонтного виробництва є відновлення деталей шаруватими покриттями програмно. Широко розповсюджено застосування шаруватих покриттів лише в мікроелектроніці, при нанесенні захисних та декоративних покриттів. На залізничному транспорті такі технології не застосовувались. В літературі по цьому питанню можна зустріти суперечливі результати. Однак, не зважаючи на протилежність поглядів деяких науковців, переваги багатошаруватих покриттів перед моношаруватими є безспірними.

Отримувати шаруваті покриття можна різними методами. Вважаючи широкі можливості електролітичного методу, розглянемо саме цей метод.

Умовимось, що шаруватими ми будемо називати покриття, які складаються не тільки з різних металів, а і з одного металу, але з різною структурою. На сьогодні відомо декілька шляхів формування шаруватих покриттів. Один з них – постійним струмом з двох або декількох різних за складом електролітів в різних гальванічних ваннах. Подібні результати отримані при використанні постійного струму. Але, на наш погляд, більш ефективним є інше рішення – отримання багатошаруватих покриттів в одній ванні, в одному електроліті.

Нами запропоновано відновлення багатошаруватими покриттями, які складаються з мікрошарів і наносяться в одному електролізері за допомогою програмного електролізу. За допомогою «керованої» мікрошаруватості можливе формування покриттів з високим рівнем функціональних властивостей, а також стабілізувати їх.

В результаті досліджень нами встановлено, що програмний електроліз дозволяє отримувати відновлювальні залізні покриття, які у 2...3 рази мають більшу міцність і при цьому в 1,3...1,5 рази менші внутрішні напруження, ніж одношаруваті. Підвищення міцності багатошаруватих покриттів можна пояснити бар'єрним ефектом міжфазних границь і перебудовою внутрішньої структури шарів при зміні їх товщини. Помітне зміцнення шаруватих покриттів спостерігається вже при  $\delta \leq 0,1...0,2$  мкм. А зменшення внутрішніх напружень, імовірно, відбувається за рахунок отримання проміжних, відносно м'яких, тобто більш пластичних шарів.



## СНИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ РЕОСТАТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ ТЕПЛОВОЗОВ

Бондарь Е. А.

(Донецкий институт железнодорожного транспорта)

It is shown that at present an acceptable way of reducing the concentration of harmful substances in the surface layer of the atmosphere at rheostat test locomotives is their dispersion in a large volume of air. Channels are installed on diesel locomotive with a break at the gas flow, working as ejectors. We derive the equation of aerodynamic characteristics of the ejector device, recently agreed with the equation of diffusion of gases, obtained by the calculated dependence for determining the necessary height of ejector devices.

На пункте реостатных испытаний тепловоз является точечным источником выбросов вредных веществ. При этом токсичность отработавших газов более чем на 90% определяется наличием в них окислов азота. Расчеты разных авторов показывают, что в приземном слое атмосферы концентрация вредных веществ превышает допустимые пределы в 6...30 раз.

Известные способы уменьшения образования вредных веществ позволяют снизить их уровень на 20...30% и не обеспечивают снижение концентрации вредных веществ в атмосфере до допустимых пределов. Реальным путем снижения концентрации вредных веществ в атмосфере является их рассеивание в большом объеме атмосферного воздуха путем установки над тепловозом канала необходимой высоты.

Канал над тепловозом устанавливается с разрывом по газовому потоку. В этом случае в разрыве происходит эжектирование (подсасывание) атмосферного воздуха и установленный канал является эжектором, в котором отработавшие газы являются эжектирующим потоком, а подсасываемый воздух – эжектируемым потоком. При этом количество газовой смеси, её температура и скорость выхода в атмосферу зависят от количества эжектируемого воздуха и геометрических размеров канала. Эти же параметры газовой смеси определяют, согласно методике ОНД-86, концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы.

Для учета влияния геометрических размеров эжекторного устройства разработана его аэродинамическая характеристика, выполнено совместное решение аэродинамической характеристики эжекторного устройства и уравнения рассеивания газов по методике ОНД-86.

На основе этих решений разработана методика определения рациональных параметров эжекторного устройства, обеспечивающая снижение концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы до допустимых пределов.

Расчетами показано, что за счет выбора рациональных параметров эжекторного устройства его необходимая высота, а соответственно, и расход металла примерно в 1,5 раза меньше по сравнению с установкой цилиндрического канала такого же диаметра.

## НАГРУЗКИ НА РЫЧАГИ АВТОТОРМОЗОВ ЛОКОМОТИВОВ

Гагин Л. Ф., Довбня Н. П., Бондаренко Л. Н., Любка В. С.<sup>1</sup>  
(ДНУЖТ, 1 - Приднепровская железная дорога, г. Днепропетровск)

Power in lever of locomotives

Рост скоростей движения поездов на железных дорогах Украины требует повышенного внимания к тормозным системам локомотивов и совершенствования организации труда и отдыха локомотивных бригад.

Регулирование скорости движения поезда зависит от профиля пути. Наиболее ответственным и сложным является снижение скорости путем определенной степени торможения. В процессе торможения поезда и, соответственно, локомотива возникают высокие нагрузки в деталях тормозной системы. Большие усилия (до пяти тонн) воспринимают рычаги тормозной рычажной передачи, что в свою очередь, связано с величинами нажатия тормозных колодок на бандажи колесных пар и зависит также от величины сил трения между этими элементами.

Существующие методики расчетов по тормозным системам корректировались в основном по усовершенствованию расчетных схем. Однако в тормозных расчетах должен учитываться угол охвата тормозной колодкой колеса т.к. при увеличении угла охвата колеса с  $60^0$  до  $90^0$ , при уточнении расчетов, отклонение усилий в рычаге тормозной системы возрастает с 4,5% до 11%.

Соответствующие расчеты позволяют уточнить величины сил, передающихся на горизонтальные и вертикальные рычаги при торможении, а также усилия на тяги, соединяющие плечи рычагов.

Предложенная авторами данного доклада методика уточнения усилий в тормозной рычажной передаче позволяет выявить отклонения между фактическими и расчетными силами. Кроме того, можно уточнить усилия, действующие на буксовую направляющую. При этом усилия оказываются выше установленных на 3,4%. Такой величиной можно бы пренебречь, но необходимо учесть, что они относятся к тормозам.

При торможении на раму тележки действуют инерционные силы от кузова и наддрессорного строения самой тележки, а также усилия от тормозной системы. Инерционные силы от кузова и рамы вызывают перераспределение нагрузок между тележками и колесными парами, а также вызывают изгиб рамы в горизонтальной плоскости.

Анализ произведенных расчетов позволяет сделать вывод о том, что величина силы трения между тормозной колодкой и бандажом определяется с отклонением от законов трения скольжения и без учета угла обхвата колодкой колеса, поэтому требуются определенные уточнения расчетов усилий в рычагах тормозной системы, а также усилий в раме тележки при торможении.

## ТЕНДЕНЦІЇ ВИРШЕННЯ ПРОБЛЕМ РЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Данілевський В. І., Білюк О. Ю.  
(Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ)

1. Внесення тлумачення в комплексну програму оновлення залізничного рухомого складу УЗ, щодо технічного завдання по розробці нових локомотивів, що задоволь-

няли б вимоги сьогодення до їх технічного оснащення. Надати технічні вимоги до характеристик майбутнього тягового рухомого складу.

2. Створення під егідою уряду при Академії Наук України наукової робочої групи, яка розглянула б технічні вимоги до нових локомотивів і розробила технічне завдання по їх виробництву, опираючись на наукові і технічні потужності вітчизняних університетів (ДНУЗТ ім. В.Лазаряна, УкрАЗТ, ДЕТУТ) і підприємств (ВАТ «Запорізький електровозоремонтний завод», ДХК «Луганськтепловоз», ДЕВРЗ та ін.).

3. Розробити більш конкретизовану програму оновлення тягового рухомого складу Укрзалізниці з урахуванням фінансування повного відтворення залізничного рухомого складу за рахунок амортизаційних відрахувань.

4. Перевести програму ремонту – з планово-попереджувальної на моніторингову систему ремонту, що в свою чергу зумовлює потребу в розробці програмного забезпечення для системи моніторингу і власне розробку моніторингової системи.

5. В моніторингову систему ремонту внести критерії оцінки технічного стану вузлів, агрегатів і інших частин локомотивів, які пов'язані з забезпеченням безпеки руху, звернувши особливу увагу на технічний стан тягових агрегатів.

6. По результатах моніторингу технічного стану складових визначати терміни проведення капітальних ремонтів.

7. При проведенні капітальних ремонтів особливу увагу приділити комплексним випробовуванням електричних машин, колісних пар і інших відповідальних складових частин локомотивів.

При проведенні комплексних випробовувань одним з ключових моментів являтиметься повна автоматизація технологічного процесу. Мається на увазі удосконалення програм випробовування, зниження до мінімального впливу людського фактору, що так чи інакше може вплинути на результати оглянутих та відремонтованих деталей. Втручання людини в процес потрібно довести до ролі спостерігача-статиста, і ні в якому разі не оператора системи.

8. Для побудови і налагодження нової, для Укрзалізниці, системи потрібні будуть високопрофесійні спеціалісти галузі цілому й спеціалісти, що мали досвід впровадження системи в інших країнах з подібними кліматичними і експлуатаційними умовами.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ УДАРОВ НА ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС КУЗОВОВ ЛОКОМОТИВОВ

Озерная Е. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The ways of influence of longitudinal impacts on a residual resource of frame bodies of locomotives are discussed in the given work

Наиболее частыми режимами сверхнормативных нагружений маневрового тягового подвижного состава являются продольные удары. При этом, касательные нагружения на боковые балки рамы кузова локомотива, обусловленные нарушениями габарита, как правило, не приводят к их аварийному состоянию. Наиболее опасными для уменьшения несущей способности и ресурса кузовов следует считать продольные нагружения с передачей ударного взаимодействия через автосцепное устройство, либо консольную часть их рам.

Визуально наблюдаемыми последствиями таких нагружений являются:

- разрыв или трещины узла стяжного ящика рамы кузова и (или) опорных плит поглощающих аппаратов автосцепки;
- остаточные пластические деформации лобового бруса рамы кузова локомотива со стороны удара;
- видимые деформации продольных балок рам кузовов, особенно в их консольных частях;
- различные комбинации перечисленных выше признаков.

Величины и характер указанных деформаций могут быть достаточно точно измерены и служить критерием для оценки величин и характера приложения сверхнормативной нагрузки. Для получения оценки величины воспринятого кузовом усилия возможно использование нижеизложенных методик.

Предлагаемые методики оценки влияния на остаточный ресурс рам кузовов локомотивов при продольных сверхнормативных нагрузках на ресурс кузова могут быть построены следующим образом. Все современные программные среды для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) несущих конструкций позволяют решать указанные задачи с учетом реологии конструкционных материалов. При этом случай первого из рассмотренных выше последствий приводит к решению упругопластической квазистатической задачи потери прочности стяжного ящика с последующей оценкой воспринятого кузовом усилия. В случае деформаций лобового бруса, решается обратная задача определения усилия растяжения, которое «выправляет» известным образом исходно деформированную конструкцию. При деформациях продольных балок мы имеем дело с продольным упругопластическим изгибом, при этом решение задачи производится с привлечением теории упруго-пластического шарнира.

Выполнив, в каждом конкретном случае, основную задачу определения максимальных усилий при продольном ударе и оценив соответствующие напряжения, можно оценить наработку, полученную кузовом локомотива при ударе.

Имея в распоряжении величину наработки, можно оценить ее вклад в суммарную наработку конструкции до разрушения, что и является решением задачи. Прочность сварных соединений рамы кузова может быть при этом оценена традиционными методами, путем коррекции полученных результатов с учетом концентрации напряжений.

Следует отметить, что сверхнормативные нагрузки, воспринимаемые узлами стяжного ящика рамы кузова или его консольной частью, отнюдь не являются причиной существенного уменьшения ресурса основных балок рам кузовов, что должно быть оценено в каждом конкретном случае.

## ЩОДО РОЗРОБКИ БОРТОВИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

Боднар Є. Б.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Підвищення надійності роботи тягового рухомого складу при одночасному зниженні трудомісткості ремонту, а також експлуатаційних витрат, вимагає комплексної реорганізації робіт в локомотивному господарстві. Для цього необхідно докорінно змінити систему технічного утримання локомотивного парку.

Існуюча планово-попереджувальна система ремонту локомотивів не відповідає сучасним вимогам. Вона не враховує експлуатаційні умови, знос локомотивів, інтенсивність їх використання, конструктивні особливості. Ефективність технологічних процесів при проведенні ТО і ПР локомотивів безпосередньо залежить від рівня механізації, впрова-

дження передових і ресурсозберігаючих технологій, діагностичних комплексів, а також від підвищення технічних знань персоналу.

Однією з основних складових, що визначають ефективність роботи залізничного транспорту, є безвідмовна робота одиниць рухомого складу. У зв'язку з цим необхідно здійснювати постійний контроль технічного стану та підтримання показників надійності, що неможливо без відповідної організації робіт по технічному обслуговуванню та ремонту.

Виникає питання, якою має бути сучасна система технічного обслуговування і ремонту рухомого складу, що повинна вона в себе включати і якими властивостями володіти?

Для процедури діагностування можуть використовуватися стаціонарні, переносні та бортові технічні засоби діагностування.

Бортові технічні засоби діагностування повинні будуватися на базі вбудованих технічних засобів (датчиків, перетворювачів, джерел живлення), що використовуються в системах управління і регулювання локомотива.

На етапі розробки системи діагностування необхідно провести оцінку контролепридатності обладнання, зробити вибір контрольованих параметрів, визначити і обґрунтувати їх нормативні значення та задати достовірність діагнозу.

Сучасна система ремонту передбачає створення обсягу технічного обслуговування і ремонту локомотива за його фактичним станом.

Її основними завданнями є:

- формування обсягу робіт для чергового ТО і ПР кожної тягової одиниці з урахуванням результатів її діагностування перед ТО і ПР та прогнозування залишкового ресурсу ряду лімітуючих вузлів, з урахуванням:

- результатів попередніх вимірювань їх контрольованих параметрів;
- статистичної залежності ймовірності відмови таких вузлів від величини їх напруження;

- інших даних, що містяться в базі даних та бортовому журналі;

- ведення «електронних досьє» тягових одиниць рухомого складу на базі «електронних паспортів» основного обладнання, що включають дані про відмови і пробіг, ТР і ПР, перестановки його з локомотива на локомотив, діагностичні перевірки, огляди, виміри, випробування і т. і.

Слід відзначити, що розміщення на локомотиві додаткових засобів діагностування повинно мати техніко-економічне обґрунтування і не повинно призводити до зниження надійності систем управління і регулювання.

## Секция 3

## «Усовершенствование конструкции и технологии ремонта вагонов»

## АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ НА ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ КОЛІС

Анофрієв В. Г., Мурадян Л. А., Міщенко А. А.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

У цей час в експлуатації на вантажних вагонах України встановлені колеса двох марок сталі: серійної - марки 2 і підвищеної міцності - марки Т.

Створення коліс підвищеної міцності марки Т було обумовлено тим, що більша частина пошкоджень доводилася на знос гребенів коліс марки 2. Розробка та впровадження коліс марки Т спрямовано на збільшення ресурсу коліс, збільшення їхнього міжремонтного пробігу, зниження витрат на утримання вагонів в експлуатації.

У цей час почастішали випадки появи на поверхні кочення коліс вищербин, які вимагають обточування поверхні кочення, а це значно зменшує термін служби коліс. Причин виникнення вищербин може бути декілька: металургійні браки, специфічність експлуатації вагонів, порушення технології ремонту колісних пар, наслідки утворення повзунів, вплив гальмівних колодок та ін.

При виконанні даної роботи були проведені: аналіз пошкоджень колісних пар з колесами підвищеної міцності марки Т у кількості 15760 колісних пар та колесами стандартного виконання марки 2 у кількості 106266 колісних пар за 9 місяців 2009 року на залізницях України; проаналізовані за 4 місяці у вагонному депо станції Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці параметри основних типів пошкоджень (вищербини, повзуни) на поверхні кочення коліс марок Т і 2 відповідно у 249 і 491 колісних парах, а також проаналізовані результати експлуатаційних випробувань коліс у дослідних маршрутах ДПТУ (Роковата-Ужгород-Кошице) у період із січня 2007 по теперішній час.

За результатами обстеження коліс марок 2 і Т на дорогах України пошкодженими виявилися 79% обстежених коліс марки 2 і 81% коліс марки Т. Таким чином, колеса марки Т пошкоджуються на 3,8% більше, ніж колеса марки 2.

Переважаючим дефектом поверхні катання є вищербини. Даний дефект спостерігається у 50% коліс марки 2 і у 62% коліс марки Т, тобто вищербин на колесах марки Т утворюється на 24% більше, ніж на колесах марки 2.

Наявність повзунів на колесах марок 2 і Т приблизно однакова та становить 27% і 26% відповідно. Кількість повзунів на колесах марки 2 більше на 3,8%, чим на колесах марки Т. Це можна пояснити їх більш низькою твердістю (марка 2 - 280-290 НВ; марка Т - 321-337 НВ).

Глибина повзунів на колесах перебуває у діапазоні від 0,4-0,6 мм до 2,2-2,4 мм.

Відносна кількість повзунів глибиною до 1 мм включно на колесах марки 2 (14%) значно більше, ніж на колесах марки Т (1%), тобто більше в 13 разів. Це можна пояснити більшою опорою зношування менш твердих коліс марки 2 при нагріванні коліс у місці повзуна не вище температури реструктуризації.

Не менш 25% повзунів на поверхні кочення коліс утвориться в результаті гальмування вагонів на сортувальних гірках станцій за допомогою гальмівних башмаків і вагонних сповільнювачів.

За час експлуатаційних випробувань коліс марки Т у дослідній партії ДПТУ (200 колісних пар) у період з січня 2007 по теперішній час через наднормативні вищербини та повзуни було відчеплене в поточний відцеплювальний ремонт 5 вагонів (5 колісних пар).

Повзуни та відносно низька ударна в'язкість матеріалу коліс є основними причинами утворення вищербин на поверхні кочення коліс, зокрема ударна в'язкість коліс марки 2 становить  $4 - 4,2 \text{ кгс/см}^2$ , а коліс марки Т –  $2,3 - 3,4 \text{ кгс/см}^2$ .

Пошкодження коліс, які обумовлені впливом гальмівних колодок на поверхню кочення коліс (навари та кільцеві виробки) становлять для коліс марки 2 - 4%, а для коліс марки Т - 1%. Колеса марки Т в 4 рази більше стійки до пошкоджень даного типу, чим колеса марки 2.

Пошкодження поверхні кочення коліс у вигляді зносу та пластичної деформації (зменшення товщини гребеня, вертикальний підріз гребеня, рівномірний і нерівномірний прокат) становить для коліс марки 2 - 19%, а для коліс марки Т - 11%. Пошкоджень даного типу на колесах марки 2 виникає на 72% більше, ніж на колесах марки Т.

Довговічність - середній пробіг до переточування колісних пар з колесами марки Т не менше ніж на 31% більше, ніж у колісних пар з колесами марки 2.

Основними напрямками досліджень, спрямованих на зниження пошкоджуваності поверхні кочення коліс є вдосконалювання методів регулювання швидкості руху вагонів на гірках сортувальних станцій і підвищення ударної в'язкості матеріалу коліс.

## АНАЛИЗ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА АККУМУЛЯТОРНЫХ БОКСОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Афанасьев В. П., Емельянов А. Л.  
(СПбГУНИПТ, г. Санкт-Петербург)

In this study are analysis causes of lowering capacity of accumulator. Heat calculation are provides for subsequent research of problem.

Одним из критериев эффективности системы электроснабжения, применяемой в эксплуатируемых пассажирских вагонах, является эффективная работа аккумуляторных батарей вагона. Поэтому необходимо оптимальное использование и хранение электроэнергии аккумуляторных батарей. В зимний период аккумуляторы заметно снижают свою емкость и не обеспечивают необходимого запаса электроэнергии, когда поезд движется со скоростью ниже 35 км/час или стоит на станциях.

В данной работе анализируются причины снижения емкости аккумуляторных батарей и приводится расчет теплового баланса аккумуляторного бокса для дальнейшего исследования проблемы.

Проблему снижения емкости в зимний период можно решить двумя способами: либо увеличить количество аккумуляторных батарей, что недопустимо из-за конструктивных особенностей бокса, либо создать систему подогрева в холодные дни. Считается, что проблему недостатка электроэнергии можно снять, если температура аккумуляторных банок не будет опускаться ниже  $0^{\circ}\text{C}$ .

Расчет проводился для аккумуляторного бокса пассажирских вагонов ОАО «Тверской вагоностроительный завод». Каждый бокс состоит из трех секций по 15 аккумуляторов каждая. В тепловом отношении секция из 15 батарей в отсеке может считаться самостоятельным тепловым объектом, внутри которого действует внутренний тепловой источник с хаотично изменяющейся во времени мощностью. Так как внутренние источники действуют и изменяются внутри каждой банки синхронно, то можно упрощенно принять, что вся секция банок под воздействием внутренних источников разогревается, сохраняя практически равномерное температурное поле.

Зная технические характеристики бокса и батарей можно определить показатель тепловой инерционности секции решив уравнение теплового баланса секции. В процессе подзарядки аккумуляторов максимальная мощность источников тепла, действующих внутри секции, может составлять 500 Вт. Ориентировочное значение показателя тепловой инерционности секции равно 8 часам. В реальных условиях непрерывная подзарядка производится не более двух часов. Поэтому средний перегрев аккумуляторных банок в современных вагонах обычно не превышает  $5^{\circ}\text{C}$ , что недостаточно для поддержания температуры не ниже  $0^{\circ}\text{C}$ .

По результатам расчета предложены некоторые способы решения повышения перегрева: продувка бокса подогретым воздухом, частичное или короткое замыкание аккумуляторных батарей, подогрев каждого аккумулятора в отдельности, изолирование теплоизоляции стенок бокса.

## СМЕШАННАЯ ТОРМОЗНАЯ СИСТЕМА ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Бабаев А. М., Брундуков Е. М.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The new brake system was suggested on the basis of analysis of standard and carriage bagie`s circuitry.

Грузовые вагоны магистральных железных дорог в течение длительного времени их эксплуатации оборудуются типовыми тормозными схемами. В зависимости от назначения вагона тормозные приборы размещают в его средней поперечной плоскости (универсальные) или на консольных частях рамы вагона (бункерные). Как показал опыт эксплуатации таких тормозов, они не обеспечивают равномерного нажатия тормозных колодок, а их механическая часть требует профессиональной настройки и систематической регулировки в процессе эксплуатации.

С целью повышения качества работы тормозов грузовых вагонов начала внедряться в практику вагоностроения схема раздельного или потележечного торможения. В этом случае размещение тормозных элементов преимущественно или полностью осуществляется на каждой из тележек вагона. Такое торможение рекомендуется как для универсальных, так и специализированных вагонов новой постройки. Анализ исследований схем раздельного торможения показал, что неравномерность нажатий тормозных колодок, хотя и несколько в меньшей степени, имеет место и при потележечном торможении.

Более приемлемым, на наш взгляд, является использование на грузовых вагонах смешанной тормозной системы. Она представляет собой комбинацию типовой механической части, но с авторегулятором, вместо затяжки горизонтальных рычагов, и двумя тормозными цилиндрами с оппозитным расположением штоков тормозных цилиндров. Последние могут быть единым или раздельным узлом. Пневматическая же часть включает воздухораспределитель, вмонтированный непосредственно в тормозную магистраль и два автоматических грузовых регулятора режима торможения (авторегима). Каждый из авторежимов управляет работой своего тормозного цилиндра. Функцию выравнивания нажатий тормозных колодок выполняет тормозная рычажная передача. При этом смешанная тормозная система предусматривает применение известных эксплуатационникам и ремонтникам тормозных приборов и способы их обслуживания и ремонта.



## СИНЕРГЕТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ІННОВАЦІЙ В СИСТЕМІ ТЕХНІЧНОГО УТРИМАННЯ ВАГОНІВ

Борзилов І. Д.  
(УкрДАЗТ, м. Харків)

Within the framework of synergistical approach the stochastic of innovative process in the system of technical maintenance of carriages and influence on these processes of development of виробничо-технічної base of carriage complex of railways which are a system factor was studied.

Синтез та аналіз синергетичних моделей інноваційних процесів в технічних системах стає останнім часом особливо актуальним. Це відбувається унаслідок того, що технічні системи, у тому числі й система технічного утримання (СТУ) вагонів, є відкритими системами і володіють здібностями до самоорганізації і адаптації, тому представляється перспективним підхід до підвищення ефективності їх використання через розпізнавання, аналіз, прогнозування і управління процесами самоорганізації. Цей підхід є головною складовою частиною системного управління і припускає розгляд системи управління як цілісну сукупність елементів. У цій сфері синергетичні моделі потрібні для виявлення «вузьких місць», що виникають в ході розвитку системи. У разі побудови адекватних моделей можуть бути проаналізовані альтернативні стратегії і виданий прогноз розвитку системи. Крім того, в ході верифікації моделей стає ясно, якою інформацією про досліджувану систему ми не володіємо. Це може стати важливим стимулом для проведення подальших досліджень системи. Нарешті, моделі, на відміну від загальних підходів, допускають конкретнішу і аргументовану критику.

Всі динамічні моделі, як аналітичні, так і ті, що допускають лише обчислювальний експеримент, можна умовно розділити на дві групи. До першої відносяться моделі зростання ефективності використання вагонів за рахунок удосконалення СТУ, до другої – моделі коливань ефективності використання. Хоча коливальна динаміка в більшій мірі відповідає реальним процесам в порівнянні з поведінкою моделей зростання, проте виявлення «вузьких місць» останніх, зокрема вплив дій, що управляють, на поведінку траєкторій моделей зростання, представляє також науковий і практичний інтерес.

Однією з поширених нелінійних моделей зростання ефективності використання вагонного парку, за рахунок удосконалення системи технічного утримання, є модель розповсюдження (дифузії) інновацій. Моделювання інноваційних процесів є необхідним для розуміння природи і організації системного синтезу та аналізу нововведень.

В рамках синергетичного підходу досліджувались стохастичність інновацій і вплив на цей процес такого системоутворюючого чинника, як взаємозв'язок СТУ вагонів з іншими підсистемами.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ СОЧЛЕНЕННОГО ТИПА

Бубнов В. М., Мямлин С. В.<sup>1</sup>, Гуржи Н. Л., Юрцевич И. В.<sup>2</sup>  
(ООО «ГСКБВ», г Мариуполь, 1 - ДНУЖТ, г.Днепропетровск, Украина,  
2 - Регистр сертификации на Федеральном ж.д. транспорте РФ, г.Москва)

In report dynamics of new model of flat car is presented. Results of experimental investigations are done.

Совершенствование подвижного состава для перевозки грузов, а особенно контейнеров, является актуальной задачей для железнодорожного транспорта.

На ОАО «Азовмаш» совместно с ДИИТом разработан и изготовлен опытный образец вагона-платформы модели 13-1839. Данная платформа прошла предварительные испытания. Методика испытаний разработана исходя из требований нормативной документации. В объем испытаний опытного образца платформы были включены статические испытания на прочность, испытания на соударение, стационарные тормозные испытания, испытания по прохождению кривых малого радиуса, испытания по прохождению сортировочных горок.

Основными задачами предварительных испытаний являются следующие:

- исследование и оценка напряженного состояния конструкции платформы и ее узлов при действии заданных статических нагрузок, имитирующих основные расчетные эксплуатационные нагрузки;

- исследование и оценка напряженного состояния, и проверка прочности конструкции платформы и ее сборочных единиц при действии нормируемых ударных нагрузок;

- оценка технического состояния, проверка функционирования и соответствия устройств и приборов тормозного оборудования технической документации на платформу, определение основных характеристик тормозной системы в стационарных условиях, оценка тормозной эффективности платформы, проверка расчетным путем возможности удержания платформы стояночным тормозом на предусмотренном техническим заданием уклоне (30 %);

- проверка прохождения и автоматического сцепления платформы в кривых расчетных радиусов, проверка обеспечения прохода без саморасцепа платформы через сортировочные горки. Деформации в элементах конструкции платформы регистрируются при создании испытательных нагрузок, которые отражают основные эксплуатационные режимы. Для получения достоверных результатов при каждом режиме нагружения регистрация показаний проводится не менее трех раз при стабильных показаниях приборов.

Оценка напряженного состояния конструкции платформы производится путем сравнения величин эквивалентных напряжений от возможного в эксплуатации наиболее неблагоприятного сочетания одновременно действующих нагрузок с допускаемыми напряжениями. Напряженное состояние элементов конструкции платформы оценивается при I, III и ремонтных режимах эксплуатации.

Таким образом, на основании результатов предварительных испытаний опытного образца вагона-платформы можно сделать следующие выводы, что во всех исследованных зонах конструкции вагона-платформы для крупнотоннажных контейнеров эквивалентные напряжения не превышают допускаемые значения, при испытаниях на соударения остаточные деформации отсутствуют, обеспечивается проход платформой кривых малого радиуса, как в сцепе, так и одиночного вагона. Удовлетворительные результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о правильном выборе технических решений.

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ВАГОНА – ТЕРМОСА

Бубнов В. М., Мямлин С. В.<sup>1</sup>, Узбек А. В.  
(ООО «ГСКБВ», г Мариуполь, 1 – ДНУЖТ, г.Днепропетровск, Украина)

In article new design of thermo-car with innovation engineer solutions is describe.

В связи с активным развитием пищевой промышленности, возникла потребность в создании вагона-термоса нового поколения, который обеспечивал бы надежную защиту груза от перепадов температур при перевозках его на большие расстояния, а также отвечал бы современным требованиям по грузоподъемности и полезному объему.

Аналогичные по назначению вагоны-термосы производства «БМЗ» (Россия) и «Дессау» (Германия) представляют собой модернизированные рефрижераторные вагоны, поэтому, предлагаемая конструкция, разработанная на ОАО «Азовмаш», является единственной новой разработкой на территории стран СНГ и Балтии среди вагонов такого типа.

Вагон-термос модели 11-1807-04 предназначен для перевозки скоропортящихся и нескоропортящихся грузов, требующих защиты от атмосферных воздействий и резких перепадов температуры, по всей сети железных дорог колеи 1520 мм. Грузоподъемность вагона составляет 57,5 т при массе тары 36 т и полезном объеме кузова 145 м<sup>3</sup>.

Разработанная конструкция вагона-термоса представляет собой цельнометаллическую сварную конструкцию, которая состоит из кузова, крыши и рамы. К раме сверху, через специальные неметаллические прокладки, закреплены листы настила пола. Теплоизоляционный материал, который используется в вагоне – пенополиуретан, наносится методом напыления на собранную металлическую конструкцию, образуя монолитный слой. После нанесения изоляции производится облицовка внутренней поверхности кузова листами из оцинкованной стали, толщиной 0,8 мм. Благодаря оригинальным инженерным решениям, в конструкции вагона удалось минимизировать количество тепловых мостов посредством использования прокладок из стеклотекстолита и дерева, что позволило достичь коэффициента теплопередачи не более 0,25 Вт/(м<sup>2</sup>\*К).

Таким образом, при заданных технико-экономических показателях с использованием инновационных инженерных решений разработана современная конструкция изотермического вагона-термоса, который может стать базовым для организации перевозок скоропортящихся грузов железнодорожным транспортом.

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУВАГОНА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С ОСЕВОЙ НАГРУЗКОЙ 25 Т

Бубнов В. М., Мямлин С. В.\*, Фейерэйзен Е. А.  
(ООО «ГСКБВ», г Мариуполь, 1 - ДНУЖТ, г.Днепропетровск, Украина)

In report new design of open car with 25 ton per axle is describe.

Вследствие роста грузооборота, несмотря на кризисные явления в экономике, существует необходимость увеличения пропускной способности железных дорог. Из-за трудностей, связанных с постройкой новых и реконструкцией существующих железнодорожных линий, возможно решение данной проблемы за счет создания подвижного состава с улучшенными технико-экономическими показателями, в том числе с повышенной грузоподъемностью.

Одним из путей решения этой задачи при проектировании подвижного состава является переход к более высоким значениям осевых нагрузок - с 23,5 т/ось до 25 т/ось. Данное решение требует внесения целого ряда усовершенствований в конструкцию грузового вагона: тележек, способствующих уменьшению воздействия вагона на железнодорожное полотно, автосцепных устройств, основных несущих элементов и применяемых материалов, увеличивающих прочностные характеристики.

Полувагоны являются наиболее универсальным по номенклатуре перевозимых грузов и самым многочисленным видом грузовых вагонов (более 50% от общего количества подвижного состава), поэтому, исходя из современных требований, есть необходимость в создании полувагона нового поколения с нагрузкой 25 т/ось. При этом должны быть учтены современные направления развития подвижного состава:

1. Использование тележки с расчетной нагрузкой 25 т/ось, которая обеспечивает динамическую нагрузку на железнодорожное полотно на уровне тележки 23,5 т/ось за счет применения билинейного подвешивания.

2. Применение приварных упоров взамен клепаных для снижения трудоемкости и времени выполнения технологических операций при изготовлении полувагона.

3. Применение автосцепного устройства, рассчитанного на большие нагрузки, с износостойкой наплавкой корпуса автосцепки.

4. Использование хребтовой балки и несущих элементов рамы из стали 12Г2ФД с повышенными прочностными характеристиками.

Таким образом, реализация предложенных технических решений позволит создать полувагон, отвечающий современным требованиям, который способен поднять на новый качественный уровень вагоностроение и грузоперевозки.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КУЗОВІВ ВАГОНІВ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМИ ПОРОМАМИ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ ЗБЕРЕЖЕННЯ

Візняк Р. І., Ловська А. О.  
(УкрДАЗТ, м. Харків)

Analysis of car fixing technologies on deck of railway-ferry vessels is carried-out. Main defects of typical scheme of car fixing that used in home international railway-ferry transportation are shown up. Their power influence on half-car body construction elements which used in car fixing in rough waves condition hydrometeorological character of vessel area of water are investigated.

Підвищення обсягів перевезень поміж країнами Євроазіатського континенту за останні роки вимагає створення площини з метою розширення економічно розвинених міжнародних транспортних коридорів. Важливу роль при цьому відіграють залізнично-поромні перевезення, як невід'ємна складова розвитку ефективної транспортної логістики країни.

Створення залізнично-поромних шляхів на Чорному морі розпочалося з середини ХХ сторіччя. Зараз у експлуатації України знаходяться поромні маршрути: Тамань – Керч (Росія – Україна), Іллічівськ – Варна (Україна – Болгарія), Іллічівськ – Поті/Батумі, Керч – Поті (Україна – Грузія), Іллічівськ – Дериндже (Україна – Туреччина) та перспективні.

З метою забезпечення стійкості кузова вагону проти зміщення та перекидання в умовах хвилювання моря технологічно виконується його закріплення відносно палуби поромного судна за допомогою комплексу багатообертових судових пристроїв.

Одним з головних недоліків традиційного способу закріплення і пристроїв взаємодії вагонів з палубою залізнично-поромних суден, які перешкоджають забезпеченню надій-

ності закріплення вагонів та збереженню їх в умовах морського хвилювання є непередбаченість у самій конструкції вагонів спеціальних місць закріплення ланцюгових стяжок за їх елементи, які повинні відповідати належним умовам за міцністю і перерозподілювати експлуатаційне навантаження.

На кафедрі “Вагони” УкрДАЗТ було вирішено задачі дослідження напружено-деформованого стану (НДС) конструкційних зон кузовів основних типів вагонів, які обертаються в міжнародному залізнично-водному сполученні і перевозяться закордон на поромних суднах при взаємодії їх з багатообертовими засобами закріплення. На підставі проведених розрахунків було встановлено, що напруження в елементах закріплення вагонів у всіх розглянутих випадках в декілька разів перевищують допустимі для марок сталей 09Г2Д та 09Г2С, що свідчить про те, що закріплення ланцюгових стяжок за такою схемою неприпустимо.

У зв’язку з цим пропонується оснащення парка вагонів, які перевозяться у міжнародних напрямках залізничними поромами, спеціальними конструкційними елементами для взаємодії з судовими пристроями закріплення вагонів.

Результати розрахунків дозволили зробити висновок, що еквівалентні напруження в конструкційних зонах вагонів в умовах основних видів качки поромного судна (вертикальної, кільової та бортової) знаходяться в межах допустимих, що забезпечує збереження їх при експлуатації в міжнародному залізнично-водному сполученні.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЯГОВОГО ХОМУТА АВТОЗЧЕПНОГО ПРИСТРОЮ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА

Волошин Д. І., Афанасенко І. М.  
(УкрДАЗТ, м. Харків)

The analysis of condition traction collars autocoupler freight cars operation specifies in growth number breaks. The carried out researches of the intense-deformed condition by a method of final elements and modeling of growth cracks has allowed offer changes a design traction collar.

Аналізуючи статистичні данні по відчепленню вагонів інвентарного парку Укрзалізниці в поточний ремонт за 2007-2008 рр., помітне збільшення числа зламів тягових хомутів на 25%. Причиною цього явища може бути: підвищення рівня навантажень при проведенні маневрових робіт, низька якість виготовлення, ремонту, технічного обслуговування виливків вагонного господарства. Одним з методів зменшення числа браків тягових хомутів та забезпечення безпеки руху є визначення напружено-деформованого стану тягового хомута, моделювання процесу розвитку тріщин у тягових смугах. Це дозволить спрогнозувати строк служби елементу і розробити заходи по модернізації конструкції.

Під час експлуатації на тягові хомути автозчепу діють зусилля, що приводять до виникнення тріщин.

Надійність тягового хомута в значній мірі визначається дефектами суцільності матеріалу. Дефекти можуть виникати як у процесі виготовлення, так і під час експлуатації вагона. Розміри дефектів, у наслідок яких виникає розвиток тріщин, є випадковими числами. Під час подальшої експлуатації довжина тріщини збільшується. На ріст тріщини впливають багато випадкових факторів експлуатаційного характеру.

Для того щоб зрозуміти, як веде себе конструкція при наявності дефектів матеріалу, необхідно розглянути руйнування як процес, що розвивається у часі.

Найбільш повну оцінку розвитку тріщини тягового хомута автозчепу можна отримати методом статистичного моделювання (методом Монте-Карло).

Дослідження росту тріщин утоми складається з наступних етапів:

- визначення зусиль, що діють на тяговий хомут при випадкових напруженнях;
- аналіз місця, форми і розмірів тріщин;
- дослідження напружено-деформованого стану тягового хомута;
- розрахунок коефіцієнтів інтенсивності напружень;
- аналіз закономірностей розвитку тріщин утоми;
- визначення критичних розмірів, при яких розвиток тріщини припиняється і настає руйнування конструкції.

На кафедрі «Вагони» УкрДАЗТ було вирішено задачі дослідження напружено-деформованого стану тягового хомута за допомогою методу скінчених елементів, моделювання розвитку тріщин у тягових смугах у відповідності до положень лінійної механіки руйнування та запропонована модернізована конструкція тягового хомута.

## ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПІВВАГОНІВ

Мороз В. І., Фомін О. В.  
(УкрДАЗТ, м. Харків)

In work by authors results over of calculation-experimental researches of the tensely-deformed state of construction railways gondola cars model 12-9745 made by SF «Ukrspetsvagon», and its verification are brought on adequacy.

Одним із пріоритетних напрямків розвитку залізничної вантажної галузі України, відповідно до Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, є раціоналізація її виробничих та експлуатаційних витрат, які напряду залежать від матеріалоемності вагонів. Це пов'язано з тим, що обсяг витрат матеріалів в вагонобудуванні безпосередньо впливає не тільки на собівартість вагонів, а ще й на собівартість вантажних перевезень. При цьому більше п'ятдесяти відсотків вантажоперевезень мережею залізниць України виконується напіввагонами [[www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)], що обґрунтовує актуальність розгортання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт по удосконаленню їх конструкції з метою зниження матеріалоемності.

За своєю суттю вирішення такої задачі на сучасному рівні доцільно здійснювати з використанням підходів та методів теорії оптимізації – наприклад оптимізаційного проектування конструкційних елементів напіввагону за критерієм мінімальної матеріалоемності. Вузловим питанням рішення такої задачі є оцінка напружено-деформованого стану кузова напіввагону з метою виявлення запасів міцності конструкційних елементів на які можливо спрямувати оптимізаційний пошук. Це доцільно робити методом скінчених елементів за допомогою сучасних програмних комплексів. При цьому достовірність отриманих результатів буде залежати від адекватності розрахункової скінчено-елементної моделі (СЕМ). Разом з тим шляхи оцінювання та забезпечення адекватності таких моделей для вітчизняних напіввагонів не знайшли достатнього висвітлення у науковій та спеціально-технічній літературі.

Авторами наводяться результати розрахунково-експериментальних досліджень напружено-деформованого стану конструкції напіввагону моделі 12-9745 виробництва ДП «Укрспецвагон». Для вирішення цієї задачі було розраховано у програмному комплексі COSMOSWorks її СЕМ, яка складається з 833677 елементів (скінчені елементи просторових тіл – тетраедри, тіл оболонки – трикутники) та 265916 вузлів. У якості досліджуваного випадку обрано випадок співударяння вагонів 3,5МН. При моделюванні зазначеного ви-

падку було враховано навантаження від: власної ваги кузова та ваги вантажу; удару; сил інерції: кузова, вантажу, візків.

Оцінка адекватності розрахункової СЕМ проводилась за результатами експериментальних досліджень напружено-деформованого стану напіввагону моделі 12-9745, які виконано, з використанням сучасних методик та вимірювально-реєстраційного обладнання ДП «УкрНДІВ», на ДП «Укрспецвагон» у рамках госпдоговірних робіт.

Порівняння результатів розрахунку та експерименту підтвердили адекватність розробленої розрахункової СЕМ. Розбіжність в визначенні максимальних еквівалентних напружень не перевищує 5%.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСУ ГАЛЬМОВИХ КОЛОДОК РІЗНИХ ВИРОБНИКІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мурадян Л. А., Брусякін В. К., Бабаєв А. М., Міщенко А. А.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Робота охоплює дослідження впливу колодок різних типів і різних виробників на поверхню кочення колісних пар вантажних вагонів з погляду зниження утворення на них різних дефектів.

Для проведення експлуатаційних випробувань були обладнані 20 вагонів дослідними гальмовими колодками різних типів і різних виробників, а саме наступні типи гальмових колодок виробництва ВАТ «Трібо» (м. Біла Церква): 2ТР-01, 2ТР-11-01, 2ТР-37, 2ТР-37-01 і виробництва фірми «RFPS» (Північна Америка): V641-P (таври «1», «2», «3», «4» відповідних кольорів: жовтого, червоного, синього, білого).

Під час руху вагонів з дослідними колодками у складі замкнутого маршруту постійний контроль здійснювався працівниками, які супроводжують вагони. Крім того, на станціях Придніпровської залізниці огляд цих вагонів перед навантаженням періодично проводився співробітниками ДНУЗТ, при цьому контролювався зовнішній стан поверхонь кочення коліс, гальмових колодок, гальмової важільної передачі, а також виконувався облік пробігу кожного вагона з початку випробувань.

На момент останнього огляду пробіг дослідних вагонів склав від 81 до 92 тис. км.

Товщина колодок обмірювалась в чотирьох перетинах, а поверхні тертя колодок і поверхні кочення коліс фотографувалися.

На підставі комісійних оглядів і аналізу результатів було відзначено наступне:

- стан всіх коліс із дослідними колодками задовільний, однак кількість дефектів на колесах з колодками «Кобра Тредгард» значно менше в порівнянні з колодками «Трібо»;
- колодки «Кобра Тредгард» сприяють запобіганню виникнення дефектів на поверхні кочення коліс, а також мають тенденцію до зменшення розмірів первісних дефектів;
- гальмові колодки «Кобра Тредгард» червоного і синього кольорів мали значні тріщини та вириви на робочій поверхні колодок аж до бракувального стану, деякі гальмові колодки білого та жовтого кольорів мали незначні вириви та тріщини в районі з'єднання композиційного матеріалу з металевими вставками;
- гальмові колодки «Трібо» мали незначні пошкодження робочої поверхні, в тому числі вириви та поперечні тріщини;
- поверхні кочення деяких коліс після контакту з колодками виробництва ВАТ «Трібо» мали пошкодження у вигляді ланцюжків вищербин;
- знос колодок виробництва ВАТ «Трібо» нижче в порівнянні зі зносом колодок виробництва компанії «RFPS».

На основі зробленого аналізу можна говорити про необхідність подальшого удосконалення матеріалу колодок як виробництва ВАТ «Трібо», так і виробництва «Кобра Тредгард». Також можна зазначити, що металеві вставки сприяють покращенню стану поверхні кочення коліс. Треба звернути увагу і на економічну складову, так як колодки виробництва ВАТ «Трібо» в 7 разів дешевші, ніж виробництва компанії «RFPC».

## ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ НОВОЙ ВАГОННОЙ ТЕХНИКИ В ОПЫТНЫХ МАРШРУТАХ

Мурадян Л. А., Бруякин В. К., Мищенко А. А.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

В течении нескольких последних лет сот рудниками кафедры "Вагоны" ДИИТа проводятся эксплуатационные испытания образцов новой вагонной техники в опытных маршрутах. Основной задачей испытаний является оценка работоспособности и надежности новых образцов по сравнению с прототипами, а также уменьшение износов поверхности деталей находящихся в постоянном контакте.

В настоящее время проходят испытания:

- полувагоны нового поколения модели 12-7023-01 на тележках модели 18-7020 постройки Крюковского вагоностроительного завода;
- вагоны с тележками нагрузкой 25 т/ось разных конструкций;
- вагоны с тормозными колодками «Кобра Тредгард» V641-PV производства компании RFPC (США) и колодками 2ТР-11, 2ТР-11-01, 2ТР-37, 2ТР-37-01 производства ООО «Трибо»;
- вагоны с восстановленными шейками и отверстиями шеек осей;
- литые колеса производства США;
- модернизированные тележки по технологии "А. Стаки".

Вагоны с опытными образцами сформированы в три маршрута, которые перевозят железную руду по направлению Кривой Рог - Ужгород.

При проведении эксплуатационных испытаний во время поездок, комиссионных и внеочередных осмотрах фиксируются следующие показатели:

- толщина гребня;
- наличие подреза гребня или его остроконечного проката;
- величина зазоров в пятниковом узле и челюстях букс;
- износы фрикционных планок и клиньев;
- износы тормозных колодок.

Также контролируются внешнее исправное состояние кузова вагона и его ходовых частей и ударно-тяговые устройства.

При регистрации перечисленных параметров фиксируется и величина пробега полувагона.

Количественные показатели соответствующих износов сравниваются с аналоговыми, вычисляются статические показатели и рассчитывается интенсивность износа на каждые 10000 км пробега.

Достоверность полученных результатов эксплуатационных испытаний определяется количеством объектов испытаний и определяется продолжительностью их проведения.

По результатам эксплуатационных испытаний образцов новой вагонной техники, строят графики износа в зависимости от пробега, составляются выводы и предложения по поводу эксплуатационных качеств испытываемых образцов.



## ВАРИАНТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВАГОНРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ГИБКИЙ ПОТОК ДЛЯ РЕМОНТА ВАГОНОВ

Мямлин В. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Feasible composition solutions for sections which make the main car repair line are being considered. A special attention is given to a car repair line consisting of alternating repair and transport spans.

При анализе генерального вагоноремонтного потока можно выделить отдельные функциональные участки: участок подготовки вагонов к ремонту, главный ремонтный участок и участок окраски вагонов. Возможны следующие варианты организации генерального вагоноремонтного потока: прямоточный поток, П-образный поток, Z-образный поток. При прямоточном и Z-образном потоке подача вагонов в ремонт и выпуск их из ремонта осуществляются с противоположных сторон главного производственного корпуса. При П-образном потоке – с одной и той же стороны. Конфигурация генерального потока определяет и расположение других участков и отделений депо, а также и конфигурацию главного производственного корпуса.

Центральной структурой генерального вагоноремонтного потока является главный ремонтный участок. В основу организации производственного процесса на главном ремонтном участке должен быть положен асинхронный гибкий поток ремонта вагонов. Этот участок состоит из ремонтных и транспортных пролётов. Ремонтный пролёт предназначен для ремонта вагонов, а транспортный – для транспортировки вагонов между позициями. Обратим внимание на то, что в таких структурных вариантах депо ремонтируемые вагоны располагаются не вдоль строительных пролётов, как в обычных депо, а поперёк пролётов. В формуле структуры участка ремонтный пролёт будем обозначать буквой «Р», а транспортный пролёт буквой «Т».

Возможны следующие варианты расположения ремонтных и транспортных пролётов:

- вариант расположения ремонтного пролёта с одной стороны от транспортного пролёта. Формула структуры участка  $P/T$  ( $T/P$ ). Однако при этом варианте нерационально используются возможности трансбордерной тележки;
- вариант расположения ремонтных пролётов по обе стороны от транспортного пролёта. Формула структуры участка приобретает вид -  $P/T/P$ . В этом случае возможности трансбордерной тележки могут быть использованы более эффективно;
- вариант поочерёдного расположения ремонтных и транспортных пролётов. Формула структуры участка -  $P/T/P/T$ . Этот вариант может быть использован при большой программе ремонта. С целью уменьшения нагрузки основного транспортного пролёта используется дополнительный транспортный пролёт;
- вариант симметричного расположения пролётов. Формула структуры -  $P/T/P/T/P$ . В этом варианте каждый транспортный пролёт имеет возможность кроме своего ремонтного пролёта (крайнего) обслуживать ещё и средний пролёт.

Ширина транспортных пролётов (коридоров), в зависимости от возможностей трансбордерной тележки, может быть 18 или 24 м. В том случае, если конструкция трансбордерной тележки позволяет ей самой осуществлять загрузку-выгрузку вагонов, то может быть использован транспортный пролёт шириной 18 м. В том случае, если трансбордерная тележка осуществляет только поперечные перемещения вагонов, а для их продольного перемещения дополнительно нужен транспортный электротягач на автомобиль-

ном ходу, то должен быть использован пролёт шириной 24 м. Для ремонтных пролётов необходима ширина 24 м.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОТОЧНОГО ВАГОНРЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ АСИНХРОННЫХ ГИБКИХ ПОТОКОВ

Мямлин В. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Existing “rigid” car repair lines are subjected to criticism. The conclusion that in repair which has probabilistic nature these lines are having no prospects is made. It is proposed to use asynchronous flexible lines at car repair.

Повышение качества ремонта вагонов, сокращение сроков простоя вагонов в ремонте, снижение себестоимости ремонта – это те задачи, которые постоянно стоят на повестке дня перед вагоноремонтными предприятиями.

Стационарный метод ремонта не позволяет повысить производительность труда.

Переход на поточные методы ремонта был положительным шагом на пути совершенствования научно-технического прогресса в вагонном хозяйстве. Он дал возможность оснастить рабочие места необходимым технологическим оборудованием, что в свою очередь позволило существенно повысить производительность труда. Применение поточных методов способствует комплексной механизации и автоматизации производства. Однако этот индустриальный метод после определённого скачка остановился на месте и даже пошёл на убыль. Причина в том, что он оказался очень чувствителен к вероятностному характеру вагоноремонтного производства. Множество случайных факторов, влияющих на ритмичную работу поточных линий, сводит на нет все преимущества этого метода организации производственного процесса. Слепое копирование всех поточных методов и форм, применяемых в машиностроении, для нужд вагоноремонтного производства, не дало, в конце концов, ожидаемых результатов.

Для нормальной работы «жёстких» поточных линий необходимо, чтобы завершение работ на позициях оканчивалось бы в одно и тоже время. Так как этого достичь практически не удаётся, то происходят сбои такта. Как показала практика направлять огромные усилия на достижение синхронизации выполнения ремонтных операций на позициях нет никакой необходимости.

Таким образом, можно сказать, что существующие «жёсткие» поточные линии уже исчерпали свои возможности. Для вагоноремонтного производства они являются бесперспективными. Но это ни в коем случае не говорит о том, что вообще исчерпаны возможности поточных методов ремонта. Альтернативы на сегодняшний день потоку нет. Просто нужны более совершенные его разновидности.

Производственный процесс должен быть организован таким образом, чтобы технологический процесс ремонта каждого отдельного вагона мог бы легко встраиваться в общий технологический процесс всего генерального потока. Этого можно достигнуть за счёт постепенного перехода от «жёстких» однопредметных линий к многопредметным асинхронным потокам. Поэтому при новом строительстве вагонных депо обязательно необходимо предусматривать только поточные структуры, реализуемые в гибких вариантах. Нужно переходить к высокопроизводительным индустриальным методам ремонта. Необходимо в депо одновременно ремонтировать различные типы вагонов и выполнять несколько видов ремонта (деповской, капитальный). Основной акцент должен быть сделан

не на специализации поточных линий по типам вагонов, а на специализации ремонтных позиций по видам выполняемых технологических работ.

Таким образом, следующим этапом на пути эволюции поточного вагоноремонтного производства должны выступить асинхронные гибкие потоки ремонта вагонов. Они лишены недостатков, присущих «жестким» и «полужестким» поточным линиям.

## ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА НА ТЕЛЕЖКАХ С ПНЕВМОРЕССОРАМИ

Мямлин С. В.<sup>1</sup>, Приходько В. И.<sup>2</sup>, Дузик В. Н.<sup>2</sup>, Жижко В. В.<sup>1</sup>

(1 – ДНУЖТ, г. Днепропетровск, 2 – Крюковский вагоностроительный завод)

In report dynamic parameters of a new model of passenger car bogies are presented. Results of theoretical research are done.

Целью настоящей работы является предварительное оценивание динамических показателей купейного пассажирского вагона модели 61-779 на тележке 68-7041 для определения допустимой скорости движения, а также выбор параметров пневморессоры для возможного увеличения скорости движения вагона. Для выполнения расчетов необходимо знать инерционные параметры (массы и моменты инерции относительно главных осей) элементов конструкции вагона, силовые характеристики связей, соединяющих эти элементы, и координаты точек приложения этих связей к каждому из объектов. Для буксовой ступени подвешивания принято решение считать силовые характеристики тележки 68-7041 аналогичными характеристикам тележки 68-7007. Для массы кузова 49т вертикальная жесткость пневморессоры составила 484кН/м, а поперечная 201кН/м. После выбора вертикального хода пневморессоры в работу вступает дополнительная пружина, вертикальная жесткость которой равна 3750 – 3900кН/м, принято – 3825кН/м.

Вначале выбраны возмущения (неровности), действующие со стороны пути, которые будут в дальнейшем использованы при оценке динамических качеств тележки 68-7041. Для выбора неровностей выполнено моделирование движения по прямому участку пути, эксплуатируемого в настоящее время на железных дорогах Украины пассажирского вагона на тележках КВЗ-ЦНИИ. Амплитуда неровностей задана такой, чтобы динамические показатели оставались в допустимых пределах вплоть до конструкционной скорости движения пассажирских тележек КВЗ-ЦНИИ равной 160км/ч. Таким образом, пассажирский вагон на тележках КВЗ-ЦНИИ окажется в условиях близких к эксплуатационным. При этом очевидно, что интенсивность возмущений будет несколько завышенной, что пойдет в запас безопасности движения. Далее выполнены сравнительные расчеты в диапазоне скоростей до 250км/ч для пассажирского вагона на тележках КВЗ-ЦНИИ и вагона модели 61-779 на тележках 68-7041.

Для вагонов модели 61-779 на тележках 68-7041 величины динамических показателей укладываются в допустимые пределы при скоростях до 200км/ч, кроме величины  $K_{дгб}$  и, как следствие этого, величины  $K_u$ . В центральной ступени подвешивания вертикальная динамика и плавность хода в вертикальном и горизонтальном направлении ниже допустимых значений при скоростях до 250км/ч. Следовательно, используемая в центральной подвешивании пневморессора обеспечивает повышение комфортности пассажиров, но следует обратить внимание на горизонтальную динамику буксовой ступени подвешивания. Выполнены расчеты, моделирующие движение пассажирского вагона по прямому участку пути на скоростях до 250км/ч, с целью определения динамических показателей вагона при различной массе кузова. Как и следовало ожидать при таком незначи-

тельном изменении жесткости пневморессоры (484–567 кН/м вертикальная и 201–235 кН/м горизонтальная) динамические показатели центральной ступени и плавности хода практически одинаковы.

Использование пневморессор приводит к существенному снижению динамических показателей центральной ступени подвешивания пассажирского вагона. Однако, выбранная конструкция буксового подвешивания, как показывают выполненные расчеты, может привести к увеличению поперечной динамики буксовой ступени подвешивания. Для разработки технических решений по устранению этого выполнены расчеты с различными вариантами параметров буксового подвешивания. Цель этих расчетов – определить такие параметры подвешивания, при которых величина  $K_{дб}$  не выходила бы за допустимое значение при скоростях до 200 км/ч. С этой целью варьировались величина рабочего хода и вязкости демпфера буксового подвешивания в поперечном направлении. При величине рабочего хода 20 мм и величине коэффициента вязкости демпфера 10–20 кНс/м допустимая скорость движения равна 200 км/ч.

Таким образом, выполнена оценка динамических качеств пассажирских вагонов на тележках с пневмоподвешиванием и разработаны рекомендации по увеличению допускаемой скорости движения за счет выбора жесткостных параметров подвешивания.

## ДИНАМИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С ТЕЛЕЖКАМИ РАЗНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Мямлин С. В., Недужая Л. А., Муханов В. Ф.<sup>1</sup>, Тен А. А.<sup>1</sup>  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск, 1 - ЗАО «Промтрактор-Вагон», г. Канаш, Чувашская Республика)

The analysis of different constructions of freight car bogies influence on their principle dynamic parameters of safety motion is presented. Comparison of the theoretical and experimental research of gondola car dynamic qualities on different bogies is done.

Основными критериями динамических качеств, определяющих режим эксплуатации подвижного состава, как известно, являются его динамические показатели. С появлением новых конструкций грузовых вагонов особую важность приобретает задача, связанная с оценкой их динамических качеств в зависимости от типа тележек.

В связи с этим в данной работе выполнен анализ влияния различных конструкций тележек на основные динамические показатели безопасности движения грузовых вагонов, в данном случае полувагонов: коэффициент вертикальной динамики необрессорной части вагона ( $K_{дв}$ ), коэффициент горизонтальной динамики необрессорной части вагона ( $K_{дг}$ ), коэффициент устойчивости от всползания колеса на рельс ( $K_y$ ). Для этого рассмотрены конструкции тележек трех типов: модели 18-100, опытной тележки, собственной разработки, западноевропейской тележки Y25 и произведены расчеты динамических показателей качества при движении груженых полувагонов по прямолинейному участку пути в диапазоне скоростей 40–120 км/ч, по кривым радиусом 300 м с возвышением наружного рельса 150 мм в диапазоне скоростей 40–80 км/ч, по кривым радиусом 600 м с возвышением наружного рельса 150 мм в диапазоне скоростей 40–100 км/ч. Во всех случаях в качестве возмущений использовались динамические неровности рельсовых нитей, специально сгенерированные по статистическим характеристикам реальных участков железной дороги.

Для более полной оценки динамических качеств грузовых вагонов с использованием различных конструкций тележек проведены экспериментальные исследования полуваго-

на, поставленного на производство и испытанного силами ЗАО «Промтрактор - Вагон» (Чувашская Республика, г. Канаш, Российская Федерация).

Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований позволяет сделать вывод о том, что для всех моделей тележек величины динамических показателей качества полувагонов  $K_{дв}$ ,  $K_{дг}$  и  $K_{у}$  отличаются в пределах Нормативных документов и не превосходят максимально допустимых значений. Однако, динамические показатели вагонов на опытных тележках несколько лучше, чем на типовых, и это свидетельствует о правильности выбранных технических решений.

Таким образом, полученные результаты наглядно подтверждают не только возможность совершенствования конструктивной схемы тележек грузовых вагонов, но и правильность конструкторских разработок.

## ПЕРЕВОЗКА КОНТЕЙНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Мямлин С. В., Шатунов А. В., Сороколет А. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

In article the perspective constructions of flat cars for transportation of containers done. Comparison some types of flat cars is proposed.

Контейнерные перевозки являются наиболее эффективным способом перевозки, позволяющим сокращать транспортные расходы и сроки доставки грузов. В развитых странах 15-20% общих объемов перевозок производятся в контейнерах. Сейчас основные маршруты контейнерных перевозок проходят между тремя регионами: Северной Европой, Дальним Востоком и Северной Америкой. Динамичный рост экономики стран Северно-Восточной Азии, особенно, Тайваня и Малайзии, являются первоочередным фактором возрастания мировых контейнерных перевозок.

Судостроительные компании быстрыми темпами строят и вводят в эксплуатацию суда-контейнеровозы нового поколения, более скоростные, повышенной грузоподъемности, которая достигает 6 тысяч крупнотоннажных контейнеров. В данной ситуации железнодорожному транспорту необходимо повышать конкурентоспособность за счет применения специализированного подвижного состава.

Важным направлением совершенствования перевозок контейнеров является освоение новой технологии их транспортировки с погрузкой на платформы в два яруса. Для оптимизации времени хода поездов в 1960-е годы в Северной Америке введены в обращение специализированные контейнерные поезда. В целях повышения эффективности и снижения затрат с 1985 г. эти поезда перевозят контейнеры, устанавливаемые на платформы в два яруса. За счет этого провозная способность железных дорог увеличилась на 55%. Подобный опыт имеется и в других странах мира, и в числе первых последователей США были железные дороги Китая. В октябре 2007 г. железные дороги Китая начали перевозки контейнеров в два яруса. С июля 2008 г. железные дороги Индии проводят испытания железнодорожных платформ позволяющих перевозку контейнеров также в два яруса. На 2010 г. намечается реализация проекта по внедрению на отдельных ветках железных дорог Германии перевозки контейнеров в два яруса. Брянским машиностроительным заводом (Россия) спроектирован и изготовлен опытный образец колодцевой платформы модели 13-3124 для двухъярусной перевозки крупнотоннажных контейнеров.

Однако двухъярусная перевозка контейнеров железнодорожным транспортом для обеспечения необходимого габарита приближения строений требует больших и серьезных изменений в инфраструктуре, таких как перенос мостов и расширение тоннелей.

В Северной Америке и Западной Европе также применяются сочлененные вагоны-платформы для перевозки контейнеров. Сочлененный вагон-платформа представляет собой две рамы соединенных между собой специальным узлом сочленения, которые установлены на три двухосные тележки. Но при использовании сочлененных вагонов-платформ сложно достичь равномерности нагрузки на все тележки.

Таким образом, для железных дорог Украины наиболее экономически выгодным для перевозки крупнотоннажных контейнеров является применение фиттинговых длиннобазных вагонов-платформ. На этих платформах возможно перевозить два 40-футовых контейнера, четыре 20-футовых, один 40-футовый и два 20-футовых контейнера, что позволяет наиболее эффективно использовать грузоподъемность. Производство длиннобазных платформ наладили ряд вагоностроительных предприятий Украины и России. При этом, разработка сочлененных вагонов-платформ является также перспективным направлением в вагоностроении, так как тоже позволяет улучшить технико-экономические показатели вагонов.

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ТЕЛЕЖЕК ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ КОЛЕИ 1520 ММ

Мямлин С. С., Регулич Б. И.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Совершенствование пассажирского подвижного состава сопровождается постоянным развитием конструкции их составных частей и элементов. Одним из важных элементов пассажирских вагонов является тележка, от механических параметров которой зависят динамические характеристики вагона в целом. Авторами выполнен анализ конструктивных особенностей тележек пассажирских вагонов локомотивной тяги, которые используются на железных дорогах стран СНГ.

Самой распространенной тележкой пассажирских вагонов на железных дорогах стран СНГ является тележка типа КВЗ-ЦНИИ, которая обладает лучшими ходовыми качествами по сравнению с КВЗ-5, большинство узлов и деталей которой использовано в этой конструкции.

Отличительной особенностью тележки типа КВЗ-ЦНИИ является опирание кузова на скользуны, а не на подпятник, как это принято в ранее спроектированных конструкциях вагонов. Кроме того, в тележке КВЗ-ЦНИИ увеличен статический прогиб рессорного подвешивания до 190 мм вместо 120—150 мм в предшествующей конструкции. В результате удалось повысить конструкционную скорость движения до 160 км/ч при обеспечении необходимой плавности хода вагона. Этот способ опирания кузова на тележки позволил снизить массу надрессорной балки, а с целью недопущения перекоса ее при действии момента сил трения между скользунами предусмотрены поводковые устройства, связывающие надрессорную балку с боковыми продольными балками рамы тележки.

Рама тележки КВЗ-ЦНИИ сварная Н-образной формы, состоит из двух боковых продольных, двух средних поперечных, четырех укороченных концевых поперечных и четырех вспомогательных продольных балок, предназначенных для крепления тормозной рычажной передачи. Рессорное подвешивание тележки КВЗ-ЦНИИ двухступенчатое (аналогичное подвешиванию тележки КВЗ-5).

Буксовая ступень включает в себя два одинаковых параллельно работающих комплекта, каждый из которых состоит из шпинтона, наружной и внутренней пружин и фрикционного гасителя колебаний. С целью уменьшения шумовых высокочастотных колебаний между наружной пружиной и поддоном корпуса буксы, приваренном к кожуху,

предусмотрены резиновые прокладки, защищаемые от истирания металлическими кольцами. В состав гасителя колебаний входят: сменная фрикционная шпинтонная втулка, вокруг которой расположены шесть фрикционных конусных секторов (клиньев), расположенных между верхним и нижним опорными коническими кольцами. На верхнее кольцо воздействует внутренняя пружина, а нижнее кольцо через резиновую прокладку передает нагрузку на поддон корпуса буксы. Во время колебания рамы тележки относительно буксы происходит взаимное перемещение и возникновение сил трения между и шпинтонной втулкой, фиксация которой осуществляется корончатой гайкой и тарельчатой пружиной.

Центральная, ступень подвешивания оборудована люлькой, состоящей из двух параллельных комплектов, на которых расположена надрессорная балка. Каждый комплект включает две трехрядные пружины, опирающиеся через прокладку на поддон, подвешенный шарнирно к продольным балкам рамы посредством серег и подвесок (тяг). Благодаря шарнирной опоре через валик и наличию радиальной поверхности верхней проушины подвесок люлька может качаться поперек и вдоль вагона, создавая плавное отклонение кузова.

Центральное подвешивание снабжено гидравлическими гасителями колебаний, размещенными с каждой стороны тележки и шарнирно укрепленными верхними концами к кронштейнам боковых рам, а нижними — к кронштейнам надрессорной балки. Расположенные под углом 35—45° к горизонтали они способны гасить вертикальные и горизонтальные колебания надрессорной балки и кузова вагона.

Тележки КВЗ-ЦНИИ выпускаются двух типов: I тип предназначен для вагонов с массой брутто до 60 т; II тип — до 72 т. Тележка II типа аналогична по конструкции и отличается от I типа более мощной рамой, имеющей концевые поперечные балки. Она оборудована усиленными люлечными подвесками, удвоенным числом гидравлических гасителей колебаний, пружинами, имеющими больший диаметр прутков и др. Масса усиленной тележки увеличена на 0,4 т, она имеет меньший статический прогиб по сравнению с тележкой I типа.

Необходимость повышения скорости движения потребовали разработки усовершенствованных конструкций. В результате решения этой задачи Калининским (ныне Тверским) заводом была создана модернизированная тележка КВЗ-ЦНИИ-М, допускающая повышение скорости движения до 180 км/ч. Она отличается от рассмотренных выше тележек типа КВЗ-ЦНИИ увеличенным статическим прогибом рессорного подвешивания, более надежной однозвенной конструкцией люлечных подвесок вместо двухзвенных и др. С 1986 г. Калининский (Тверской) завод строит вагоны с модернизированными тележками. Для вагонов скоростных поездов (до 200 км/ч) Калининским вагоностроительным заводом разработана новая тележка типа ТСК-1 (тележка скоростная калининская, 1-й вариант).

Тележка типа ТСК-1 предназначена для пассажирских вагонов скоростных поездов (до 200 км/ч). Она разработана в 1969 г. для вагонов поезда «Русская тройка» (РТ-200). Особенность устройства тележки ТСК-1 заключается в устройстве центрального подвешивания, в котором используются пневматические рессоры 4 диафрагменного типа с резинокордной оболочкой диаметром 580 и высотой 170 мм.

В центральном подвешивании установлены вертикальные и горизонтальные гидравлические гасители колебаний, шарнирно соединяющие надрессорную балку с рамой тележки и обеспечивающие раздельное гашение колебаний в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Кузов вагона опирается на скользуны, что вызвало необходимость связи надрессорной балки с рамой тележки упругими поводками с резинометаллическими шарнирами по концам. Буксовое подвешивание аналогично по конструкции с тележкой КВЗ-ЦНИИ, но имеет гидравлические гасители колебаний и поводки, связывающие кронштейны букс с рамой тележки. Колесные пары специальные, имеющие новый профиль поверх-

ности катания с конусностью 1:100; 1:20; 1:7 и углом скоса рабочей грани гребня  $65^\circ$  вместо  $60^\circ$  в типовых колесных парах. Шейки оси удлинены для размещения третьего упорного подшипника.

В докладе также рассмотрены конструктивные особенности тележек пассажирских вагонов современного производства ТВЗ (Россия) и КВСЗ (Украина).

Таким образом, рассмотрены основные конструктивные особенности тележек пассажирских вагонов, которые разработаны на вагоностроительных заводах стран Содружества независимых государств. Определены тенденции совершенствования конструкции тележек пассажирских вагонов, которые в основном связаны с совершенствованием характеристик рессорного подвешивания и использованием более эффективных конструкций гасителей колебаний и пневморессор.

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УДАРНОГО НАГРУЖЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УПРУГО-ПОЛИМЕРНОГО ПОГЛОЩАЮЩЕГО АППАРАТА

Науменко Н. Е.<sup>1</sup>, Мямлин С. В.<sup>2</sup>, Бубнов В. М.<sup>3</sup>, Никитченко А. А.<sup>3</sup>  
(1 – ИТМ НАНУ и НКАУ, 2 – ДНУЖТ, г. Днепропетровск,  
3 – ООО «ГСКБВ», г. Мариуполь)

Специалистами ООО «ГСКБВ» (Азовмаш) в тесном сотрудничестве с учеными Института технической механики и ДИИТа, разработана математическая модель ударного нагружения поглощающего аппарата, которая учитывает такие факторы как нелинейность силовой характеристики подпорного блока и зависимость коэффициентов трения от скорости трения, то есть математический аналог копровых испытаний. Ранее, при проведении копровых испытаний, получены экспериментально силовые характеристики поглощающего аппарата АПМ-120-Т1 при его номинальной и максимальной энергоемкостях. Однако, сертификационными показателями, подтверждающими принадлежность поглощающего аппарата к какому-либо классу, являются значения номинальной и максимальной энергоемкости, полученные при испытаниях на соударение вагонов. Сложность создания математической модели усложняется еще и тем, что силовая характеристика неоднородного сцепления двух вагонов с разными типами поглощающих аппаратов существенно отличается от силовой характеристики сцепления с одинаковыми поглощающими аппаратами. Вот почему создание математической модели позволяющей прогнозировать силовые характеристики упруго-полимерных поглощающих аппаратов при соударении вагонов является важной и актуальной задачей.

При проведении испытаний на соударение вагонов о свободностоящий вагон, оборудованный исследуемым поглощающим аппаратом, накатывается вагон-боек, оборудованный пружинно-фрикционным поглощающим аппаратом.

Система дифференциальных уравнений движения соударяемых вагонов и их сцепленных автосцепок имеет вид:

$$m_1 \ddot{x}_1 - \Psi_1(\dot{x}_a - \dot{x}_1, x_a - x_1) \cdot P_{np1}((x_a - x_1)i_{np1}) = 0$$

$$m_a \ddot{x}_a + \Psi_1(\dot{x}_a - \dot{x}_1, x_a - x_1) \cdot P_{np1}((x_a - x_1)i_{np1}) - \Psi_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_a, x_2 - x_a) \cdot P_{np2}((x_2 - x_a)i_{np2}) = 0$$

$$m_1 \ddot{x}_1 + \Psi_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_a, x_2 - x_a) \cdot P_{np2}((x_2 - x_a)i_{np2}) = 0$$

где  $m_1, m_2, m_a$  – масса исследуемого вагона, вагона-бойка и сцепленных автосцепок,  
 $x_1, x_2$  – перемещение исследуемого вагона, вагона бойка и сцепленных автосцепок,  
 $\dot{x}_1, \dot{x}_2, \dot{x}_a$  – скорости исследуемого вагона, вагона бойка и сцепленных автосцепок,



$\ddot{x}_1, \ddot{x}_2, \ddot{x}_a$  – ускорения исследуемого вагона, вагона бойка и сцепленных автосцепок,

$\psi_1, \psi_2$  – коэффициент передачи исследуемого поглощающего аппарата и аппарата, которым оборудован вагон-боек. Коэффициент показывает во сколько раз усилие сжатия аппарата  $P$  превышает усилие сжатия блока упругих элементов  $P_{np}$ ,

$P_{np1}, P_{np2}$  – силовые характеристика подпорных блоков,

$i_{np1}, i_{np2}$  – коэффициент, показывающий во сколько раз деформация подпорного блока больше перемещения нажимного конуса.

Для решения уравнения движения, в среде разработки Borland Delphi 7.0 создана специальная компьютерная программа, в которой реализован метод Рунге-Кутты 4-го порядка. Силовая характеристика подпорного блока в данной программе может аппроксимироваться прямыми отрезками, полиномом Лагранжа, кубическим сплайном, сплайном Акимы и дробно-рациональной функцией. Зависимость коэффициентов трения от скорости определяется по формуле:

$$f = f_0 e^{-bV},$$

где  $f_0$  – коэффициент трения при  $v = 0$  (коэффициент трения покоя);

$b$  – коэффициент, определяемый опытным путем,

$V$  – скорость трения.

Для выбора рациональных параметров клиновой системы методом циклического по координатного спуска была произведена оптимизация углов клиновой системы. В итоге найдены рациональные значения углов клиновой системы, которые составляют  $\alpha_0 = 53,5^\circ$ ,  $\beta_0 = 24,0^\circ$ ,  $\gamma_0 = 0^\circ$ , и соответствующие им энергоемкости равны  $E_{ном} = 70,2$  кДж,  $E_{макс} = 95,1$  кДж. Прирост энергоемкости по сравнению с базовыми значениями углов для номинальной энергоемкости  $\Delta_{ном} = 9,0\%$ , для максимальной энергоемкости  $\Delta_{макс} = 10,4\%$ .

При проведении испытаний получена достаточно хорошая сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Таким образом, в результате проведенных работ по отработке математической модели и последующих испытаний был создан поглощающий класса Т1 модели АПМ-120-Т1, который к настоящему времени прошел полный комплекс испытаний и сертифицирован в системе ССФЖТ, определены пути дальнейшего совершенствования характеристик данного поглощающего аппарата.

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВІДВЕДЕННЯ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК ВІД КОЛІС У ВІЗКАХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Нечволода К. С.  
(УкрДАЗТ, м.Харків)

Analysis of constructional defects of the system assignation brake-shoe from wheels in truck of freight carriage. A device is decision the problem of sphenoid wear brake-shoe.

Спостерігаючи за гальмівними колодками в рухомому без гальмування вантажному поїзді, легко можна переконатися в тому, що близько 80% колодок нахилено по відношенню до горизонталі і торкаються верхньою кромкою поверхні кочення коліс. При цьому верхні частини колодок стираються на довжині близько 80 мм. Це свідчить про те, що пристрої, призначені для відведення гальмівних колодок від коліс, не виконують свої функції. Вони, після недовгого терміну служби, ушкоджуються і припиняють виконувати свої функції.

Пошкоджені пристрої створюють умови утворення клиновидного зносу гальмівних колодок і приводять до збільшення загальних експлуатаційних витрат на залізничному транспорті за рахунок: наднормативної витрати гальмівних колодок у вагонному господарстві; збільшення опору руху, що приводить до підвищення витрат енергоносіїв на тягу поїздів; зниження ефективності дії гальм, з чим пов'язана безпека руху; високотемпературних пошкоджень поверхні кочення коліс із-за інтенсивного фрикційного тепловиділення, сконцентрованого на верхніх, укорочених стертістю, частинах гальмівних колодок; затримок поїздів із-за помилкового спрацювання пристроїв автоматичного виявлення перегрітих букс; збільшення кількості відчеплень вагонів від поїздів в ремонт для усунення несправності «завар» черевиків гальмівних колодок; соціально-екологічних наслідків, пов'язаних із збільшенням об'ємів твердих асбесто-резиносодержащих відходів у вигляді клиновидних зношених гальмівних колодок, знятих з вагонів при ще достатньо великому об'ємі робочої маси.

Аналіз відомих технічних рішень показав, що всі вони направлені на створення механічного пристрою протидії моменту, що крутить, який примушує завалюватися триангель до того, що спирається верхніми краями колодок на поверхню кочення коліс. Тому в експлуатації такі пристрої швидко руйнуються.

Для вирішення завдання повною ліквідація клиновидного зносу гальмівних колодок на кафедрі «Вагони» УкрДАЗТ були складені і проаналізовані схеми сил, що діють у вузлі підвішування гальмівних колодок і деталей гальмівної передачі важеля візка. Виконані теоретичні дослідження і комп'ютерне моделювання процесів виникнення і дії сил. При цьому вдалося виявити два конструктивні недоліки системи відведення гальмівних колодок від коліс у візку вантажного вагону, які є основною причиною клиновидного зносу гальмівних колодок. Перший полягає в порушенні рівноваги триангеля приєднуваним до нього вертикальним важелем. Другий пов'язан з нерівномірним відведенням гальмівних колодок від коліс на маятникових підвісках. Виконаний аналіз показав, що простіше і ефективніше усунути ці недоліки в конструкції гальмівної системи візка замість ускладнення її додатковими пристроями.

В зв'язку з цим для вирішення проблеми клиновидного зносу гальмівних колодок в триангельній системі рухомого складу було розроблено пристрій, вільний від негативної дії моменту, що крутить. Конструктивні удосконалення якого прості, ефективні, не вимагають принципових змін в існуючій конструкції гальмівної системи візка і можуть бути застосовані як для перспективних візків, так і для тих, що існують.

Прогнозується, що розроблений пристрій буде довговічним, ефективним і здатним повністю ліквідовувати клиновидний знос гальмівних колодок і негативні явища, пов'язані з ним.

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ВАРІАНТІВ ОПОР ЗАЛІЗНИЧНИХ ЦИСТЕРН ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ РІДКИХ ВАНТАЖІВ

Павлюченков М. В.

(УкрДАЗТ, м.Харків)

How be known, same demand, types of freight mobile composition there presently are semicarriage and carriages - cisterns, among the reservoir carriages - this oilpetrol cisterns. In this tie large value have questions of application of rational structural decisions of fastening a caldron of cistern to the frame which have deciding influence on their tense state. For the analysis three offered variants of structural charts of the caldron fastening to the frame were considered. Results of computations showed, that offered variants were very effective, so far as the maximal tensions in the cistern caldron shell go down. The area of action of maximal tensions diminishes In the first variant on half.

Як відомо, найбільш затребуваними типами вантажного рухомого складу в теперішній час є піввагони і вагони - цистерни, серед резервуарних вагонів - це нафтобензинові цистерни. У зв'язку з цим велике значення мають питання застосування раціональних конструктивних рішень кріплення котла цистерни до рами, що надають вирішальний вплив на їхній напружений стан. Так численні дослідження свідчать, що напруження обумовлені дією опорного тиску можуть складати 70 – 90% від максимальних напружень, які виникають в котлі цистерни. У зв'язку з цим досить ефективним засобом управління напруженим станом є параметри опорних пристроїв.

Для аналізу було розглянуто три пропонованих варіанти конструктивних схем кріплення котла до рами. Розрахунок проводився з використанням ПК «Лира». Розрахункові схеми порівнюваних варіантів були отримані шляхом створення кінцево - елементних моделей вагонів - цистерн. У всіх розрахункових схемах у якості опорних елементів використовувалися як дерев'яні бруси, так і пружний матеріал різних характеристик, модельований за допомогою спеціального кінцевого елемента, який враховує також і податливість між вузлами.

Розрахунок цистерн з різними конструктивними виконаннями консольних опор виконувався на один вид статичного навантаження - сумісна дія ваги рідини і власної ваги конструкції. Результати розрахунку відображаються у вигляді полів еквівалентних напружень, порохованих по енергетичній теорії міцності.

При передачі нормальних розподілених навантажень на оболонку, через дискретно розташовані подовжні елементи, зусилля контактної взаємодії оболонки і елемента зростає до його кінців, а напружений стан оболонки в місцях ступінчатої зміни жорсткості характеризується високим градієнтом напружень. В той же час має місце зниження максимальних напружень, що виникають при безпосередній дії указаних видів навантажень на оболонку. Зниження градієнта напружень може бути досягнуто шляхом передачі місцевих навантажень по ділянці підкріплюючого елемента з плавним зниженням його жорсткості на кінцях до нуля.

Результати розрахунків показали, що запропоновані варіанти є досить ефективними, оскільки знижуються максимальні напруги в оболонці котла цистерни. В першому варіанті на половину зменшується площа дії максимальних напружень. В двох інших напруження приблизно рівномірно розподіляються навкруги опори.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Тен А. А.<sup>1</sup>, Мямлин С. В.<sup>2</sup>

(1 – ЗАО «Промтрактор-Вагон», г. Канаш, Чувашская Республика,

2 – ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

In article new design of freight car bogies is described. The mane directions of development freight rolling stock are done.

В экономике каждого государства железнодорожному транспорту отводится важная роль по обеспечению перевозок для нормального функционирования всех отраслей.

Для реализации своих функций на современном этапе перед железнодорожным транспортом стоят такие стратегические задачи, как усовершенствование технологий железнодорожных перевозок и повышение их качества, что напрямую зависит от надежности и эксплуатационной готовности подвижного состава, разработка нового подвижного состава и модернизация эксплуатируемого парка.

Реализация этого возможна за счет проектирования и изготовления безопасных и надежных грузовых вагонов с увеличенной осевой нагрузкой, оснащенными тележками современных конструкций с улучшенными технико-экономическими характеристиками.

Среди задач по созданию более совершенных конструкций тележек для грузовых вагонов следует выделить следующие:

- улучшение динамических показателей подвижного состава;
- увеличение осевых нагрузок и в то же время щадящее воздействие на железнодорожный путь;
- улучшение эксплуатационных характеристик;
- широкое использование новых конструктивных материалов.

Значительный объем конструкторских разработок, инновационных технических решений, научных исследований по усовершенствованию ходовых частей грузовых вагонов совместными усилиями реализовывают ученые Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (ДИИТ) и специалисты промышленных предприятий Украины и России. Одним из таких партнеров является ЗАО «Промтрактор - Вагон» (правопреемник Канашского ВРЗ) – предприятие, которое стремится освоить значительное количество новых моделей грузовых вагонов и тележек.

Так, заводом разработана новая конструкция двухосной тележки для грузовых вагонов, которая имеет ряд отличий от разработок других производителей железнодорожной техники, заключающиеся в том, что:

- боковые рамы и надрессорные балки выполнены в виде стальных отливок по вакуумно-пленочной технологии;
- скользуны упругого типа установлены беззазорно;
- износостойкие элементы фрикционных клиньев выполнены из полиуретана.

Изготовлены опытные образцы предлагаемых тележек и проведен комплекс экспериментальных исследований, результаты которых свидетельствуют о правильности принятых конструкторских решений.

Таким образом, разработана и испытана новая конструкция тележки для грузовых вагонов, которая позволяет улучшить целый ряд технико-экономических характеристик вагонов. При этом совершенствование конструкции тележек для грузовых вагонов продолжается в части выбора оптимальных параметров конструкции и рессорного подвешивания.

## ЭКОНОМИЧНЫЙ КОНДИЦИОНЕР В СОЧЕТАНИИ С ДВУХГЕНЕРАТОРНОЙ СХЕМОЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ – РЕАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ БЫСТРОГО ОСНАЩЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ПАРКА ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ КЛИМАТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ

Хоменко И. Ю.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Современные пассажирские вагоны немыслимы без обустройства их системами кондиционирования воздуха. Такие системы существенно усложняют конструкцию вагона и повышают его стоимость. В то же время пассажирские перевозки в Украине являются убыточными, и повысить их рентабельность за счет значительного повышения цены на билеты в ближайшее время не представляется возможным. В связи с этим особенно важно выбирать такие технические решения при постройке новых и модернизации старых вагонов, которые обеспечивали бы достижение необходимого уровня комфорта для пассажиров с минимальными затратами.

Составной частью стоимости перевозок является стоимость самого вагона, а существенную роль в стоимости вагона с системой кондиционирования определяет конструкция системы его энергоснабжения.

Из трех известных систем энергоснабжения (от генератора с приводом от средней части оси, от высоковольтного преобразователя, от двух генераторов) большой интерес у нас и в России вызывает двухгенераторная схема, обладающая наименьшим весом и самой низкой себестоимостью среди аналогичных систем такой же мощности.

Нами изучены все три схемы, рассмотрены их преимущества и недостатки, а также возможность и стоимость проведения модернизации вагонов с использованием таких схем при оборудовании вагонов системами кондиционирования в условиях депо при проведении капитально-восстановительного ремонта.

На базе Синельниковского пассажирского депо Приднепровской железной дороги спроектирован и переоборудован опытный вагон с системой кондиционирования, в котором используется двухгенераторная система энергоснабжения.

До недавнего времени такая схема для электроснабжения вагонов, оборудованных системами кондиционирования воздуха, не применялась из-за отсутствия современного экономичного оборудования. В настоящее время вагон с такой системой прошел весь комплекс испытаний, проведенных аккредитованной испытательной лабораторией ДНУЖТ им. ак. Лазаряна, и принят в опытную эксплуатацию.

Благодаря тому, что двухгенераторная схема дешевле аналогов в несколько раз это делает ее перспективной для установки на вагоны, не оборудованные системой кондиционирования, а также для замены морально и физически устаревших систем кондиционирования при выполнении заводских ремонтов.

## СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Гиске И. В., Тен А. А. (ЗАО «Промтрактор-Вагон», РФ),  
Мямлин С. В., Недужая Л. А. (ДНУЖТ, Украина),  
Юрцевич И. В. (Регистр сертификации РФ)

In report perspective design of freight cars is described. The main directions of development freight rolling stock are done.

Разработка новых типов грузовых вагонов, которые бы соответствовали современным условиям эксплуатации, это, как известно, сложный и многогранный творческий процесс, который должен учитывать имеющиеся технические решения и учитывать требования соответствующих нормативных документов.

Современный грузовой вагон или, как принято называть, грузовой вагон нового поколения – это тщательно продуманное машиностроительное изделие, которое вбирает в себя практически все известные мировые достижения в области вагоностроения. Причем с учетом реализации передовых технологий и прогрессивных технических решений возможно создание совершенных конструкций подвижного состава.

Это возможно также за счет внедрения основных инновационных идей:

- увеличение грузоподъемности;
- создание новых тележек с увеличенным межремонтным пробегом;
- применение новых материалов;
- использование лицензий на технические решения.

На сегодняшний день «Концерн “Тракторные заводы”» одно из немногих промышленных предприятий, которое активно инвестирует создание уникальных производствен-

ных мощностей для железнодорожной отрасли и динамично развивает инновационное вагоностроение. Базовой площадкой холдинга по развитию вагоностроительного направления является завод «Промтрактор - Вагон» (Чувашская Республика, г.Канаш, Российская Федерация).

В соответствии с планом работ по созданию грузового подвижного состава специалисты предприятия в сотрудничестве с учеными и специалистами из ведущих научных и испытательных центров успешно внедряют достижения и изобретения, которые применяются в отечественной и мировой практике грузового вагоностроения.

В активе конструкторов целая гамма грузовых вагонов, которые разработаны для отечественных и зарубежных потребителей. Это, прежде всего типоразмерный ряд полувагонов, при проектировании и изготовлении которых использованы передовые технические решения. В результате получены конструкции вагонов с улучшенными технико-экономическими параметрами.

Таким образом, разработаны конструкции новых типов грузовых вагонов, которые соответствуют требованиям нормативных документов и современным условиям эксплуатации. Изготовленные грузовые вагоны прошли полный комплекс приемочных и сертификационных испытаний. Опыт эксплуатации разработанных грузовых вагонов свидетельствует о правильности выбранных технических решений.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ ОБОДА НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА КОЛЕСА

Мямлин С. В., Манашкин Л. А., Ягода П. А., Подлубный В. Ю.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

In article the mathematical model of railway wheel based on fin elements method is described. Stiffness of wheel on three directions are given.

В последние годы заметно увеличилось количество переточек колёсных пар грузового подвижного состава по причине возникновения ползунов и интенсивного износа поверхности катания колес. В свою очередь это приводит к тому, что после многократных обточек толщина обода приближается к минимально допустимому размеру. Осложняет ситуацию также и применение композиционных колодок, которые могут вызывать значительные термические напряжения при напряжении, способствующие возникновению микротрещин.

Объектом исследования выбрано стальное цельнокатаное колесо, профиль поверхности катания, которого соответствует ГОСТ 9036-88.

По мнению авторов, в задачах динамики рельсового подвижного состава необходимо учитывать упругие свойства колес, так как это дает возможность более точно определять силы взаимодействия между колесом и рельсом. Известны различные программные комплексы для изучения напряженно-деформированного состояния конструкций, но в данном исследовании используется программа ANSYS v.12.0. Для исследований разработана конечно-элементная математическая модель колеса с толщиной обода 76 мм, 67 мм, 58 мм, 49 мм, 40 мм, 31 мм и 22 мм. Минимальная толщина обода была установлена ВНИИЖТом еще в 1937 г. исходя из условий обеспечения максимального срока службы колёсной пары и соблюдения требований прочности, что отображено в «Інструкції з огляду, обстеження, ремонту та формування вагонних колісних пар». Шаг толщины соответствует величине снятия металла при обточке колеса по прокату. Колесо моделируется объёмными конечными элементами размером 10 мм. Модель, соответствующая новому

колесу, содержит 310238 узлов и 104875 элементов, а модель, соответствующая предельно – изношенному колесу, содержит 98413 узлов и 90797 элементов.

Расчетная схема составлена таким образом, что в точку на круге катания прикладываются поочередно силы по трём направлениям ОХ (ось, перпендикулярная плоскости колеса), ОУ (продольная ось), ОZ (вертикальная ось) величиной 1,0 Н. Закрепляется внутренняя поверхность ступицы по шести степеням свободы.

В результате выполнения расчёта получены значения перемещений по трём направлениям и рассчитана жесткость колеса вдоль трех осей.

Проанализировав полученные результаты, сделаны выводы о том, что толщина обода колеса существенно влияет на его жесткостные свойства в направлении осей ОХ и ОZ и практически не влияет на жесткость в направлении оси ОУ. Следует обратить внимание на то, что жесткость нового колеса и колеса предельно изношенного изменяется от 27,2 % ( $k_x$ ) до 44,3 % ( $k_z$ ). Такое уменьшение жесткости приводит к снижению долговечности колеса из-за большой вероятности возникновения и развития усталостных трещин.

### ДВУХОСНАЯ ТЕЛЕЖКА С ПНЕВМОПОДВЕШИВАНИЕМ ДЛЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Дузик В. Н., Приходько В. И. (ОАО Крюковский вагоностроительный завод),  
Мямлин С. В., Жижко В. В. (ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

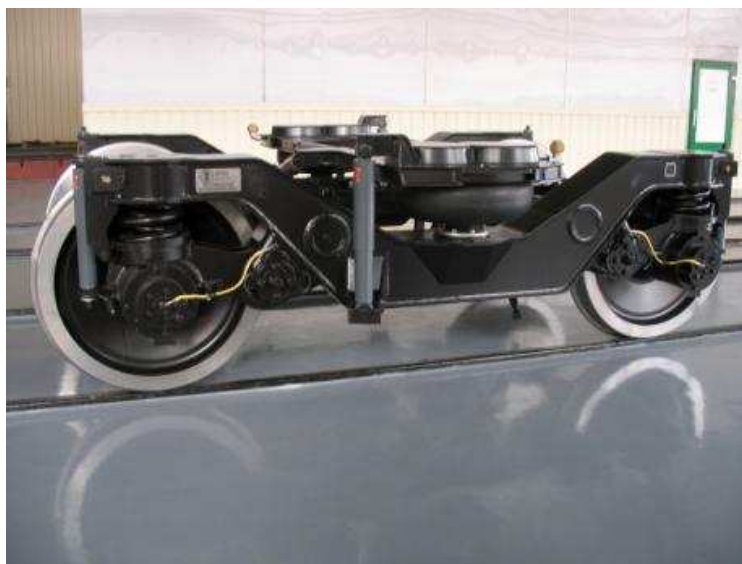
In report new design of passenger cars bogie with pneumatic suspension is done.

Совершенствование конструкции пассажирских вагонов и их ходовых частей является актуальной задачей для железнодорожного транспорта. В связи с реализацией плана развития новой техники на ОАО Крюковский вагоностроительный завод при участии Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна и других организаций создана конструкция пассажирской тележки с улучшенными ходовыми качествами. Новая двухосная тележка мод.68-7041(см. рисунок) предназначена для установки на пассажирских вагонах эксплуатирующихся на железных дорогах Украины, стран СНГ и Балтии с колеей 1520мм с конструктивной скоростью до 160 км/ч. Но по результатам теоретических и экспериментальных исследований максимальная скорость движения вагонов с такими тележками вполне реально достигает 200-250 км/ч. Тележка спроектирована в соответствии с нормами и условиями эксплуатации подвижного состава на железных дорогах СНГ и норм эксплуатации верхнего строения железных дорог. Тележка оборудованна: буксовая подвеска (4 комплекта двойных винтовых пружин с 4-мя вертикальными гидроамортизаторами); центральная подвеска (2 пневматические рессоры фирмы «CONTITECH» с двумя вертикальными амортизаторами и одним горизонтальным амортизатором); механизм гашения боковых колебаний (торсионное приспособление); надрессорная балка (разгрузочного типа); механизм регистрации температурного режима буксовых узлов (термодатчики с реальной регистрацией температуры).

#### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Масса, кг, не более                                                             | 6 700     |
| База тележки, мм                                                                | 2560±1,5  |
| Максимальная расчетное статическая нагрузка от колесного пара на рельс, Кн (тс) | 176,6(18) |
| Расчетный статический прогиб подвешивания под массой брутто вагона, мм          | 400-450   |

|                                                                                        |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Деление статического прогиба тележки %                                                 |       |
| буксовое (первичное)                                                                   | 35-65 |
| центральное (вторичное)                                                                | 64-85 |
| Максимальная плавность хода вагона на скорости 160 км/час                              |       |
| Поперечная база тележки по рессорным комплектам буксового подвешивания, мм не менее    | 2,036 |
| Поперечная база тележки по рессорным комплектам центрального подвешивания, мм не менее | 2,218 |
| Разница диаметра колес по кругу катания в тележке, мм не более                         | 3     |
| Габарит по ГОСТ 9238-83                                                                | 02-ВМ |
| Конструкционная скорость, км/ч                                                         | 160   |



В результате выполнения комплекса конструкторских и исследовательских работ разработана и успешно испытана тележка для пассажирского вагона с улучшенными ходовыми качествами, в центральном рессорном подвешивании которой установлена пневморессора.

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ТОРМОЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ С КОЛОДОЧНЫМИ И ДИСКОВЫМИ ТОРМОЗАМИ

Водяников Ю. Я., Шелейко Т. В., Сафронов А. М. (ГП «УкрНИИВ», г. Кременчуг)

Experiment-calculated investigations results of the braking processes of the coaches equipped with block and disk brakes are given. It is indicated that braking effectiveness of the disk brakes is shown at speeds higher than 70 km/h. It is established that disk brakes are appropriate to be used at traverse speeds higher than 120 km/h.



Различие конструкций колодочных и дисковых тормозов определяют особенности процессов торможения. При торможении пассажирского вагона с колодочным тормозом колодки непосредственно прижимаются к поверхности вагонного колеса усилиями, которые через систему тяг и рычагов передаются от тормозного цилиндра, для дискового тормоза – сила прижатия накладок к дискам создается тормозным блоком с тормозным цилиндром и клещевым механизмом, действующими индивидуально на каждый диск. Кроме того, следует отметить, что реализация коэффициентов пар трения для колодочного и дискового тормозов имеет существенные отличия.

При проектировании пассажирского вагона одной из важнейших является задача выбора тормозной системы исходя из условий эксплуатации и конструкционной скорости проектируемого пассажирского вагона. Такой выбор невозможно осуществить без детального анализа процессов торможения сравниваемых тормозных систем. Поэтому, решение задач, связанных с определением свойств различных видов систем торможения являются актуальными.

Основное отличие при торможении пассажирских вагонов с дисковым и колодочным тормозами состоит в реализации силы торможения, так тормозная сила для колодочного тормоза зависит от скорости движения и действительной силы нажатия колодок, для дискового – от действительной силы нажатия накладок.

Расчетные исследования тормозных характеристик пассажирских вагонов с дисковыми и колодочными тормозами выполнялись для одиночных вагонов с учетом времени наполнения тормозных цилиндров сжатым воздухом при экстренном пневматическом торможении на площадке.

Анализ тормозных путей пассажирского вагона (брутто 65 тс) в диапазоне скоростей движения в начале торможения (40-160) км/ч при экстренном пневматическом торможении на площадке показывает, что дисковые тормоза по сравнению с колодочными обладают преимуществом для скоростей движения более 70 км/ч.

Важным показателем, отвечающим за комфортность пассажиров, является ускорение замедления пассажирского вагона при торможении. Экспериментальные исследования показали, что для колодочных тормозов с ростом скорости в начале торможения ускорение замедления уменьшается, а для дисковых тормозов увеличивается.

Для колодочного тормоза зависимость ускорения замедления от скорости в начале торможения имеет нелинейный характер, для дискового тормоза – линейный.

На основании выполненных исследований установлено:

- 1 Дисковые тормоза обладают преимуществом, по тормозной эффективности, по сравнению с колодочными для скоростей более 70 км/ч.
- 2 Дисковые тормоза рекомендуется использовать на пассажирских вагонах для скоростей более 120 км/ч.
- 3 С ростом скорости в начале торможения ускорение замедления для колодочных тормозов уменьшается, а для дисковых тормозов увеличивается.

## АНАЛІЗ СТАНУ СВІТОВИХ ТЕНДЕНЦІЙ І ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ З НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО НАПРЯМКУ „РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ ТА МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ”

Донченко А. В. (ДП «УкрНДІВ», м. Кременчук)

In the report were opened main tendencies and prospects of development in the field of transport mechanical engineering in the scientific - technical “Rail-way rolling-stock of the railways and municipal services”

Транспорт – одна з найважливіших системо-утворюючих галузей економіки, ефективне функціонування якої є необхідною умовою стабілізації, структурних перетворень економіки, розвитку зовнішньоекономічної діяльності, задоволення потреб населення у перевезеннях.

На теперішній час практично у всіх країнах світу розглядаються і впроваджуються засоби, які направлені на удосконалення та підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту.

Особливість сучасного розвитку залізничного транспорту це потреба у впровадженні в експлуатацію нового екологічно-чистого, високошвидкісного пасажирського рухомого складу з низьким рівнем підлоги, комфортними умовами перевезень для пасажирів. Що стосується вантажного рухомого складу, то процес створення сучасних вантажних вагонів враховує економічні аспекти вантажних перевезень, тобто підвищення вантажопідйомності та впровадження нових технологій перевезень різного роду вантажів. Основна мета у розвитку галузі це збільшення частки залізничного транспорту в постійно зростаючому обсязі перевезень.

Метою цієї роботи є аналіз інформації щодо стану світових тенденцій та перспектив розвитку рейкового рухомого складу залізниць та міського транспорту. На основі зроблених висновків розробити обґрунтовані рекомендації щодо розвитку за даним напрямком.

В цій статті наведені останні досягнення в розвитку залізничного транспорту за 2007-2008 р.р. Виконаний аналіз сучасного стану рейкового рухомого складу, інфраструктури, системи управління і безпеки руху поїздів, високошвидкісного руху. Розроблені науково-обґрунтовані висновки за вказаним напрямком.

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РАМИ ВІЗКА ВАГОНУ МЕТРОПОЛІТЕНУ З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ

Атлас М. В. (КП „Київський метрополітен”), Донченко А. В., Яланський М. І.,  
Водяніков Ю. Я., Шелейко Т. В. (ДП «УкрНДІВ», м. Кременчук)

Service conditions and Metro car truck frame damages have been analyzed, research results are given in order to define reliability value of the metro car side frame elements.

Об'єктом досліджень є рама моторного двовісного повідкового візка вагонів метрополітену виробництва Митишинського машинобудівного заводу, що являє собою суцільнозварну Н-подібну конструкцію, до якої кріпляться всі вузли візка.

Дві поздовжні та дві поперечні балки конструкції рами з'єднані встик, місця їх з'єднань перекриті листовими косинками. На балках розташовані елементи кріплення важелів гальмівної передачі, повідків буксового підвішування, гідроамортизаторів, гальмівних циліндрів, тягових двигунів, редукторів тощо. Наличниками центрального прорізу на центральну балку, підп'ятник, п'ятник і шворневу балку кузова здійснюється передача тягових і гальмівних зусиль від рами візка на раму кузова вагона.

Для дослідження з метою визначення надійності елементів конструкції рам візків були надані карти реєстрації ремонтів рам візків за формою Київського метрополітену.

Встановлено, що за свій життєвий цикл товстостінні елементи рами, подовжні та поперечні балки, не вичерпують несівної спроможності і можуть експлуатуватися понад призначений термін служби, а елементи кріплення різних вузлів візка – кронштейни підвішування тягових двигунів, редукторів, буксових повідків тощо – потребують поновлення.

Попередній аналіз проведених ремонтів рам візків дав можливість визначитися з елементами конструкції рами, які більш часто потребують ремонту та які й стали предметом подальших досліджень.

Виходячи з умов експлуатації, всі елементи конструкції рами візка, що розглядалися на предмет надійності, були розподілені на групи за навантаженнями, які вони зазнають під час експлуатації. Встановлено, що всі елементи кріплення сприймають різнонаправлену дію сил і основним видом їхнього пошкодження (відмови) є тріщини зварних швів, іноді з переходом на основний метал.

Оскільки поновлення несівної спроможності рам візків вагонів метрополітену з вичерпаним терміном служби здійснюється шляхом капітального ремонту другого об'єму (КР-2) з обов'язковою оцінкою їх технічного стану перед постановкою в ремонт, розглядалася надійність елементів кріплення до і після виконання рамам візків вказаного виду ремонту.

На підставі даних статистичного матеріалу, була виконана оцінка надійності окремих конструктивних елементів рам візків вагонів метро в залежності від терміну експлуатації після виконаного ремонту КР-1 та КР-2, яка показала, що:

- експлуатацію рам візків вагонів метрополітену з вичерпаним терміном служби може бути подовжено за умови їх задовільного технічного стану аби витрати на поновлення втраченої несівної спроможності та динамічні показники не вийшли за межі економічної доцільності необхідного ремонту;
- експлуатація візків з подовженим терміном служби потребує більш ретельного дотримання правил утримання та пильного нагляду за поведінкою їх в експлуатації;
- менш надійними елементами рам візків є кронштейни підвішування тягових двигунів, редукторів, буксових повідків, що зазнають різнонаправлену дію сил, та наличники центрального прорізу, через які здійснюється передача тягових і гальмівних зусиль від рами візка на раму кузова вагона.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В АККУМУЛЯТОРНЫХ ЯЩИКАХ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Сычев С. Д., Шмаков С. В., Хозя П. А., Сулим А. А., Мельник А. А.  
(ГП „УкрНИИВ”, г. Кременчуг)

In the work is given experimental meaning of the hydrogen concentration in accumulator boxes of the coach in a charging mode of nickel-cadmium batteries in operating conditions (stop and operation). Comparison of the obtained characteristics at different environmental and operating conditions and corresponding conclusions were made.

Аккумуляторные батареи (АБ) с жидкими щелочными электролитами, применяемые на пассажирских вагонах локомотивной тяги, в процессе эксплуатации являются источниками повышенной опасности. В режиме заряда АБ происходит выделение водорода, который, при взаимодействии с атмосферным кислородом, образует в аккумуляторных ящиках (АЯ) взрывоопасную смесь.

Исследования концентрации водорода в АЯ осуществлялось в процессе проведения сертификационных испытаний пассажирского вагона модели 61-788Б в режиме заряда никель-кадмиевых АБ в различных условиях эксплуатации (движения и стоянки).

Исследованиям подвергался АЯ улучшенной конструкции, с установленными в нем секциями из 84 штук никель-кадмиевых аккумуляторов типа KL 350 Р. Учитывая, что плотность водорода меньше плотности воздуха, отбор проб воздуха при определении концентрации водорода осуществлялся из верхней части АЯ.

Исследование концентрации водорода в АЯ проводились на стоянке и во время движения пассажирского вагона. На стоянке измерения концентрации водорода осуществлялось при питании электрооборудования вагона от внешней трехфазной сети 380 В при различных температурах окружающей среды. Во время движения пассажирского вагона измерение осуществлялось на различных эксплуатационных скоростях от 40 до 100 км/час при питании электрооборудования вагона от высоковольтной магистрали 3 кВ.

По результатам исследований концентрации водорода в АЯ и процессов, протекающих в никель-кадмиевой батарее, можно отметить:

- максимальное значение концентрации водорода для различных условий эксплуатации вагона не превышает значений, установленных нормами безопасности железнодорожного транспорта России;
- наибольшая интенсивность газовыделения наблюдается при высоких температурах и пониженном атмосферном давлении;
- процесс выделения водорода в никель-кадмиевых АБ описывается графиком с явно выраженным максимумом;
- наибольшая концентрация выделяемого водорода в АЯ наблюдается в период времени, когда значение напряжения на АБ стабилизировалось и составляет 1,6 В на один аккумулятор, а значение зарядного тока продолжает уменьшаться.

По результатам дополнительных экспериментальных измерений в дальнейшем можно провести прогнозирование условий (температуры окружающей среды, атмосферного давления, зарядного тока, напряжения, скорости движения воздуха) для появления максимально возможной концентрации водорода, поскольку полученные результаты не отражают факта влияния изменения концентрации водорода с учетом периода эксплуатации АБ.

Вышеуказанные рекомендации могут быть темой дальнейших исследований.

## О ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ КАЧЕСТВАХ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА

Шаповал А. В., Распопин В. Р., Речкалов С. Д., Снитко Л. Ю., Шмаков С. В.,  
Ветчинкин В. А., Игнатов Г. С.\*, Солдатов В. А.\*  
(ГП «УкрНИИВ», г. Кременчуг, \* ОАО «КВСЗ», г. Кременчуг)

Outcomes of certification tests for coach model 61-779 and ways of heat engineering characteristics improvement of the coach frame filling were described.

Сравнительно недавно первые пассажирские вагоны модельного ряда 61-779 отечественного производства ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» (ОАО «КВСЗ») появились на железных дорогах Украины. Вагоны прошли полный цикл приемочных испытаний на соответствие требованиям нормативных документов Украины и в настоящее время уже более 200 вагонов эксплуатируются на дорогах Укрзализныци.

ОАО «КВСЗ» постоянно работает над усовершенствованием и разработкой новых пассажирских вагонов различных моделей для эксплуатации на отечественных железных дорогах. Следует отметить, что Укрзализныця в последнее время практически не приобретает новые пассажирские вагоны.

С целью выхода на рынки стран СНГ ОАО «КВСЗ» подал заявку в РС ФЖТ России на сертификацию пассажирского вагона модели 61-779.

Значительная часть испытаний на соответствие вагона требованиям норм безопасности, установленным НБ ЖТ ЦЛ 01-98 в СС ФЖТ России, была проведена аккредитованным в СС ФЖТ России испытательным центром ПВ ГП «УкрНИИВ».

Сертификационные показатели, которые определялись в процессе сертификационных испытаний, проводимых ИЦ ПВ ГП «УкрНИИВ», соответствуют требованиям НБ ЖТ ЦЛ 01-98.

Одним из показателей, определяемых при проведении сертификационных испытаний вагона модели 61-779, был коэффициент теплопередачи кузова вагона.

Улучшение теплотехнических качеств кузовов пассажирских вагонов, т.е. улучшение термоизоляционных свойств ограждающих конструкций и улучшение герметичности кузова, и, как следствие, уменьшение теплопотерь зимой и тепlopоступлений летом, уменьшение мощности систем отопления и охлаждения, напрямую связаны с проблемой решения вопросов энергосбережения.

В значительной мере теплотехническими качествами кузова вагона также определяются микроклиматические условия в вагоне, т.е. условия комфортабельности пассажирских вагонов, повышение которых также является одной из задач, требующих решения в процессе развития пассажирского вагоностроения.

В Украине в соответствии с требованиями ДСТУ 4049 коэффициент теплопередачи кузова вагона должен быть не более чем  $1,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . В России НБ ЖТ ЦЛ 01-98 устанавливает более жесткие требования к этому показателю - не более  $1,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ .

По результатам приемочных испытаний первых пассажирских вагонов модельного ряда 61-779 среднее значение коэффициента теплопередачи кузова вагона было на границе максимально допустимых в Украине значений -  $1,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

В результате конструкторских доработок и усовершенствования технологии изготовления кузова величина коэффициента теплопередачи кузова вагона, прошедшего испытания с целью сертификации в СС ФЖТ России, составила  $0,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ .

Можно говорить о том, что современные отечественные пассажирские вагоны, выпускаемые в данное время ОАО «КВСЗ», в частности по своим теплотехническим качествам, могут быть конкурентоспособными на рынках России, а также стран СНГ.

## ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЕЗДНЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРУЗОВОГО ВАГОНА В ПОРОЖНЕМ СОСТОЯНИИ НА ОТСУТСТВИЕ ЮЗА ПРИ ТОРМОЖЕНИИ

Водяников Ю. Я., Кукин С. В., Нищенко А. Е.  
(ГП «УкрНИИВ», г. Кременчуг)

Impact analysis of friction properties of brake shoes for wheel sets damageability in the process of emergency braking of the empty car.

Важнейшими составными частями подвижного состава являются колесные пары, которые в процессе эксплуатации получают разные виды повреждений. Значительная часть повреждений поверхности катания колеса в виде ползунов, наваров, выщербин обусловлена воздействием тормозных колодок на колеса при торможении.

В этой связи, особую актуальность приобретают задачи, связанные с решением теоретических и практических проблем, направленных на уменьшение повреждаемости поверхности катания колес в процессе эксплуатации.

Как показывают экспериментальные исследования, на вероятность появления ползунов оказывает влияние не только величина расчетного коэффициента силы нажатия колодок, но и фрикционные свойства колодок, поэтому «Нормами для расчета и проектирования...» рекомендуется иметь 10 % запас по юзу.

Фактические значения характеристик тормозной системы определяются по результатам тормозных испытаний: стационарных (фактическое значение расчетного коэффициента силы нажатия колодок) и поездных (фактический коэффициент трения колодок).

Методика определения фактического коэффициента трения колодок состоит в построении полигона тормозных путей одиночного вагона в диапазоне изменения коэффициента трения колодок 0,22-0,55. Тормозные пути определяются методом численного интегрирования с учетом времени наполнения тормозного цилиндра сжатым воздухом и фактического значения тормозного коэффициента. Пресечение линии регрессии тормозного пути, полученного в результате поездных испытаний, с соответствующей кривой полигона определяет фактический коэффициент трения.

В качестве примера рассматриваются результаты поездных тормозных испытаний порожнего вагона для окатышей (тара 23,5 тс, передаточное число рычажной передачи 6,16, фактический расчетный коэффициент силы нажатия колодок для порожнего вагона составил 0,332 при давлении в тормозном цилиндре 1,4 кгс/см<sup>2</sup>). В результате поездных тормозных испытаний вагона обнаружены ползуны и навары на поверхности катания колесных пар. Детальный анализ показал, что линия регрессии тормозного пути пересекает номограммы с более высокими значениями коэффициента трения по сравнению с расчетными, а тормозные пути на 100 м меньше ожидаемых.

По Результатам испытаний тормозной системы вагона для окатышей в порожнем состоянии было установлено, что тормозные колодки обладают нестабильными фрикционными свойствами, причем коэффициенты трения в диапазоне скоростей (50-120) км/ч в значительной степени превышают средние значения, удельная тормозная сила превышает предельно допустимую величину по условию отсутствия юза.

На основании анализа результатов стационарных и поездных испытаний вагона для окатышей рекомендовано:

- 1 заменить на вагоне композиционные колодки на колодки с более низкими фрикционными свойствами;
- 2 пересмотреть передаточное число тормозной рычажной передачи в сторону уменьшения.

#### ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН КОНДИЦИОНЕРА ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ С АВТОНОМНОЙ СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «КВСЗ»

Шаповал А. В., Распопин В. Р., Сычев С. Д., Мельник А. А., Федоров В. В.,  
Игнатов Г. С.\* (ГП «УкрНИИВ», \*ОАО «КВСЗ», г. Кременчуг)

Outcomes of certification test analysis of the converter PSM 3x8 intended for air-conditioning system feeding in coaches model 61-779 manufactured by ОАО "KVSZ" is given

ОАО «КВСЗ» была подана заявка в РС ФЖТ России на сертификацию пассажирского вагона модели 61-779. Необходимым условием сертификации вагона на соответствие требованиям НБ ЖТ ЦЛ 01-98 «Вагоны пассажирские железнодорожные. Требования безопасности» является наличие сертификатов соответствия на отдельные ответственные узлы и детали, установленные на вагоне. В перечень таких узлов и деталей входит преобразователь для питания установки кондиционирования PSM 3x8 производства польской фирмы MEDCOM, сертификация которого должна проводиться на соответствие требованиям НБ ЖТ ЦЛ-ЦТ 139-2003 «Преобразователи статические тяговые и нетяговые подвижного состава. Нормы безопасности». После рассмотрения заявки ОАО «КВСЗ» Регистр сертификации ФЖТ поручил проведение сертификационных испытаний преобразователя ИЦ ПВ ГП «УкрНИИВ» как организации аккредитованной на право проведения таких испытаний.

По требованию РС ФЖТ испытания преобразователей PSM 3x8 проводились на двух образцах. При этом один из преобразователей испытывался в составе электрооборудования пассажирского вагона модели 61-779, а другой – на испытательном стенде. В процессе электротехнических испытаний определялись реальные выходные характеристики преобразователей при номинальных и граничных условиях электроснабжения силовых цепей, а также в аварийных режимах работы. На основании результатов проведенных испытаний установлено, что все сертификационные показатели преобразователя PSM 3x8 соответствуют требованиям НБ ЖТ ЦЛ-ЦТ 139-2003.

Преобразователь PSM 3x8 создавался как альтернатива используемому на вагонах модели 61-779 преобразователю ПЭВК 110/380-50 производства ГП «Электронмаш» (г. Киев) и имеет аналогичные электрические характеристики. Следует отметить, что причиной разработки альтернативного преобразователя стали многочисленные жалобы эксплуатирующих организаций на низкую надежность и частые выходы из строя модулей преобразователя ПЭВК 110/380-50 в процессе эксплуатации. Проведенные электротехнические испытания показали, что преобразователь PSM 3x8 имеет ряд преимуществ по сравнению с ПЭВК 110/380-50. Так, например величины выходных напряжений и частота напряжений выходных каналов преобразователей PSM 3x8 имеют меньшие, чем у ПЭВК 110/380-50 отклонения от величин, заложенных в нормативной документации. Также стоит отметить, что преобразователи PSM 3x8 имеют лучшие по сравнению с ПЭВК 110/380-50 массогабаритные показатели и оснащены цифровым интерфейсом CAN, который позволяет получать более полную информацию о режимах работы преобразователя (в том числе и аварийных) при сопряжении его с системой автоматизированного управления контроля и диагностики электрооборудования пассажирского вагона.

По завершению процедуры сертификации Регистром выдан сертификат соответствия № ССФЖТ PL.ЦВ02.Б.06282 на преобразователи PSM 3x8.

Секция 4  
«Электропривод транспортных средств»

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО  
ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Безрученко В. М., Бондаренко Ю. С., Хорошко О. А.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

In article is shown the opportunity of increase of power of asynchronous tractive electric drive controlled by frequency for increase of speed of locomotive.

У будь-якому електроприводі електродвигун постійного або змінного струму завжди залишається «серцем» приводу. Тому важливим, в теперішній час, є не створення нового двигуна, а використання добре зарекомендуваної себе машини в нових умовах експлуатації.

Збільшення потужності асинхронного частотнорегульованого тягового електроприводу електровоза може бути виконано шляхом збільшення моменту, що розвивається двигуном, або ж збільшенням частоти його обертання. Розглядається питання про можливість підвищення потужності трифазного двигуна СТА1200 без його переробки з метою підвищення швидкості руху електровоза зі збереженням механічної передачі до 250 км/год.

Асинхронний двигун живиться від перетворювача (інвертора напруги), який невіддільний від двигуна так само, як невіддільний колектор (інвертор) від якоря двигуна постійного струму. Тому нова потужність двигуна і новий діапазон регулювання мають бути обрані з урахуванням параметрів напівпровідникових приладів перетворювача.

Після виходу на робочу частину механічної (тягової) характеристики напруга на двигуні залишається незмінною. Відомо, що напруга практично пропорційна добутку частоти на магнітний потік, тому в міру зростання частоти (швидкості руху) магнітний потік буде зменшуватись.

При максимальній швидкості руху 250 км/год частота напруги живлення буде 209 Гц, що є допустимим для IGBT-транзисторів, які використовуються в сучасних інверторах напруги. Максимальна частота обертання буде 4100 об/хв. Така частота обертання не являє собою небезпеку для короткозамкнутого ротора двигуна, однак потребує застосування нових швидкохідних підшипників.

При збільшенні швидкості руху втрати короткого замикання залишаться незмінними, а зміняться лише втрати холостого ходу, що складаються із втрат у сталі та дуже малих механічних втрат.

Оскільки, у відносно вузькому діапазоні температур можна приймати кінцевий перегрів пропорційним сумі втрат, то очікуваний перегрів не перевищить допустимого для застосованого в двигуні СТА 1200 класу ізоляції «Н».

Втрати будуть навіть зменшуватися, тому що, при  $U_1 = \text{const}$  зі зростанням частоти  $f_1$ , значення магнітного потоку буде знижуватись. Показано, що в новому номінальному режимі ККД двигуна істотно збільшиться, в порівнянні з попереднім значенням.



## АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМУТАЦІЇ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ

Безрученко В. М., Шаповалов А. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Проведено аналітичне дослідження комутації тягових двигателів електровозів. Установлено, що отримані криві зміни току комутуваних секцій відповідають теорії середньопрямої комутації. С допомогою запропонованого методу можливо на стадії проектування тягових двигателів прогнозувати якість комутації і своєчасно її коректувати.

Одним із головних етапів дослідження комутації тягових двигунів було осцилографування струмів в комутуючих секціях. Велика кількість осцилограм які були одержані в різних режимах роботи тягових машин дозволяє відмітити, що форми перехідних струмів комутації різних секцій хаотичні, несхожі одна на одну й не підтверджують класичну умову прямої комутації:  $di/dt = \text{const}$ .

Відомо, що форма кривої перехідного струму визначається майже виключно індуктивністю короткозамкнених витків. Було відмічено, що хоч прямої комутація являє собою ідеальний випадок комутації, вона неможлива не тільки практично, але і теоретично. Тому Л. Дрейфусом було введено поняття про теорію комутації «в середньому прямої комутації».

Під комутацією «в середньому прямої комутації» розуміється комутація, при якій в кожний момент часу сума швидкості зміни усіх струмів, що комутують, є постійною. Відсутність в роботах Л. Дрейфуса експериментального матеріалу, що відноситься до осцилографічного дослідження комутації, дозволяє проводити подальше дослідження теорії середньопрямої комутації.

У відповідності з класичною теорією комутації перехідний струм комутації може бути представлений як струм, що змінюється прямо, і струм додатковий (поперечний). Якщо б останнього не існувало, то густина струму під щіткою була б рівномірною. Щітка розриває додатковий поперечний струм і це викликає іскріння на колекторі.

Експериментальні дослідження процесу комутації тягових двигунів електровозного складу показали, що цей процес цілком не відповідає загальноприйнятим нормам прямої комутації. Криві перехідних струмів секцій, що комутують, на перший погляд, хаотичні і мають, нібито, випадковий характер. Однак, дослідження показали, що кожній секції в даному пазу відповідає тільки її властива крива перехідного струму. Причому, підсумовуючись, ці криві підтверджують запропоновану Л. Дрейфусом теорію середньопрямої комутації.

Сучасні методи аналітичних досліджень дозволили вирішити систему рівнянь балансів ЕРС самоіндукції і взаєміндукції в секціях комутуючого паза та побудувати результуючу криву. Ця крива підтвердила теорію комутації прямої комутації в середньому.

При цьому виявилась можливість скласти систему рівнянь на стадії проектування тягового двигуна, одержати результат і зробити висновки щодо прогнозованої якості комутації. Це дозволяє заздалегідь, при необхідності, зробити корекцію комутації ще задовго до виготовлення двигуна і його випробувань на стенді.

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЯГОВОГО СИНХРОННОГО ПРИВОДА С ПРОСТРАНСТВЕННО ВЕКТОРНОЙ ШИМ ПРИ ПОСТОЯНСТВЕ АМПЛИТУДЫ ВЕКТОРА НАПРЯЖЕНИЯ СТАТОРА

Демидов А. В., Любарский Б. Г., Парфенюк Т. В., Зюзин Д. Ю.  
(НТУ «Харьковский политехнический институт»)

Simulation model of traction synchronous drive with space-vector pwm at constancy of stator voltage vector amplitude

Создание высокоэффективного непосредственного тягового привода возможно при использовании высокомоментных тяговых двигателей и системы управления, обеспечивающей высокую энергетическую эффективность при разных частотах вращения и сравнительно равномерный момент при пуске. Наиболее полно таким требованиям отвечают синхронные двигатели с возбуждением от постоянных магнитов и метод управления силовыми транзисторами называемый пространственно-векторная ШИМ.

Принцип метода пространственно-векторной ШИМ для такого привода заключается в формировании вращающегося вектора напряжения, а, следовательно, и вектора потока статора, таким образом, чтобы угол управления был близким к оптимальному (90 градусов).

Необходимый вектор образуется путем широтно-импульсной модуляции соответствующих силовых транзисторов инвертора, что приводит к переключению между двумя соседними базовыми векторами. При изменении коэффициента заполнения управляющих сигналов силовых транзисторов изменяется время нахождения в состоянии одного либо другого базовых векторов, а, следовательно, и результирующий вектор напряжения статора. Также необходимо искусственное ограничение длины вектора напряжения, так как из-за геометрических особенностей промежуточный вектор всегда будет короче базового.

Для обеспечения наиболее эффективной работы системы управления и привода в целом необходимо минимизировать потери в тяговом двигателе и преобразователе. Одним из факторов, определяющих такие потери, является частота несущей пространственно-векторной ШИМ. Частота ШИМ определяет величину добавочных потерь в тяговом двигателе от высших гармонических. В современных приводах величина этих потерь соизмерима, а иногда и выше основных потерь. В тяговом преобразователе частота несущей накладывает ограничения на выбор силовых ключей по быстродействию, а также определяет динамические потери в них.

При выборе частоты несущей ШИМ также следует учитывать скорость нарастания напряжения фазного напряжения двигателя  $du/dt$ , высокое значение которого может привести к пробое изоляции двигателя.

Для определения величин потерь в тяговом двигателе и силовых элементах была создана имитационная модель в среде Matlab-Simulink, позволяющая установить взаимосвязь между частотой несущей ШИМ и потерями в инверторе и двигателе.

Предложена имитационная модель, позволяющая определить добавочные потери в двигателе и динамические потери в инверторе в зависимости от частоты несущей ШИМ.

## НОВА СХЕМА ЗАХИСТУ ДВИГУНА КОМПРЕСОРА НА ЕЛЕКТРОПОЇЗДАХ СЕРІЇ ЕР2

Дубинець Л. В., Краснов Р. В., Устименко Д. В., Затолокін П. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The new scheme of protection of the engine ДК 409 (ДК 406) of the compressor (ЭК 7Б) on electric trains of series ЭР2 is offered. Such scheme provides accurate and reliable protection of the electric car, unites in itself protection functions at overloads long currents and in case of S.C.

Описано запропоновану систему захисту електродвигунів компресорів на електропоїздах серії ЕР2 на сучасній елементній базі, яка більш надійно захищає ізоляцію якірної обмотки двигуна від перегрівання при перевантаженнях по струму у порівнянні із типовою схемою захисту на базі теплових електромагнітних реле.

Допоміжні машини захищені від перевантаження і коротких замикань. Струм уставки реле перевантаження більше найбільшого пускового, який може виникнути в процесі пуску при найбільшій напрузі в контактній мережі. Реле перевантаження не забезпечує захист від тривалих струмів перевантаження, менших від струмів уставки. Тому система захисту доповнена тепловими самовідновлювальними реле. Загальна кількість діючих витків котушки реле перевантаження в цьому випадкові збільшується і його струм уставки знижується. Недоліком типової схеми захисту є нечітке і ненадійне спрацювання теплових реле (типу ТРК-8,5) з одного боку і можливість перегріву ізоляції обмоток якоря при певних умовах з другого боку. Реле ТРК-8,5 дає команду на розмикання кола живлення двигуна компресора, якщо через нього протікає струм 12...15 А. При струмі 12 А теплове реле спрацьовує через 60 секунд, при струмі 30 А – через 2,5 секунди. При певних умовах пуску компресора (наявність суттєвого нагріву ізоляції під час попередніх пусків, досить низька температура навколишнього середовища, тощо) ізоляція класу В, яка застосовується у двигунах типу ДК-409 (ДК-406) може перегрітись більше встановленої температури перегріву (140 °С по якорю), що призводить до суттєвого зменшення терміну служби вказаних двигунів.

Сучасна елементна база дозволяє розробити захист, який забезпечує відключення електродвигуна при його перевантаженні за будь-який малий проміжок часу. Це сприяє тому, що ізоляція перегріватись не буде.

До складу схеми входить: датчик струму (ДС), пристрій порівняння (ПП), силовий ключ (СК) і електродвигун компресора (М). Датчик струму перетворює струм силового кола в напругу, що надалі використовується для порівняння з табличними значеннями апроксимації. Пристрій порівняння призначений для визначення граничних режимів роботи захисту в цілому:

1. перевантаження по максимальному струмі – максимальний захист;
2. перевантаження тривалим струмом – тепловий захист.

Силовий ключ забезпечує відпрацьовування керуючого сигналу, який поступає від вузла порівняння, тобто у випадку спрацювання по граничному режимі (максимальний або тепловий захист). Силовий ключ відключає мотор-компресор від живлячої напруги.

Датчик струму виробляє сигнал у вигляді напруги прямопропорційній струму в колі якоря двигуна компресора. Цей сигнал подається на аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який входить до складу мікроконтролера PIC12F629 фірми Microchip. Після обробки аналогового сигналу мікроконтролер робить порівняння цього отриманого коду цього сигналу з табличними значеннями, які занесені у його постійний запам'ятовуючий пристрій. У випадку якщо струм у колі якоря перевищує 35А компаратор мікоронролера «визначає» цю ситуацію й віддає команду силовому ключу розірвати коло живлення МК2,

тобто двигун компресора буде знеструмлений. Якщо ж струм протікає менше 35А, але більше 12А в роботу вступає алгоритм відпрацювання теплового реле, що реалізується за допомогою таймеру (ТМО).

Уніфікований блок захисту замінює собою два захисних реле якірного кола мотор-компресора: реле перевантаження компресора РПК типу Р-103 (з механізмом повернення Р-102) і теплового реле ТР2 типу ТРВ- 8,5.

Мікроконтролер контролює значення струму якоря двигуна компресора й відключає його від живлячої напруги в наступних випадках:

1. при перевантаженнях по струму (більше 35 А) – аналог реле перевантаження Р103;
2. при тривалому протіканні струмів більше номінального – аналог теплового реле ТРВ-8,5.

Працездатність уніфікованого блоку захисту перевірено в умовах реальної експлуатації на електропоїзді ЕР2 приписаного до локомотивного депо ТЧ8 Придніпровської залізниці.

## ВПЛИВ ВИХРОВИХ СТРУМІВ НА ШВИДКІСТЬ СТРУМУ ПРИ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ В СИЛОВИХ КОЛАХ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Карзова О. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Найбільш небезпечним видом пошкодження тягових електродвигунів постійного струму на електрорухомому складі (ЕРС) є коротке замикання (КЗ), при виникненні якого по їх колах протікає струм, що в декілька разів перевищує допустиму величину. Якщо коло своєчасно не розімкнути, то обладнання буде пошкоджене.

На електрорухомому складі слід розрізняти два види короткого замикання: повне та часткове КЗ.

При повному короткому замиканні швидкість струму досягає великого значення також як і його усталене значення, що вимірюється в кА. Це відбувається у разі перекиду дуги з найближчого до струмоприймача щіткотримача ТЕД на землю. При виникненні КЗ в колі з тяговими двигунами, струм виникає не миттєво, а зростає на протязі деякого часу – звичайно долі секунд. Деякий час потрібен для досягнення струму уставки, при котрому існуюча апаратура захисту почне вимикатися. Цей час не залежить від апарату, а визначається індуктивністю кола.

Бувають випадки, коли при несправностях в силовому електричному колі струм наростає повільніше, ніж при повному КЗ. Таке КЗ називається неповним або частковим. Це буває при коротких замиканнях в тягових двигунах з ввімкненими пусковими реостатами або при пробі ізоляції ТЕД, ввімкненого ближче до землі при послідовному або послідовно-паралельному з'єднанні.

Захист у цих випадках виконується апаратами, які дуже швидко, майже за соті долі секунд, розмикають коло. Із застосуванням сучасних мікропроцесорних пристроїв цей час можна значно скоротити і тим самим запобігти у значній мірі розмірам пошкоджень.

Для правильної настройки апаратів захисту від КЗ в силових колах ЕРС необхідно знати розрахункові струми короткого замикання, швидкість наростання струму, та характер їх зміни, з тим, щоб захисна апаратура відрізняла нормальні експлуатаційні режими від аварійних і апарати захисту спрацьовували ще до того, як струм КЗ досягне максимального значення.

З цією метою з допомогою розробленої математичної моделі визначені максимальні значення струмів короткого замикання та швидкість зростання цих струмів як з урахуванням впливу вихрових струмів так і без для силових кіл тягових двигунів ЕД141-У. Результати наведені в таблиці.

Таблиця

|                       | Дослід без вихрових струмів | Дослід з вихровими струмами |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Максимальний струм, А | 13700                       | 12200                       |
| $\frac{di}{dt}$ , А/с | 200000                      | 173000                      |

З таблиці видно, що під впливом вихрових струмів максимальне значення струму короткого замикання зменшилось на:  $\frac{13700 - 12200}{13700} \cdot 100\% = 10,9\%$ ,

а швидкість зміни струму КЗ зменшилась на:  $\frac{200000 - 173000}{200000} \cdot 100\% = 13,5\%$

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЯГОВОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Любарский Б. Г., Парфенюк Т. В., Демидов А. В., Рябов Е. С., Зюзин Д. Ю.  
(НТУ «Харьковский политехнический институт»)

Basic positions are considered of method of planning of synchronous traction motors with excitation from the permanent magnets.

Важнейшим элементом подвижного состава является система преобразования энергии и ее основной элемент – тяговый двигатель. В последнее время ряд ведущих зарубежных производителей рассматривают в качестве тягового двигателя синхронный двигатель с возбуждением от постоянных магнитов, имеющий высокий КПД и коэффициент мощности в широком диапазоне частот вращения. Для создания такого типа тяговых двигателей такого типа необходима инженерная методика расчета.

Основной проблемой стоящей при проектировании тяговых синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов является выбор величины воздушного зазора и толщины постоянного магнита. Толщина постоянного магнита определяет эквивалентную МДС системы возбуждения двигателя и как следствие его рабочие свойства. Воздушный зазор является основным магнитным сопротивлением в магнитной цепи двигателя и его выбор также определяет рабочие свойства двигателя. Тяговый двигатель должен обеспечивать работу в режиме постоянной мощности в диапазоне частот вращения от номинальной частоты вращения до максимальной. При частоте вращения ниже номинальной двигатель работает в режиме постоянного (номинального момента). При пуске двигателя допускается кратковременная перегрузка по току в 2,5 раза. Такие режимы работы достигаются путем использования трехзонного метода регулирования частоты вращения тягового двигателя. В первой зоне (пуск двигателя) обеспечивается ограничение тока статора. Вторая зона режим постоянного момента (разгон двигателя до заданной частоты вращения) в этом режиме напряжение изменяется пропорционально частоте вращения, а угол нагрузки поддерживается постоянным равным  $90^\circ$  эл. Третий режим – режим постоянной мощности. Напряжении поддерживается постоянным, а частота вращения регулируется за счет увеличения угла нагрузки. При этом происходит снижение основного магнитного потока ввиду действия продольной реакции якоря (режим ослабления поля). Однако при малых длинах воздушного зазора и толщинах постоянного магнита это может привести к частич-

ному размагничиванию постоянного магнита и неработоспособности двигателя, а при больших толщинах магнита, невозможно достижение заданной максимальной частоты вращения двигателя. Поэтому предварительную толщину постоянного магнита и длину воздушного зазора предлагается выбирать из численного решения системы нелинейных алгебраических уравнений составленных для векторных диаграмм в режимах номинальной и максимальной частот вращения. Окончательно толщину постоянного магнита выбирают из условий обеспечения неразмагничиваемости постоянного магнита полем реакции якоря в режиме пуска. Это ограничение определяется по результатам расчета магнитного поля двигателя в режиме максимальной частоты вращения с последующим определением величины нормальной составляющей магнитной индукции на поверхности постоянного магнита.

Вывод. Основная проблема при проектировании тяговых синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов состоит в выборе толщины постоянного магнита и длины воздушного зазора. Для ее решения предлагается система нелинейных уравнений созданных на основе векторных диаграмм дополненная ограничением по неразмагничиваемости постоянного магнита.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЯГОВОГО БЕЗРЕДУКТОРНОГО ПРИВОДА НА ОСНОВЕ ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ С АКСИАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ПОТОКОМ

Любарский Б. Г., Рябов Е. С.  
(НТУ «Харьковский политехнический институт»)

Questions of planning of hauling gearless drive based on switched reluctance motor with the axial magnetic flux are considered. Planning of motor to decide a task as a task of the constrained optimization at creation of device with the desired working descriptions is offered. After this the research of processes in drive in different modes of its operations by the imitation design is made.

В качестве технологии, позволяющей создать тяговый электропривод с повышенной энергетической эффективностью, многими специалистами в области железнодорожного транспорта как в нашей стране, так и за рубежом, считается безредукторный привод. Несмотря на успешное использование в таком приводе синхронных двигателей с постоянными магнитами, ведутся исследования альтернативных вариантов. Одним из вариантов является тягового безредукторный привод на основе индукторного двигателя с аксиальным магнитным потоком (АИД).

В связи со сложностью процессов, протекающих в таком приводе, и широкими пределами изменения тяговых нагрузок, проектирования тягового привода на основе АИД предлагается проводить в два этапа.

На первом этапе определяются основные геометрические параметры и электромагнитные нагрузки электродвигателя исходя их условия получения требуемого пускового момента. Поскольку теория проектирования индукторных двигателей находится в стадии становления, представляется целесообразным задачу создания двигателя решать с помощью оптимального проектирования, при котором производится варьирование конкретными геометрическими (длина, высота и пр.), материальными (магнитная проницаемость и пр.) и другими параметрами устройства с целью достижения наилучшего их сочетания, при котором обеспечиваются заданные рабочие характеристики устройства. Такая задача выбора оптимальных параметров относится к классу задач условной оптимизации.

Второй этап состоит в исследовании процессов электромеханического преобразования в различных режимах работы, среди которых особенно важно исследовать наиболее характерные режимы работы для данного типа привода. Поскольку натурные эксперимен-

тальные исследования, во-первых, увеличивают финансовые затраты и сроки разработки, и, во-вторых, всё равно не позволяют провести всеобъемлющие исследования, наиболее целесообразным представляется использование математического моделирования. Широчайшие возможности при этом предоставляют программные продукты, в которых реализованы подходы визуального программирования. Созданные в них имитационные модели обладают приемлемой простотой и наглядностью, при этом исследователь «избавлен» от переписывания дифференциальных уравнений, описывающих процессы, происходящие в отдельных звеньях привода.

Для достоверного описания свойств исследуемого АИД предлагается электромагнитные связи (зависимости потосцепления от тока и угла поворота ротора) определять из расчёта схемы замещения магнитной цепи двигателя, при этом параметры элементов схемы замещения определяются по результатам решения серии полевых задач для каждого объёма магнитопровода АИД. Полученные зависимости предлагается аппроксимировать усечённым рядом Фурье, коэффициенты гармоник которого являются функциями магнитного напряжения. Эту зависимость можно интерполировать сплайнами или аппроксимировать полиномиальными зависимостями.

## ДИАГНОСТИКА ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Лябах Н. Н., Костюков А. В.

(Ростовский государственный университет путей сообщения)

In this work there are description of regulating transformer's construction and principle of operation. The power loss of regulating transformers under little load are determined. There are data about cost efficiency of using regulating transformers which work with reduced power on traction railroad's substations.

Совершенствование работы железнодорожного транспорта зависит от внедрения в практику работы методов анализа, диагностики технологий и технических средств устройств электроснабжения. Для обеспечения работоспособности силового трансформатора и предупреждения постепенных отказов, вызванных износом и старением изоляции, элементов конструкции, закладных деталей, разрушением обмоток и т.д. на большинстве железных дорог Российской Федерации предусмотрена система планово-предупредительных ремонтов.

Существует два подхода к организации и проведению ремонта силовых трансформаторов на тяговых подстанциях электрических железных дорог. В первом случае, на основании организационно-распорядительной документации руководства ОАО «РЖД», Департамента электрификации и электроснабжения, инструкций по техническому обслуживанию и правил ремонта, трансформатор изымается из эксплуатации при достижении определенной недоработки, заданной заранее (время до первого капитального ремонта) и установленной на основании многолетней практики эксплуатации, опыта и интуиции работников. Для выполнения работ по этой программе необходимо привлекать ремонтные бригады, использовать дополнительное оборудование и технические средства. Ситуация осложняется еще и тем, что специфика работы трансформаторов на каждом участке электрических железных дорог различна.

Во втором случае – ремонт трансформатора осуществляется «по состоянию», подразумевающему обслуживание только в случае отказа, либо близкому к нему состоянию устройства. Техническое обслуживание и ремонт силового трансформатора с учетом его фактического состояния должен быть основан на исчерпывающей и достоверной инфор-

мации о состоянии каждого элемента конструкции трансформатора, которую реально получить с помощью специальных диагностических комплексов.

Широкое использование диагностических комплексов на трансформаторных заводах и на энергоучастках позволит быстрее и качественнее производить техническое обслуживание и ремонт устройств электроснабжения, значительно сократить время и средства на поиск неисправностей, исключить субъективизм при проведении испытаний при вводе в эксплуатацию, накапливать статистическую информацию и т.д. Для принятия решения о состоянии и дальнейшем использовании устройств и конструкций систем электроснабжения предлагается использовать автоматы-счётчики, работа которых основана на адаптированном математическом аппарате, который производит корреляционный и регрессионный анализ, распознавание соответствующих образов и др.

Регрессионный анализ по полученным факторам  $X_1, X_2, \dots, X_m$  позволит оценить, на какой стадии «жизни» находится тот или иной элемент конструкции, например, изоляция обмоток силовых трансформаторов, и как долго он будет работать в конкретных условиях. Кроме того, предложенная методика позволит решить вопросы экономического характера: эксплуатировать трансформатор какое-то время, а потом выполнить капитальный ремонт в необходимом объеме; эксплуатировать до поломки; заранее сделать переизолировку обмотки (даже если ее срок службы не истек) и др.

Применение указанных методов теории распознавания требуют, в свою очередь, исследования условий их применения и адаптации к условиям задачи.

## ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ АКТИВНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ТРАНСФОРМАТОРАХ ПРИ ЇХ ПАРАЛЕЛЬНІЙ РОБОТІ.

Маренич О. Л.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The suitability of the method of deactivating one transformer of two parallel working transformers at different load factor values is taken.

У теперішній час рекомендується при зниженні коефіцієнта завантаження трансформатора до значення  $K_3 \leq 0,3$ , у випадку паралельної роботи двох трансформаторів, один відключати у резерв.

Проведені дослідження показують, що якщо питання про відключення одного із трансформаторів вирішувати шляхом порівняння значень втрат активної електроенергії в трансформаторах до і після відключення одного із трансформаторів з урахуванням не тільки значень  $K_3$ , а й часу приєднання трансформатора до мережі, а також часу роботи трансформатора під завантаженням, то можуть бути випадки, коли один трансформатор доцільно відключати при  $0,3 < K_3 \leq 0,5$ .

Нехай трансформатори, що розглядаються, мають наступні вихідні дані: номінальна потужність – 400 кВа; втрати холостого ходу – 0,95 кВт; втрати короткого замикання – 5,5 кВт. Приймаємо згідно інструкції час роботи під завантаженням: 200 год/місяць (для підприємств, що працюють в одну зміну), 450 год/місяць (для підприємств, що працюють в дві зміни), 700 год/місяць (для підприємств, що працюють в три зміни); час приєднання трансформатора до мережі 744 год/місяць.

При повному виконанні умов паралельної роботи трансформаторів навантаження між ними розподілиться порівну.



Відключення одного з трансформаторів при  $K_3 = 0,5$ , призведе до роботи другого з  $K_3 = 1$ . Розрахунки показують, що при часі роботи 200 год/місяць та коефіцієнті завантаження  $K_3 = 0,4$  при паралельній роботі двох трансформаторів маємо втрати активної електроенергії в обох трансформаторах 1765,6 кВт·год/місяць. Після відключення одного трансформатора у резерв той трансформатор, що залишився підключеним, працює при  $K_3 = 0,8$ . При цьому втрати активної електроенергії у ньому складають 1410,8 кВт·год/місяць. При тому ж часі роботи 200 год/місяць, та  $K_3 = 0,5$  при паралельній роботі двох трансформаторів маємо втрати активної електроенергії в обох трансформаторах 1963,6 кВт·год/місяць. Після відключення одного трансформатора у резерв, той трансформатор, що залишився підключеним, працює при  $K_3 = 1$ . При цьому втрати активної електроенергії у ньому складають 1806,8 кВт·год/місяць.

Тобто, економія активної електроенергії складає у першому випадку  $\frac{1765,6 - 1410,8}{1765,6} \cdot 100\% \approx 20,1\%$ , у другому  $\frac{1963,6 - 1806,8}{1963,6} \cdot 100\% \approx 8\%$ .

Таким чином, видно, що у разі вирішення питання про відключення одного з паралельно працюючих трансформаторів у резерв користуватись тільки ознакою  $K_3 \leq 0,3$ , то в деяких випадках може бути програш з точки зору зменшення втрат активної електроенергії в трансформаторах. При  $0,3 < K_3 \leq 0,5$  потрібно перевірити доцільність відключення одного із трансформаторів у резерв шляхом визначення і порівняння втрат активної електроенергії при конкретних значеннях часу роботи трансформаторів під завантаженням та часу приєднання трансформатора до мережі при відповідних значеннях коефіцієнта завантаження.

## ПОКРАЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОНТАКТОРІВ У КОЛАХ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Маренич О. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The research with an aim to develop recommendations of control and testing of reliability of contactor МК-310В, 30V, has been carried out.

В тягових апаратах, у тому числі і в електромагнітних контакторах, електромагнітний привод застосовується тільки як індивідуальний.

Найбільше застосування знайшли тягові електромагнітні контактори з електромагнітом клапанного типу. Електромагніт при цьому складається із Г-подібного ярма, осердя з вмикальною котушкою та обертового якоря, який шарнірно з'єднаний з ярмом валиком. До якоря приєднана повертаюча пружина. Тримач рухомого контакту приєднується до якоря за допомогою притираючої пружини. Подібна магнітна система може забезпечувати досить велику силу притягання якоря завдяки замкненій магнітній системі і малій довжині силових ліній у повітряних зазорах. Зокрема, подібний електромагнітний привод має контактор типу МК-310Б, який призначено для включення і відключення допоміжних електричних машин на електровозах ВЛ8, ВЛ23, ВЛ10, ВЛ11, кіл опалення на електропоїздах ЕР1, ЕР2. Відмова цього контактора може привести до суттєвого зниження надійності роботи локомотива.

У нормативній документації з ремонту контакторів МК-310Б вказано, що вони повинні надійно включатися при напрузі 30 В на вмикальній котушці. Але при цьому не наво-

дяться методика та кількісна оцінка роботи контактора при вказаній напрузі. Пропонується тільки візуальна оцінка процесу включення-виключення. Тому автором проведені дослідження з метою розробки рекомендацій із забезпечення та перевірки надійної роботи контактора МК-310Б при напрузі 30 В на його котушці.

Відомо, що для включення контактора сила тяги повинна перевищувати сили опору при будь-якому значенні повітряного зазору між якорем та осердям котушки. Згідно закону Максвела визначені тягові характеристики (залежність сили тяги від значення повітряного зазору) для напруг 30; 35; 42,5; 50 В. Знайдена характеристика опору (залежність сил опору, що створюються пружинами, від значення повітряного зазору). Пропонується, щоб у точці найбільшого зближення вказаних характеристик при напрузі на котушці 30 В, сила тяги перевищувала силу опору на 10 % для забезпечення надійного включення контактора. Розроблені рекомендації із забезпечення відповідного попереднього стиснення пружин, величини зазору між упором та якорем для забезпечення вказаної пропозиції.

Отримані чисельні значення коефіцієнту повернення контактора при різних напругах, якщо виконані рекомендації з його регулювання при напрузі на котушці 30 В.

Дослідження показали, що при регулюванні контактора після ремонту доцільно ввести в перелік робіт зняття статичної тягової характеристики, характеристики опору. Після побудови вказаних характеристик бажано вказати динамічну тягову характеристику, яка повинна проходити нижче статичної з урахуванням певного коефіцієнту, який до набуття достатнього досвіду можна визначити розрахунковим шляхом.

Робочі місця потрібно оснастити пристроями виміру статичних сил, моментів, часу, тиску, лінійних та кутових переміщень, швидкостей та прискорень рухомих частин контакторів.

Для забезпечення надійного спрацьовування електромагнітного контактору значення сили протидії з урахуванням стрибка від сили притираючої пружини при критичному зазорі між якорем та упором на ярмі (в момент часу, коли силові контакти тільки починають дотикатись) повинно бути на 10 % менше тягової сили згідно динамічної тягової характеристики.

## КРИТЕРІЙ ВИБОРУ МАГНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРИБОРІВ ПІДВИЩЕНОЇ ЧАСТОТИ

Муха А. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Бурхливий розвиток напівпровідникової перетворювальної техніки дозволив створити високоефективні перетворювальні пристрої - випрямлячі, інвертори, конвертори. Важливою складовою цих пристроїв є електромагнітні елементи - трансформатори, дроселі й індуктивні елементи. Так, за допомогою трансформаторів здійснюється узгодження входної й вихідної напруг перетворювачів, реактори й дроселі служать для фільтрації вищих гармонік, обмеження напруг на елементах перетворювачів і формування струму комутації.

Для виготовлення електромагнітних елементів використовуються магнітом'які магнітні матеріали, які за принципом електропровідності можна розділити на три групи: провідникові - електротехнічні сталі й сплави (пермалої), напівпровідникові - ферити, діелектричні - магнітодіелектрики. В залежності від частотного діапазону, на якому працюють перетворювальні установки, для виготовлення магнітопроводів електромагнітних елементів використовуються різні магнітні матеріали: сталі - при частотах від 50 Гц до 10 кГц, сплави - від 5...10 до 20...30 кГц (сплави мікронного прокату - до декількох сотень кілогерців) ферити й магнітодіелектрики - від 10 кГц і вище.

Питання оптимального вибору магнітних матеріалів магнітопроводів; розрахунку втрат потужності в магнітопроводах й в обмотках; розрахунку паразитних параметрів трансформаторів (ємностей й індуктивностей розсіювання) і способи їхнього зменшення; вибору оптимальної частоти, при якій електромагнітний елемент буде мати найкращі масогабаритні показники, а також питання нагрівання електромагнітних елементів, є актуальною науково-технічною проблемою, який присвячені роботи таких видатних вчених як Піотровський Л.М., Горський А.Н., Калантаров Л.А., Іцхокі Я. С. та інш.

В якості головних критеріїв, за якими можливо обрати магнітний матеріал для створення електромагнітних елементів з мінімальними масогабаритними показниками є для трансформаторів – показник питомої потужності, що передається, а для реакторів – показник питомої енергоємності.

Основним показником, який визначає представлені критерії, є втрати у магнітопроводі, які складаються із втрат на гістерезис, вихрові струми й втрат внаслідок магнітної в'язкості (або магнітної післядії). Із втратами на гістерезис враховуються в сталях і сплавах на низькій частоті (коли вони порівнянні із втратами на вихрові струми), у феритах і магнітодіелектриках втрати на гістерезис істотні на всіх частотах. Втрати на гістерезис є властивістю даного матеріалу й зменшити їх не можна. Вихрові струми в магнітопроводі виникають у повній відповідності із законом електромагнітної індукції при змінному магнітному потоці, що пронизує магнітопровід. Втрати на вихрові струми залежать від електричної провідності матеріалу. Знизити втрати на вихрові струми можна двома шляхами: зменшивши товщину аркушів (або стрічки, або розміру часток у феродіелектриках) і підвищивши питомий електроопір. Магнітною в'язкістю або магнітною післядією називають явище, що виникає у феромагнетику при швидкій зміні магнітного поля й, що проявляється в специфічному запізнюванні намагніченості матеріалу.

Аналіз літературних джерел показав, що електротехнічні сталі по поширеності посідають перше місце серед феромагнітних матеріалів і при частотах приблизно до 3000 Гц перебувають поза конкуренцією. Кращими характеристиками володіють електротехнічні сталі 3422, 3423, 3424, 3425 товщиною 0,08 й 0,05 мм.

## ДО ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ НАПРУГИ В КОНТАКТНІЙ МЕРЕЖІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Муха А. М., Балійчук О. Ю.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

In article presentation results of the study of the influence of increasing of the voltage in contact network of the direct current on value of the losses in this contact network. The calculations are executed with use traditional method's.

Зі зростанням основного енергоресурсу для залізниці – електричної енергії та підвищенням ваги потягів, зміни швидкісних режимів, а також інтенсивності та завантаженості діючих залізничних маршрутів на перший план все частіше починають виступати питання щодо економії електроенергії, модернізації систем електроспоживання і т. ін. Одним із найвигідніших з економічної точки зору є підвищення живлячої напруги в контактній мережі.

Проблема підвищення напруги в контактній мережі постійного струму не нова. Вона неодноразово досить гостро поставала на різних етапах розвитку залізничного транспорту.

Проведемо дослідження впливу збільшення напруги в контактній мережі на величину втрат електричної енергії при потужностях електровозів в діапазоні від 3000 до 12000

кВт з метою визначення доцільного рівня підвищення напруги у контактній мережі постійного струму, з точки зору мінімізації рівня втрат електричної енергії.

В літературних джерелах наведена стандартна методика розрахунку втрат енергії в контактній мережі. Використаємо її для оцінки необхідності проведення вказаних заходів.

Підвищення напруги в контактній мережі до 6 кВ дозволяє зменшити втрати на 75%.

Це досить суттєве зменшення. Якщо ж далі підвищити напругу до 12 кВ, то додатковий вигреш у зменшенні втрат сягатиме майже 19 % (18,73 %) відносно до втрат при напрузі в 6 кВ. При переході з 12 кВ на 24 кВ приріст втрат складає лише 4,70 %, відносно до втрат при напрузі 12 кВ.

Порівнюючи усі три значення приросту втрат, робимо висновок, що найбільш доцільними є заходи щодо підвищення напруги в контактній мережі до 6...12 кВ. Підвищення ж до 24 кВ не має сенсу, бо низький приріст втрат енергії не покриє значних капіталовкладень у впровадження систем живлення такого типу.

Суттєвою перевагою у виборі між двома напругами є той факт, що для того, аби подавати в контактну мережу замість 3 кВ шість, не потрібно великих витрат. Система 6 кВ будується на базі існуючих тягових підстанцій шляхом перемикавання схем випрямлячів. Живлення від такої системи можна застосовувати на всіх ділянках, що електрифіковані постійним струмом, а особливо на тих, що мають великий вантажообіг та значну інтенсивність руху поїздів.

На ділянках із складним профілем, а також там, де рухаються переважно потяги великої ваги, більш раціональним є застосування системи живлення напругою 12 кВ постійного струму.

Проведені дослідження дозволяють стверджувати, що при потужностях локомотивів до 6000 кВт є доцільним використовувати систему тягового електропостачання постійного струму з напругою 6 кВ, що дає змогу зменшити втрати електричної енергії у контактному дроті та рейковому колі на 75%. При збільшенні потужностей локомотивів (від 6000 кВт) стає доцільним використовувати системи 12 або 24 кВ. Але враховуючи те, що вигреш у зменшенні втрат від впровадження системи 24 кВ у порівнянні з 12 кВ не перевищує 5%, є доцільним використовувати систему 12 кВ. Систему 24 кВ найбільш доцільно використовувати при потужностях від 12000 кВт, наприклад, в системах швидкісного руху.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ КРУГОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Новиков В. Ф., Зайцев Н. Н., Воскобойник В. Э.  
(ИТСТ НАНУ «Трансмаг», г. Днепропетровск)

The computational method of magnetic linkage of a magnet with a coil based on usage of values of magnetic induction of a constant magnet, determined experimentally in nodes of rectangular coordinate grid, is proposed. The method includes calculation of the coordinates of given points and integration of induction on a plane.

Енергетика, забезпечуюча такі області потреби як транспорт, виробництво, побутові потреби і т. д., є важливою частиною діяльності людини. В зв'язі з ростом цін на енергоносії в Україні і наближенні їх до світових, а також з витратами пов'язаними з захистом навколишнього середовища при їх виробництві і використанні, особливо гостро стала проблема пошуку альтернативних екологічно чистих джерел енергії. Одним з таких нетрадиційних відновлюваних джерел енергії є вітроенергетика, яка має ряд переваг.

Ветроэнергетика имеет наибольшие темпы роста за прошедшее десятилетие. Среднегодовой прирост в этой отрасли составил 28%. Эффективность работы ветрогенератора во многом определяется его конструкцией. Перспективным направлением в создании новых ветрогенераторов является использование генераторов с возбуждением от постоянных магнитов. На территории Украины, где средняя скорость ветра 4–6 м/с, такие генераторы способны более эффективно работать на низких скоростях вращения. Так же немаловажным преимуществом является отсутствие коллекторно-щеточного узла, что приводит к повышению надежности и упрощению конструкции.

Для разработки такого генератора необходимо знать потокосцепление катушки с магнитом, которое определяется их взаимным положением. Поэтому цель работы – разработка метода расчета потокосцепления катушки с магнитным полем постоянного магнита, в круговой конструкции электромеханического преобразователя.

Предлагается метод расчета потокосцепления магнита с катушкой, основанный на использовании значений индукции магнитного поля постоянного магнита экспериментально определенной в узлах прямоугольной координатной решетки.

Суть метода такова:

1. Магнит рассматривается как неподвижный объект, а перемещение катушки по заданному радиусу изменяет потокосцепление.
2. Прямоугольной системе координат катушки назначается своя координатная решетка, совпадающая по шагу с координатной решеткой магнита.
3. Для заданного углового положения и для каждой точки координатной решетки катушки рассчитываются декартовы координаты в плоскости катушки.
4. Определяются ближайшие точки с известными значениями индукции.
5. Рассчитывается искомое потокосцепление интегрированием индукции по плоскости методом трапеций.

Метод, позволяющий аналитическим путем по известному распределению индукции магнитного поля постоянного магнита, рассчитать потокосцепление катушки движущегося по круговой траектории относительно магнита. Метод реализуется с использованием стандартных вычислительных средств и процедур. Метод удобен для анализа и оптимизации взаимодействия магнита с катушками различной формы.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЯГОВОГО ВЕНТИЛЬНО- ИНДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ СКОРОСТНОГО ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Оверьянова Л. В., Рябов Е. С., Зюзин Д. Ю., Любарский Б. Г.  
(НТУ «Харьковский политехнический институт»)

Traction electric drive on the base of engine with the switched reluctance machine is considered. Mathematical model of traction electric drive on the base of engine with the switched reluctance machine for its applying in modern system of computer mathematics in particular in the package of visual programming Simulinc is offered. Method of determining the parameters and functional relationships in the devices of this type of electric drive are developed. Numerical simulation of operating regimes of traction electric drive on the base of engine with the switched reluctance machine is realized.

Создание скоростного электроподвижного состава является актуальной задачей для предприятий железнодорожного машиностроения Украины.

Важнейшим элементом подвижного состава является тяговый электропривод, так как именно он производит преобразование электрической энергии поступающей из контактной сети в механическую энергию тяги.

Основной проблемой существующей на данный момент является выбор типа тягового привода для такого подвижного состава, обеспечивающего необходимый уровень энергоэффективности при минимальных эксплуатационных издержках. Помимо электроприводов традиционного исполнения - асинхронных, синхронных и с двигателями постоянного тока, активно развивается направление тяговых вентильно-индукторных электроприводов (ВИЭП), основой которого являются реактивный индукторный двигатель (РИД) и полупроводниковый (вентильный) преобразователь. Применение ВИЭП на электроподвижном составе является пока еще мало изученной, но перспективной областью потенциальных возможностей улучшения тягово-энергетических, эксплуатационных и экономических показателей электропоездов и электропоездов.

Основные отличительные особенности РИД заключаются в простоте конструкций магнитной системы и обмоток, отсутствии обмоток на зубчатом роторе и питании обмоток статора однополярными импульсами тока по сигналам датчика положения ротора. По сравнению с двигателями других типов РИД конструктивно проще и технологичнее, имеет меньшие расходы меди и изоляционных материалов при практически одинаковых массах электротехнической стали.

Однако, сложность процессов электромеханического преобразования энергии в РИД (и тем более, в тяговом тракте подвижного состава) в сочетании с отсутствием апробированных методик его проектирования является серьезной проблемой на пути внедрения этих приводов. Выходом из этой ситуации представляется исследование работы ВИЭП с помощью имитационного моделирования.

Научная новизна работы заключается в следующем: впервые предложена математическая модель реактивного индукторного двигателя на основе метода структурных схем; предложена методика построения электромагнитных связей реактивного индукторного двигателя на основе расчёта схемы замещения его магнитной цепи; разработана математическая модель, описывающая электромеханические процессы в тяговом вентильно-индукторном электроприводе. Практическое значение работы состоит в том, что был разработан программный комплекс, позволяющий моделировать электромеханические процессы в тяговом вентильно-индукторном электроприводе.

## НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ В ТЯГОВЫХ СЕТЯХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Омельяненко В. И.

(НТУ «Харьковский политехнический институт»)

This report represents inertial stores of energy in traction networks of railways of two types - inertial and superconducting inductive. Schemes of designs and parameters, and also pre-production models of full-scale superconducting magnets for these technologies are resulted.

Для тяговых сетей электрифицированных железных дорог, метрополитенов и городского электротранспорта с существенно изменяющимися уровнями нагрузок и требованиями обеспечения в то же время высоких качественных показателей энергии, тенденция доведения электроэнергии до подвижного состава через накопители весьма актуальна.

Накопители могут обеспечить:

- более низкие затраты на энергопотребление за счет уменьшения потерь от рекупирующих токов и улучшение такого показателя как максимальная пиковая абонируемая мощность;

- более низкие капитальные затраты на тяговые подстанции за счет снижения их установленной мощности или увеличения расстояния между ними вплоть до исключения

отдельных подстанций из сети тягового электроснабжения;

– стабилизацию напряжения в тяговой сети.

Для работы в сетях тягового электроснабжения можно использовать четыре типа накопителей: емкостной, электрохимический, инерционный электромеханический и сверхпроводящий индуктивный.

По таким показателям как вес, объем, КПД, число циклов, длительность циклов, потери энергии за час, доля энергии обмена, преобладание на сегодняшний день имеют инерционный электромеханический и сверхпроводящий индуктивный. Сотрудниками кафедры электрического транспорта и тепловозостроения Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» длительное время ведутся работы по этим двум направлениям.

В докладе приводятся параметры инерционного накопителя в виде кольцевого безвального маховика для выравнивания напряжения в контактной сети Харьковского метрополитена. В этом накопителе цилиндрический маховик диаметром 1445 мм и высотой 1064 мм при частоте вращения 2100...3000 об/мин запасал и выдавал энергию 90 МДж с мощностью 1800...3000 кВт. Для системы электромеханического преобразования энергии принята обращенная машина постоянного тока с тиристорным коммутатором мостового типа и возбуждением от постоянных магнитов.

Описан также сверхпроводящий накопитель, который включает в себя сверхпроводящую магнитную систему с инфраструктурой, обеспечивающей ее функционирование, а также преобразовательное устройство, регулирующее перетоки электроэнергии между накопителем и тяговой сетью.

Приведены базовая конструкция и технология изготовления полномасштабного сверхпроводящего магнита для сверхпроводящего индуктивного накопителя энергией 54 МДж для стабилизации напряжения на тяговой подстанции пригородных железных дорог.

Показано, что работы по поиску решений научно-технических и практических задач создания и использования накопителей энергии в тяговых сетях электрифицированных железных дорог весьма перспективны, так как направлены на внедрение конкретных, исключительно энергосберегающих устройств.

Одним из перспективных устройств такого рода является сверхпроводящий индуктивный накопитель. Как показал наш опыт создания сверхпроводящих магнитов, на пути реализации этой технологии нет непреодолимых технических проблем.

## МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОТЯГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ У ЗАДАЧАХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Сиченко В. Г.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Сучасний електрорухомий склад (ЕРС) представляє складну електромеханічну систему, в якій застосовуються різноманітні перетворювачі електроенергії. Величина і гармонійний склад тягового струму визначаються режимом роботи тягового двигуна, комутаційним обладнанням силового кола ЕРС і перетворювачами частоти, в разі їх застосування. Виникаючі електромагнітні завади негативно впливають на суміжні низькоенергетичні пристрої, що забезпечують безпеку руху.

Експериментально проаналізувати електромагнітні процеси, що відбуваються при взаємодії системи тягового електропостачання (СТЕ) і ЕРС достатньо складно і дорого, тим більше в умовах застосування різних типів електровозів. Для досліджень електромаг-

нітних процесів в електровозі розроблена математична модель, яка дозволяє моделювати електромагнітні процеси при різних параметрах СТЕ та ЕРС та оцінювати ступінь електромагнітного впливу тягового струму на пристрої залізничної автоматики. Модель побудована за принципом ієрархічної декомпозиції та складається з трьох підсистем: електричної, механічної і управління, кожна з яких виконує функціонально завершені перетворення. В ній враховані особливості схемотехнічних рішень різних типів електровозів. Адекватність математичної моделі перевірена за результатами експериментів на діючому електровозі. В докладі розглядаються особливості побудови моделі, математичного опису різних підсистем та результати моделювання у різних режимах експлуатації.

## МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ ВІД СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Устименко Д. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The microprocessor device of protection of electric chains of electric motors from short circuit currents in which switching-off of a current of short circuit is carried out before achievement by a current of shock value is presented.

Функціонуванню електричних машин властиві штатні і нештатні аварійні режими роботи, які разом з засобами захисту, що призначені для їх відпрацювання надають першорядного значення на збереження і подовження строку експлуатації електрообладнання.

З цієї причини особливу актуальність здобувають питання діагностики, моніторингу стану електрообладнання в процесі експлуатації; забезпечення надійними засобами захисту попередження перед аварійних і аварійних ситуацій.

Сучасний рівень розвитку комп'ютерних технологій і наявність вимірювально-обчислювальних засобів дозволяють вирішувати задачу надійної експлуатації електричних машин і попередження перед аварійних і аварійних ситуацій.

Представлено мікропроцесорний пристрій захисту кіл електричних машин від струмів короткого замикання (к.з.), в якому здійснюється вимикання струму к.з. до досягнення ним ударного значення. Принцип дії пристрою заснований на порівнянні поточного значення струму з його еталонним значенням і формуванні керуючого сигналу, який діє на швидкодіючий комутаційний елемент в електричному колі машини.

В нормальному режимі роботи комутаційний елемент знаходиться в замкнутому стані, машина отримує живлення і через її електричне коло протікає струм. В аварійному режимі інформація з блоку вимірювання струму надходить до аналізатора. У випадку, коли зміна струму  $\Delta I \geq \delta I$  ( $\delta I$  – уставка, що визначається режимом експлуатації), режим контрольної точки є аварійним і силовий ключ формує сигнал керування, який вимикає комутаційний елемент. Комутаційний елемент розриває коло живлення двигуна і вимикає струм к.з.

Періодично через певні відрізки часу вимірюють величину фактичного струму в колі електричної машини. Вираховується величина неузгодженості  $\Delta I$  між фактичним значенням струму  $I$  і заданим (еталонним)  $I_e$  струмом за контрольований період часу. У випадку, коли  $\Delta I \geq \delta I$  формується сигнал керування, який вимикає комутаційний елемент. Функцію обрахунку величини  $\Delta I$  виконує аналізатор, який реалізується на мікроконтролері. Цифровий мікроконтролер повинен мати необхідну швидкодію і обчислювальну потужність для розрахунку і видачі сигналу керування. Оскільки, чим менший відрізок часу  $\Delta t$ , тим більша вірогідність, що двигун буде відключено від мережі до того як струм  $I$  досягне



ударного значения к.з. На сучасному етапі розвитку цифрової інформаційної електроніки більшість спеціалізованих мікроконтролерів відповідають таким вимогам.

## ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ТЯГОВОЙ ПОДСТАНЦИИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Щербак Я. В., Слободчиков И. В.

(Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков)

The dynamic characteristics of the system of automatic regulation of output voltage rectifier device of traction substation with the booster converter are research. The possibilities of compensation of low-frequency subharmonics rectified voltage are research.

Дополнение выпрямительных установок тяговых подстанций вольтодобавочными преобразователями и включение их в замкнутую структуру автоматического регулирования позволяет решить ряд проблем тягового электроснабжения. К таким проблемам, прежде всего, могут быть отнесены инвариантность выходного напряжения подстанции к изменениям режимов работы питающей сети и нагрузки и улучшение гармонического состава напряжения в контактной сети.

В данной работе рассмотрены вопросы повышения качества напряжения контактной сети постоянного тока за счет включения вольтодобавочного преобразователя на базе тиристорного выпрямителя в замкнутую структуру автоматического регулирования.

С использованием теории обобщенных функций получена импульсная модель выпрямительной установки с вольтодобавочным преобразователем. Исследованы динамические процессы выпрямительной установки тяговой подстанции с вольтодобавочным преобразователем и  $LC$ -фильтром на выходе в режиме непрерывного тока при воздействии несимметрии управления и несимметрии напряжений питающей сети. С применением метода параметрического регулирования процесса конечной длительности сгенерирована передаточная функция регулятора выпрямленного напряжения. Получены условия процесса конечной длительности и выражение для фактора пульсаций. Показано, что применение оптимизированной по условию получения предельного быстродействия замкнутой структуры позволяет получить инвариантность величины выходного напряжения тяговой подстанции к изменениям режимов работы питающей сети и параметров тяговой нагрузки. Полученный в системе регулирования напряжения переходный процесс заканчивается за три интервала дискретности вольтодобавочного преобразователя, что соответствует порядку характеристического уравнения. Кроме того, данная система позволяет подавлять низкочастотные субгармоники, вызываемые несимметрией питающей сети, собственной несимметрией выпрямительной установки, и низкочастотные гармоники, возникающие в контактной сети в результате биений. Исследован эффект подавления низкочастотных субгармоник выпрямительной установки и контактной сети замкнутой структурой автоматического регулирования и получено выражение для коэффициента подавления гармоник.

Результаты исследований показали, что предложенная система автоматического регулирования позволяет получить предельное быстродействие и подавление низкочастотных субгармоник, чем повышается качество напряжения на выходе тяговой подстанции.

## ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРИВОД СИСТЕМЫ НАКЛОНА КУЗОВА

Якунин Д. И., Редченко Е. С., Ерицян Б. Х.  
(НТУ «Харьковский политехнический институт»)

In this work a questions of application of linear engines as power drive of inclination of bodies of high-speed rolling stock are considered. The type of the linear engine is offered; on the basis of the generalized mathematical model, the imitating model of electromechanical drive of system of inclination of body is created. With its help number of researches is spent.

В современную эпоху развития мирового сообщества важнейшими критериями эффективности работы междугородного пассажирского транспорта являются скорость и пропускная способность. Их повышение связано с внедрением высокоскоростного электрического транспорта. Для Украины, обладающей разветвленной сетью железных дорог, представляется актуальным повысить скорость прохождения кривых за счет внедрения систем наклона кузовов.

В качестве силового привода систем наклона кузовов используются гидравлические, пневматические и электромеханические системы. Электромеханическая система, являясь наиболее перспективной, не обеспечивает должного уровня безопасности движения ввиду отсутствия самовозврата механизма наклона.

Устранить указанные недостатки электромеханического привода, по нашему мнению, представляется возможным путем использования силового привода на базе линейного электродвигателя. В качестве такового выбран линейный двигатель постоянного тока электромагнитного типа цилиндрической формы, выполненный в совокупности с полупроводниковым преобразователем энергии прямоходового типа. Разработана обобщенная математическая модель электромеханической системы наклона кузовов, устанавливающая связь геометрических, силовых и электрофизических параметров с показателями, характеризующими качество и эффективность работы как отдельных механизмов, так и устройства привода наклона кузова в целом. Введены понятия нагрузочной и тяговой характеристик, как зависимостей от угла наклона и перемещения якоря линейного двигателя, возвращающей кузов силы и электромагнитной силы взаимодействия якоря и статора линейного двигателя.

На базе обобщенной математической модели создана в среде Matlab Simulink имитационная модель процессов электромеханического преобразования энергии в системе наклона кузовов, которая позволяет исследовать влияние параметров системы на ее рабочие свойства. Достоверность работы модели подтверждена результатами физического моделирования отдельных ее элементов. Установлен ряд закономерностей влияния как геометрических параметров кинематической схемы механической части системы наклона кузова, так и геометрических и электромагнитных параметров линейного электродвигателя на силовые и энергетические характеристики элементов системы электромеханического преобразования энергии. Предложены критерии капитальных и эксплуатационных затрат, позволяющие оценить эффективность работы линейного двигателя. Установлено, что критерии являются противоречивыми, для выбора рациональных значений геометрических и электрофизических параметров двигателя требуется использовать функцию принятия решения. В ходе решения задачи оптимизации для конкретной тестовой задачи установлено эффективное значение диаметра якоря и число витков. Установлено, что наклон кузова в кривых не оказывает значительного влияния на величину боковых и направляющих сил, как и на износ колес. Определяющее значение имеет ограничение скорости движения в кривых по допустимому уровню направляющих сил.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В УСТРОЙСТВАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Мищенко Т. Н.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Хотя на сегодняшний день разработка наноматериалов и применение на их основе нанотехнологий находятся во многом на стадии поиска даже в общегосударственном масштабе, всё же можно показать некоторые пути их использования в устройствах электрифицированного железнодорожного транспорта.

Прежде всего это восстановление изношенных стальных деталей как подвижного состава, так и устройств системы электроснабжения нанослоистыми металлическими покрытиями. Такие многослойные нанокомпозиты («по вертикали») с толщиной слоёв в несколько десятков нанометров обладают большей в 2...5 раз твёрдостью и прочностью, чем сплошные, что, естественно, увеличивает ресурс работы устройств. Нанесение указанных нанослоистых покрытий можно осуществлять электролитическим осаждением железа или, в ряде случаев, его газотермическим напылением.

Аналогичное нанесение нанослоистых цинковых покрытий на листы кузовов и подшипники качения колёсных пар подвижного состава, на болтовые соединения рельсовых путей, а также на стальные детали электрических машин и аппаратов повышает в 3...4 раза коррозионно-защитную способность поверхностного слоя, а, следовательно, существенно продляет срок их службы.

Как известно, в электротехнических устройствах систем электрической тяги остро стоит проблема наличия меди и её сплавов как электропроводящих материалов: их замена или улучшение физико-механических свойств. В этом плане, в частности, следует рекомендовать гальваническое восстановление латунных гнёзд щёткодержателей тяговых двигателей электроподвижного состава нанослойными покрытиями медью общей толщиной 400 мкм, что существенно повышает износостойкость гнёзд при трении с графитовыми щётками.

Представляет также практический интерес электролитическое получение медных губок-контактов (или хотя бы напаяк на них) электропневматических типа ПК и электромагнитных типа МК контакторов электровозов и электропоездов в сернокислом электролите с добавкой суспензии графитовых нанотрубок.

Ещё одним из путей решения проблемы наличия меди (в связи с её малым количеством в Украине) является замена медных и латунных наконечников на стальные наконечники покрытые нанослоистыми композитами цинка. Стальной наконечник, покрытый микрослоистым цинком, обладает высокой стойкостью против коррозии, а плотность тока в месте контакта, которая уменьшается вследствие плохой электропроводности стали, можно обеспечить, увеличив площадь поверхности наконечника.

И, наконец, конечно же решение вопроса существенного повышения износостойкости графитовых накладок токоприёмников электроподвижного состава можно осуществить легированием графитовой массы, из которой производят накладки, фуллереподобными материалами или углеродными нанотрубками.

Естественно, что практическое осуществление изложенного выше и многое другое в области применения наноматериалов и нанотехнологий возможно лишь при условии проведения серьёзных научных исследований, обеспеченных соответствующим финансированием.

## Секция 5

### «Транспортные системы и технологии перевозок»

#### ПІДГОТОВКА ПРОФЕСІЙНИХ КАДРІВ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ

Пішінко О. М., Боднар Б. Є., Распопов О. С., Пустова Т. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

У процесі еволюції міжнародних відносин на залізничному транспорті виникає необхідність створення і виконання певних вимог, щодо питань інтероперабельності, безпеки та сертифікації. Інтероперабельність надає можливість забезпечити пересування на міжнародних залізницях з однієї країни в іншу, між різними залізничними мережами, які мають відмінні технічні характеристики. Зміна міжнародного стану в секторі залізничного транспорту вимагає нових підходів і технічної сумісності. У цьому випадку на перший план виходить підготовка фахівців для залізничного транспорту. З такою метою було розроблено проект «Магістр: "Інтероперабельність / Безпека / Сертифікація" у галузі міжнародного залізничного транспорту в Україні та Центральній Азії» (MISCTIF).

Проект розроблений Консорціумом провідних європейських партнерів: Національною школою майстерності та професій (CNAM, м. Нант, Франція), Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (Україна), Варшавським технологічним університетом (Польща), Ризьким технічним університетом (Латвія), Казахською академією транспорту і комунікацій ім. М. Тинишпаєва (Казахстан), Киргизьким державним університетом будівництва, транспорту та архітектури (Киргизстан), Національним об'єднанням залізниць Франції (SNCF, Франція), Казахською державною адміністрацією залізничного транспорту («НК «Казахстан Темір Жоли»), Киргизькою адміністрацією залізничного транспорту («НК «Киргиз Темир Жолу»), Державною адміністрацією залізничного транспорту України (Укрзалізниця).

Проект виконується у три етапи: перший етап – розробка навчального курсу для отримання ступеня Магістра; другий етап – створення педагогічного колективу та передача навчальних модулів; третій етап – здійснення курсу навчання для отримання ступеня магістра у перших студентських групах.

Протягом 2009- 2010 рр. було розроблено навчальні модулі, затверджено навчальний план, набрано 18 викладачів: 10 – від ДПТ у та 8 – від Укрзалізниці. Найближчим часом плануються сесії тренінгів передачі модулів викладачам з України, Казахстану, Киргизстану. Викладачі УЗ пройдуть педагогічну підготовку у Франції. Передбачено, що у навчанні візьмуть участь експерти з країн ЄС (Франція, Польща, Латвія). А вже влітку цього року у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту розпочинається прийом студентів. Конкурсний відбір буде проходити у два етапи. З декількох сотен претендентів комісією, до складу якої увійдуть представники з університету, Укрзалізниці та CNAM, буде відібрано 60. Студенти навчатимуться у ДПТі й по закінченні отримають ступень магістра та міжнародний диплом французької Конференції вищих учбових закладів та диплом Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту за спеціальністю «Інтероперабельність та безпека руху на залізничному транспорті».

У зв'язку з тим, що проект фінансується Європейською Комісією за програмою Tempus в ході його реалізації передбачені відповідні моніторинги. Останній моніторинг відбувся 11 березня цього року у Києві. Директор НТО Світлана Шитікова зазначила, що MISCTIF - це кращий проект з-поміж інших таких проектів, узятих останнім часом до реалізації. Головне, за думкою директора, є те, що досить добре налагоджений зв'язок з ро-

ботодавцем, котрий зацікавлений у залученні до праці майбутніх спеціалістів за цією магістерською програмою. У довгостроковій перспективі Укрзалізниця щорічно планує замовляти ДІТТ підготовку 60 магістрів спеціальності «Інтероперабельність та безпека руху на залізничному транспорті». За умови збільшення обсягів перевезень вантажів міжнародними транспортними коридорами потреба у фахівцях зазначеної спеціальності буде зростати. Розроблені у рамках проекту MISCTIF навчальні модулі та методичне забезпечення навчального процесу буде використовуватись для підвищення кваліфікації персоналу залізниць. Все це гарантує дієвість проекту і по закінченні фінансування з боку Європейської Комісії.

Реалізація проекту MISCTIF сприяла включенню університету у 2009 році до Євразійської асоціації університетів та Мережі університетів Чорноморського регіону. У цьому році планується приєднання університету до Міжнародної асоціації університетів.

Усі заплановані на даний час результати досягнуто та повністю відповідають загальної довгострокової мети проекту. Немає сумніву, що всі передбачувані наслідки будуть одержані належним чином та своєчасно. Загальна мета проекту повністю відповідає стратегічному розвитку залізничної галузі країни. Тому проект добре адаптується до зовнішніх факторів, очікувані результати є актуальними і будуть продовжувати приносити користь після закінчення проекту.

## CONFIGURATION OF RAILWAY JUNCTION ON CZECH RAILWAY NETWORK

Baudyš K., Drábek M., Janoš V., Kříž M., Michl Z., Pospíšil J.  
(CTU Prague)

We would like present the results of our 3-year project for Czech Ministry of Transport in area improvement of whole railway system – infrastructure, rolling stock, traffic control and timetable/supply – in Czech Republic. In opposite to today-praxis we have first optimised final net-supply – timetables for future – and then we were optimised requirements to infrastructure improvements in binding to new rolling stock and investment possibilities of Czech Republic.

Fast and long-distance trains are ordered and subsidized as public transport service from Czech Ministry of Transport. This, as an orderer, decides about their timetable. Regional trains are ordered as public transport service by regional authorities, who establish their timetable. Of course, their timetable has to be coordinated with timetable of long-distance trains and regional buses. Timetable is consulted with transport companies and infrastructure manager. For better efficiency of operation and marketing supply many orderers decided for integrated periodic timetable (IPT). Philosophy of IPT is based on principle „in each hour – the same minute – in each junction – in each direction“. Thanks this is possible to make journey from arbitrary junction to some other arbitrary junction direct or with short changing time without waiting (lost) time in junction between two connecting trains. In IPT junctions are short changing times between all trains in all directions. This concept is in use 6 years:

Since Timetable 2003/04 – new concept, Timetable 2004/05 – 7% service increase, Timetable 2005/06 – stabilisation, Timetable 2006/07 – 5% service increase, Timetable 2007/08 – 15% service increase, Timetable 2008/09 – 12% service increase, Timetable 2009/10 – 3% service increase fixed. All this service increasing was possible without bought of any new rolling stock, thank higher efficiency. Incomes are increasing about 17% in this period and passenger flows are still higher and higher. On optimised lines there is now about 60-120% more passengers then in 2003. On some lines with high potential it is 200%, 300% and also 500%. Thanks net-effect is increasing passenger flow on not-optimised lines about 2-10%.

Optimal connections between particular lines in IPT junctions need system travelling times between junctions. System travelling time includes regular travelling time + stop-times in stations between junctions + proportionate part of changing times in junctions + time allowance. With contemporary trains (old rolling stock) and railway infrastructure is very often impossible to reach system travelling times between potential junctions in network. It is the reason, why was Czech Ministry of Transport asked our research team to make 3-year-project “Configuration of railway junction on Czech railway network CG 723-138-190”.

Basic wishes, which are impossible to realize without investment to whole railway transport system, are: shorter periods on perspective lines (1-hour period), better connections to regional lines, new direct lines, competitive bidding for railway company on chosen lines – more quality and comfort (now chosen on 2 long-distance lines and 1 regional line), infrastructure optimisation according to IPT requirements.

All infrastructure projects were till this one solved separately without traffic solutions for surrounding railway lines and network synergy-effects, without connections between trains in main junction. First after building new infrastructure were finding solutions / possibilities of new traffic concepts. Our project brings brand new view - in opposite to today-praxis. We have first optimised final supply – timetables for future – and then we were optimised requirements to infrastructure improvements in binding to new rolling stock and investment possibilities of Czech Republic. This new way enables also better efficiency in investment. It is possible to make only local, necessary, dotted infrastructure improvements and reach the same aims like due to modernization of whole railway line. Complexity of this project is very high.

At first we have analysed actual supply of timetables on railway and in bus transport in comparison with individual traffic to find potential for new supply, shorter travelling times and new direct lines and to find potential IPT-junction. On this base we have create new traffic concepts – new train lines in long-distance and regional transport. These concepts with new configuration of IPT junctions and system travelling times in Czech long-distance railway network were mathematically optimised – for present state and future phases – using software OptiTakt created by Prof. Dr. Wolfgang Hesse from Philipps University of Marburg, Germany. For traffic concept with actual infrastructure and rolling stock we made detailed timetable for all long-distance trains and connected regional trains. Thanks to mathematical optimisation there is possible to go with trains in shorter periods. Travelling times between 14 biggest cities and regional centres is shorter about 5% in average for all relations – without investment in infrastructure and rolling stock, only thanks new traffic conception.

The future final concept is determined with exact system travelling times and train periods on arc and with IPT-junction position in network. It was necessary to make many proposals of infrastructure improvements. The aim was to reach optimised system travelling time, which is depending also on rolling stock qualities. So it was necessary to find optimum between extensity of infrastructure improvements and possibilities of new rolling stock (brand new lines, new part of line somewhere with new tunnels, improvement for tilting trains or only simply electrization with new rolling stock with better acceleration, new station for crossing for two trains in opposite direction etc.). Totally there were solved 153 railway lines. Challenge was to examine also 51 chosen IPT-junction for their capacity, number of platforms and subways to platforms and station gridiron permeability. All this has influence to changing times in station. For two most important railway stations there was made a plan of rail/platform occupation. Thank this plans is possible to show, that there is not necessary to build new station to supply in it two times more trains according to actual estate (official are these stations today without free capacity) and also shorten changing times thanks better trains dislocation to the platforms. Regional trains will use infrastructure projects for long distance trains too. In final network are regional trains usually faster then long-distance trains today. Finally there were set realisation priorities to the particular

improvements. Some expensive projects can be realised later. In near future realized cheap projects with great contributions to the whole system accord with requirements to the final network.

Final aim of our project is shorter travelling time for low costs. For all journey between chosen 14 regional centres is travelling time in average cut back to 65,9% of contemporary travelling times, in average it is less about 1 hour 18 minutes for each journey. But only 3% of total track length of Czech railway network must be newly build.

Project individuality consists in complex examination of transport needs of Czech Republic (transport policy, potential transport and passenger flows) and of infrastructure and rolling stock improvements possibilities according to reasonable investment costs.

Results of our Project will be use to next scientific research (determination of priorities of infrastructure improvement, optimisation of goods trains timetables,...). Czech Ministry of Transport can use it as a basis project for next detailed studies about development of Czech railway network and perspective railway traffic and timetables.

## MICROSIMULATION AS A TOOL FOR OPTIMIZING RAILWAY INFRASTRUCTURE IN NODES

Michl Zdeněk  
(CTU Prague)

Trying to develop a periodic timetable concept one finds out quickly looking for the serious bottlenecks on railway networks they are not on edges, but in the nodes of the railway infrastructure, in rather big railway stations, where the trains (and other means of transport) meet trying to provide optimal interchange option to passengers and not bothering other passengers on the train with waiting for them too long. Unfortunately these nodes, situated in the middle of urban areas, being equipped with a lot of technology, are very costly for changes and very complex for projecting many possible variants up to detail level.

Once a rather political decision is made and one has enough funds, there is usually too little time for developing and evaluating more variants and looking for long-term effectiveness of them and only one or a few subvariants is being developed and realised. In many cases, one finds out just after its completion the project should have been done another way – if only we had an option to play with things a while, and find out the bottlenecks of current projects before they are actually built. A good microsimulation is an option in such a case.

Microsimulation Opentrack has been developed at the Swiss federal institute of technology, ETH Zürich, for its national railway company. It's main idea is in simulating the railway infrastructure up to every switch, signal, speed restriction and grade changes as a double vertex graph – this means that every node of this graph has two ends. A train rolling on such an infrastructure comes from an edge (representing a track), comes to one end of a vertex (symbolizing an km-point with a switch, signal, station platform or whatever), moves to its other end and continues on another edge (scaled with speed limits, length, grade etc.) to other node. These routes (between signals) in the graph are connected into paths (from one station to another) and itineraries (possible ways for a scheduled train in the graph).

The actual “train movements” – the simulation itself – is operated by a discrete module basing on two more data sources – the rolling stock data (weight, maximum velocity, traction and other characteristics) and the timetable itself (lines, course numbers, defined rolling stock and itineraries, scheduled timetable and connections from and to each course, distribution of delay probability etc.).

You can loop through the simulation many times under different conditions. The result is a detailed protocol of almost all possible values and graphs. Evaluation of the results is based on tested options.

In the area of the Prague railway node we have many conflict areas, where the lines of trains of same or different train types cross in one level, and not all of them are to be solved with fly-overs. Opentrack was used to evaluate the impact of a train being delayed on other trains in the node.

Opentrack was also successfully used for determining the maximal waiting time for connections on a suburban one-track line which won't impact the robustness of the current traffic program. Other goal was trying to find a robust exclusion diagram on a double-track suburban railway during maintenance work, when always one section of this track is operated only as a one-track railway. And the last project is an evaluation for the best traffic program on a three-track railway with mixed suburban and long-distance traffic from the view of timetable robustness.

Microsimulation was accepted as a great tool for testing concepts. It uses and provides a lot of data on infrastructure, rolling stock and timetable. One always has to calibrate the model, to check, whether the simplified graph actually corresponds to the infrastructure represented in it. Once the simulation is done, it produces a lot of output data. One should know before the simulation starts, how to deal with the result produced.

## PRIORITIES IN IMPROVING OF RAILWAY INFRASTRUCTURE

Pospíšil J.  
(CTU Prague)

Article brings new point of view on problems of public transport systems improving. New solution is based on some ideal supply in ideal infrastructure network. Introduced method assesses priorities to arcs, junctions or rolling stock to enabled efficient improving of whole system of public transport step-wise. One time made improvements are useful later, they are according to final ideal system. It enables efficient investment, fastest supply improvements on beginning of process and goal-directed approach to ideal system.

Railway has potential to support a device to main traffic flows. But can be ecological and efficient only if will be competitive. Public transport must offer frequent, fast connection between all spots in network. Such supply can be created thanks to periodic timetables. Temporal availability is guaranteed by appropriate period between trains. Spatial availability is guaranteed by suitable coordination of train time positions (time slots) on tracks and in junctions. Based on Integrated Periodic Timetable (IPT), lines in particular area are interconnected so that there are realised optimal changing connections, i.e. without waiting times.

IPT is based on principle „in each hour – the same minute – in each junction – in each direction“. Optimal connections between particular lines in IPT junctions need system travelling times between junctions. System travelling time includes regular travelling time + stop-times in stations between junctions + proportionate part of changing times in junctions + time allowance. To build a net-supply with synergic effect must be fulfilled specific mathematical equations for arcs length so-called basic condition of IPT.

Concept of periodic transport consists in relevant location of IPT-junctions in net, in achieving system travelling times on arcs and unified symmetry axis on all lines (meeting time of two trains of the same line in opposite directions).

Supply of long-distance trains in Czech Republic bases on IPT-principle, passenger count and also incomes from tickets increase. But there is problem with infrastructure optimisation. In



infrastructure area we first build and then we make some proposal for transport conceptions. It's not optimal. Due to life-cycle of infrastructure and its high costs could be better first plan "ideal" supply of public transport system (problem of transport planning) and then determine requirements for infrastructure and rolling stock. In praxis (with actual infrastructure and rolling stock) is not easy to realise ideal supply, very often it is impossible. High investment is necessary. But often is invested uncoordinatedly without net synergy effects. There are some political wishes which evoke direct technical requirements for process of improving of public transport system:

- Minimize total passenger time in system
- Have a optimal changing connections according mathematical equations as soon as possible and then ideal arcs IPT (net bindings)
- During improving maximize relationship between contributions and cost (at first contributions for lower costs, high costs and their contributions later)
- High stability of timetable supply during process – It's impossible to change timetable all the time

Method from CTU Prague assigning priorities in railway infrastructure improving has two inputs: contemporary and ideal network (in graph-theory view). By simple table adjustment with all chosen circles and arcs of net(s) is possible to go from contemporary (actual) to ideal (final) net. Each step represents next priority. It's necessary to choose right arc from right circle and this one improve – shorten for needed length to make possible to travel in circles without waiting times. It enables multi-criteria chose. It's not necessary to shorten arc to ideal (shortest) length. So is possible leave the most expensive parts of arcs (e.g. new tunnels) and make them later. Method takes into account system travelling times (arc length), investment needs (infrastructure, rolling stock) and a passenger flows. Most important value is time. Method give priority to low-cost improvements, which enable faster transition to ideal net with ideal change possibilities in railway junction. One-time made improvements are in accordance with final needs, there is not necessary to make later second improvements on one part of railway track.

We have tested simplified method with very good results on chosen net of long-distance railway lines in west Bohemia and in Moravia. The method was compared with chose of arcs based on biggest timesavings on arcs, lowest/highest investment and some randomised chooses. Method has good connections on circles with longest continuity (without connections losing with next steps). In ca. second third of needed steps we have net with system travelling times without waiting times in junctions. Some arcs are still longer than ideal length, because these arcs need higher investment and bigger infrastructure adjustments which can be realised later in accordance to passenger counts increase.

There are some opened questions in method still:

- Efficient choose of junctions and arcs of IPT
- Determination of all chosen circles in net
- Traffic flows (net lay-out)
- Problem of arc elongation, withdrawal or insertion

Introduced method enables manual intervention (political choose) providing misalignment from ideal path of improvements. On the other hand there is enabled also limitation on total investment level or investment level for saved time value.

In method are included not only infrastructure but rolling stock improvements too. It's about improvement of whole public transport system. Regional transport systems (including Buses) could be included or solved separately. Impartial assessment of priorities (in the sense first contributions for lower costs, high costs and their contributions later) could bring more efficiency to whole public transport system, better competitive advantage of service (net connections) and enable its sustainable development. Supply of service will be better thanks investment to infrastructure and according to this to rolling stock too. Method assesses time horizons of realization respec-

tive of introduction of new supply according to investment budget. Introduced method could be suitable for employers of public transport service or for managers of transport infrastructure.

## ЗАЛІЗНИЧНИЙ Й ІНШІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ: КОНКУРЕНЦІЯ ЧИ СИНЕРГЕТИКА?

Бех П. В., Лашков О. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Рассмотрены варианты возможного развития и расширения рынка транспортных услуг, распределения доходов от перевозок между всеми участниками перевозочного процесса.

В умовах ринкових взаємовідносин, що складаються на залізничному транспорті, особливу актуальність здобувають питання вивчення попиту на транспортні послуги. Попит на ринку транспортних послуг визначається специфікою транспортного виробництва.

Підвищення тарифів на залізничні перевезення не можна назвати повним вирішенням проблеми. Гнучкість тарифів повинна бути одним з основних постулатів маркетингової політики українського залізничного транспорту. Потреби відправників вантажу (вантажодержувачів) можуть бути різними: від термінованої доставки контейнера (не дивлячись на ціну перевезення), до вимоги найменшої можливої плати (незалежно від часу прибуття). У кожному випадку, визначати собівартість перевезення для призначення тарифу буде недостатньо. У клієнтів з'явиться можливість вибору варіанта перевезення – відповідно збільшиться попит на транспортну продукцію залізниць.

Можливо потрібно задіяти синергетичний підхід в логістичній системі транспортування вантажів, який дозволить розподіляти економічний ефект, не тільки між залізницями держав, а й між різними власниками різних видів транспорту. Адже навіть Укрзалізниця розподіляє доходи між залізницями не пропорційно виконаній ними роботі (вантажної, пасажирської, експлуатаційної, тощо), а згідно якогось стратегічного напрямку розвитку. Так чому їй трохи не «поділитись» своїми прибутками від перевезень, які їй забезпечив закордонний залізничний, або іншого виду транспорту, перевізник. Або чому б не отримати додаткові надходження від якоїсь морської компанії, яка замість простою (дуже не дешевого), отримала непоганий фрахт, саме від залучення до перевезення залізницею вантажу за рахунок гнучкої тарифної політики.

Тільки пошук нестандартних рішень (світова криза до цього підштовхує), підтримка й ініціювання нових пропозицій, що до підвищення конкурентоздатності залізничних перевезень, дозволить підняти попит на них, тим самим дасть поштовх до нового, більш якісного розвитку нашого залізничного транспорту.

## АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИИ ПЛАНА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК

Бобровский В. И., Дорош А. С., Колесник А. И.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Research and estimation of influence of construction of plan of hump necks on the indexes of operation of sorting hump.

Горочные горловины сортировочных парков могут отличаться количеством пучков, числом путей в пучках, расположением тормозных средств на спускной части горки. При этом конструкция плана и профиля горочной горловины существенно влияет на показате-

ли работы сортировочной горки. Поэтому, с целью исследования влияния конструкции плана горочных горловин на показатели функционирования сортировочной горки в работе были исследованы четыре варианта горочных горловин с различным числом путей в пучках и положением верхней тормозной позиции (ВТП) относительно первой разделительной стрелки.

Для исследования планов горочных горловин были построены их математические модели, содержащие информацию о параметрах всех ее элементов, с использованием которых было выполнено их автоматизированное проектирование. При этом с целью сокращения длины горочной горловины сортировочного парка была выполнена оптимизация положения точек установки замедлителей парковой тормозной позиции. При расчетах высоты и продольного профиля сортировочных горок было определено максимальное значение уклона первого элемента скоростного участка в процессе варьирования расстояния от вершины горки до первого разделительного элемента. Это позволило улучшить динамику скатывания отцепов и обеспечить наилучшие условия их разделения на стрелках.

Сравнение конструкции сортировочных горок было выполнено на основе имитационного моделирования процесса роспуска составов. Используемая модель позволяет определять оптимальные режимы торможения отцепов состава, при которых обеспечивается максимальная надежность их разделения на стрелках и выполнение требований прицельного регулирования скорости отцепов.

На основе анализа результатов моделирования процесса расформирования потока составов получены показатели функционирования сортировочных горок. Средняя величина интервала между смежными отцепами для горловин с размещением ВТП перед и после первого разделительного стрелочного перевода составляет 6,5 с и 5,7 с соответственно. Данной величины интервала достаточно для надежного разделения отцепов на стрелках.

Для горловин с размещением ВТП перед первой разделительной стрелкой характерна большая расчетная длина, и, соответственно, большая на 10-15% высота горки. Это, в свою очередь, позволяет увеличить уклон первого скоростного элемента на 17-20%, что приводит к улучшению качества сортировочного процесса. В то же время увеличение высоты горки приводит к повышению затрат энергоресурсов на расформирование составов. Средняя скорость отцепов в расчетной точке для всех конструкций горловин составляет 1,35 м/с, что соответствует установленным требованиям. При этом средняя длина окна в расчете на один переработанный вагон значительно превышает рекомендуемую норму, что свидетельствует о необходимости повышения качества прицельного регулирования.

Согласно проведенным исследованиям можно сделать вывод, что уменьшение числа путей в пучках горочных горловин не оказывает существенного влияния на показатели сортировочного процесса, но приводит к увеличению количества замедлителей на спускной части горки почти в два раза. В то же время следует отметить, что для решения вопроса о размещении ВТП и окончательного выбора конструкции горочной горловины необходимо выполнять технико-экономическую оценку ее вариантов с использованием разработанной методики и имитационной модели процесса расформирования составов.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СОПРЯГАЮЩИХ КРИВЫХ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ПУТЯХ

Бобровский В. И., Колесник А. И., Дорош А. С., Пасичный А. Н.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Конструкция плана путевого развития горочной горловины существенно влияет на качество процесса сортировки вагонов и поэтому возникает задача его оптимизации. При

этом одной из проблем является выбор рациональной конструкции плана стрелочной зоны пучков путей горочной горловины. При этом положение пучков, характеризуемое координатами  $(x_0, y_0)$  головной стрелки пучка и углом  $\theta$  его наклона к оси  $Ox$ , определяется предварительно при расчете неизвестных углов поворота кривых на спускной части горочной горловины.

Как показывает анализ, задача поиска оптимальных параметров соединительных кривых на сортировочных путях является достаточно сложной. Каждую соединительную кривую в общем случае можно описать нелинейным уравнением, включающим 4 независимых переменных: длину прямой вставки  $f$  между стрелочным переводом и началом кривой, угол поворота дополнительной кривой  $\varphi$ , а также радиусы основной  $R_o$  и дополнительной  $R_d$  сопрягающих кривых.

Следует заметить, что задачу выбора оптимальных значений указанных параметров нельзя решать для отдельно взятого пути горловины, поскольку его положение влияет на ширину междупутей со смежными путями. Установлено, что данная задача может быть решена на основе системного подхода для отдельного пучка из  $n$  путей. В качестве критерия оптимальности следует принять максимальное расстояние  $L_i$  от головной стрелки пучка до предельного столбика (точки возможной установки замедлителей) среди всех междупутей пучка, которое необходимо минимизировать ( $\max\{L_i\} \rightarrow \min, i = 1, \dots, n-1$ ).

Сформулированная задача относится к негладким задачам нелинейного программирования, точное решение которой получить весьма затруднительно; в этой связи для решения данной задачи разработан итерационный метод, позволяющий за ограниченное число шагов установить рациональные параметры соединительных кривых на путях пучка. Оптимизация начинается с некоторой произвольной конструкции пучка, которая характеризуется вектором расстояний  $L = \{L_1, L_2, \dots, L_{n-1}\}$ . При этом на первом этапе выполняется поиск параметров крайних путей пучка, при которых обеспечиваются минимальные междупутья со смежными пучками. В дальнейшем на каждом шаге итерации изменяются параметры  $(f, \varphi, R_o, R_d)_i$   $i$ -го пути,  $i = 2, \dots, n-1$ , для которого абсолютная величина разности  $\Delta L = |L_i - L_{i-1}|$  максимальна; при этом необходимо выбрать такие параметры  $(f, \varphi, R_o, R_d)_i$ , при которых величина  $\Delta L$  станет минимальной ( $\Delta L = 0$  и, соответственно,  $L_i = L_{i-1}$ ). Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнута требуемая точность расчетов ( $\max \Delta L \leq \epsilon$ ).

Для поиска алгоритма выбора параметров  $(f, \varphi, R_o, R_d)_i$  на очередном шаге итерации предварительно были выполнены исследования их взаимосвязи при выполнении равенства  $L_i = L_{i-1}$ . Установлено, что с увеличением вставки  $f$  величина угла  $\varphi$  также возрастает, что увеличивает работу сил сопротивления на данном пути; поэтому в дальнейшем принято  $f = 0$ . Величины радиусов  $R_o$  и  $R_d$  приняты равными минимальному значению 180 м. Тогда оптимальное значение угла  $\varphi_i$  на очередной итерации определяется как  $\varphi_i = \min\{\varphi_i: |L_i - L_{i-1}| < \epsilon\}$ ; при этом для расчета угла  $\varphi_i$  используется регуляризованный метод поиска нуля функции  $\Delta L(\varphi)$ .

Для реализации метода необходимо для каждой пары путей пучка определять координаты точки, в которой обеспечивается минимальная заданная ширина междупутья  $e_{min}$  для возможной установки замедлителей парковой тормозной позиции. Данная точка может быть определена как точка пересечения эквидистант двух смежных путей, построенных для каждого из этих путей в их общем междупутье и отстоящих от них на расстояние  $e_{min}/2$ . Для автоматизации решения данной задачи указанные эквидистанты аппроксимируются с помощью модифицированных кубических сплайнов, после чего определяются точки их пересечения. Разработана методика поиска точек пересечения сплайнов, основанная на поиске узлов сплайнов, между которыми имеет место их пересечение, и последующем определении координат точки пересечения с использованием метода дихотомии.

Выполненная программная реализация подтвердила эффективность разработанных геометрических моделей и методов оптимизации параметров сопрягающих кривых на сортировочных путях.

## ОБЛАСТЬ ДОПУСТИМЫХ УГЛОВ ПОВОРОТА КРИВЫХ В ГОРОЧНОЙ ГОРЛОВИНЕ

Бобровский В. И., Колесник А. И., Ельникова Л. О.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

A method is developed of decision of area of legitimate values of corners of turn of curves on the downing part of the hump neck.

Конструкция плана путевого развития горочной горловины существенно влияет на качество сортировочного процесса а также на условия безопасной работы горки и поэтому задача оптимизации плана горловины является весьма важной. План горочной горловины имеет достаточно сложную конструкцию, которая должна обеспечить размещение стрелочных переводов, тормозных позиций, а также устройств автоматики с учетом допускаемых радиусов кривых, ширины междупутий и других технических условий. При проектировании горочной горловины необходимо, в первую очередь, определить положение и параметры дополнительных кривых на спускной части горки и на сортировочных путях. Существуют методы решения указанной задачи на ЭВМ, в которых ордината расчетного пути вычисляется как сумма проекций отдельных ее участков на вертикальную ось. Принципиальная сложность данного расчета заключается в том, что на трассе расчетного пути находится, как правило, несколько неизвестных углов. Поэтому для решения полученного уравнения приходится устанавливать значения некоторых углов подбором, либо по данным проектов аналогичных горловин. Такой подход не позволяет однозначно определить рациональные значения углов поворота дополнительных кривых на спускной части горки, от выбора которых зависит качество конструкции плана всей горочной горловины.

В этой связи в данной работе предложен принципиально новый подход к решению задачи определения неизвестных углов поворота кривых спускной части горочной горловины. Разработанный метод основан на предварительном построении области допустимых значений указанных углов, анализ которой позволяет выбрать их рациональные величины.

Первоначально были исследованы зависимости между двумя дополнительными углами  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , которые последовательно располагаются на участках от вершины горки до головных стрелок пучков в симметричных горловинах с четырьмя пучками. Указанные зависимости были получены в результате расчетов значений неизвестного угла  $\beta_2$  при различных значениях  $\beta_1$  при варьировании выбора расчетного пути  $w = 1, \dots, 16$ . При этом на расчетном пути соединительная кривая минимально допустимого радиуса  $R_{\min}=180$  м укладывается непосредственно за торцом крестовины последнего разделительного стрелочного перевода без прямой вставки ( $l = 0$ ). Расчеты выполнялись на базе геометрической модели горочной горловины с использованием итерационного метода.

Как показали исследования, между значениями углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  существует линейная зависимость  $\beta_2 = k \beta_1 + a$ ; при этом коэффициенты  $k$ ,  $a$  различны для всех расчетных путей  $w$ . График зависимости  $\beta_2(\beta_1)$  для расчетного пути  $w$  представляет собой прямую, разделяющую координатную плоскость  $\beta_1\beta_2$  на две полуплоскости; при этом все точки одной из полуплоскостей определяют множество допустимых пар значений  $(\beta_1, \beta_2)$ , при которых радиус  $R_w$  соединительной кривой на пути  $w$  не менее допустимого ( $R_w \geq R_{\min}$ ).

Дополнительное ограничение углов  $\beta_2$  на трассах смежных симметрично расположенных пучков вызвано необходимостью обеспечения между ними допустимой ширины междупутья  $e_{\min}=4,8$  м. Указанное ограничение на графике может быть представлено горизонтальной линией  $\beta_2=\beta_{2\min}$ , параллельной оси  $O\beta_1$ . Тогда множество линий  $\beta_2(\beta_1)$  для всех путей горловины, линия  $\beta_2=\beta_{2\min}$ , а также координатные оси  $O\beta_1$  и  $O\beta_2$ , образуют область  $\Omega_\beta$  допустимых углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  (ОДУ). Область  $\Omega_\beta$  представляет собой выпуклый многоугольник, все точки которого соответствуют допустимым решениям задачи выбора рациональных углов поворота кривых на спускной части горочной горловины.

Выбор рациональных значений углов в ОДУ может быть осуществлен на основе анализа показателей качества проекта горловины, определяемых в узловых точках области.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ТОРМОЖЕНИЯ ОТЦЕПОВ НА КАЧЕСТВО СОРТИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

Бобровский В. И., Кудряшов А. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Results on the effectiveness of the developed technique optimization of retarding the cuts performed by modeling the process of dissolution of the flow compositions

Для обеспечения надежного разделения скатывающихся отцепов на стрелках и безопасной скорости их соударения с вагонами на путях сортировочного парка необходимо определять оптимальные режимы торможения (РТ) отцепов состава. Авторами разработана методика оптимизации режимов расформирования составов, позволяющая установить такие РТ отцепов, при которых интервалы между ними на разделительных элементах максимальны. Указанная методика может быть использована для управления процессом расформирования составов на автоматизированных сортировочных горках.

В данной работе, на основе моделирования процесса роспуска потока составов, были выполнены исследования эффективности разработанной методики оптимизации РТ отцепов. Для исследований была использована имитационная модель процесса расформирования составов, в которой реализованы алгоритмы управления тормозными позициями в существующих автоматизированных системах. Модель имитирует процессы надвига состава и управляемого скатывания всех отделившихся от него отцепов; в результате моделирования получают основные показатели качества сортировочного процесса.

Как показал анализ распределения интервалов  $\delta t$  между отцепами на разделительных элементах, качество интервального регулирования на горке удовлетворительное, так как отрицательные значения  $\delta t$  в полученной выборке отсутствуют. Интервалы  $\delta t$  имеют достаточно большую величину ( $M[\delta t]=5,14$  с), обеспечивая надежное разделение отцепов.

Анализ распределения скорости соударения отцепов с вагонами на сортировочных путях показал, что ее среднее значение составляет 1,37 м/с, что допустимо. В то же время достаточно большое число отцепов (38%) имеют скорость соударения выше допустимой величины 1,5 м/с, что свидетельствует о необходимости повышения качества прицельного регулирования. При этом следует отметить, что при оптимизации режима расформирования состава требования прицельного регулирования скорости его отцепов обеспечивались.

Длины окон между отцепами на путях сортировочного парка (с учетом проталкивания) распределены по показательному закону. Средняя длина окна равна 54,4 м, что составляет 4,7 м в расчете на один переработанный вагон. Данная величина существенно превышает рекомендованную норму 3,0 м/ваг, что также свидетельствует о необходимости

сти совершенствования качества прицельного регулирования скорости отцепов на автоматизированных горках.

Выполненный анализ результатов оптимизации режимов торможения отцепов показал достаточную эффективность разработанной методики, которая может быть рекомендована для расчета скоростей выхода отцепов из тормозных позиций в системах автоматизации сортировочного процесса. Полученные в результате оптимизации режимы торможения могут обеспечить достаточно высокое качество интервального регулирования, а также возможность реализации безопасной скорости соударения вагонов на сортировочных путях автоматизированных горок.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ ОБМІНУ ГРУП У ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДАХ НА ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ

Божко М. П., Мазуренко О. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Выполнено исследование влияния технологии обмена групп в двугруппных поездах на эффективность оперативной организации вагонопотоков на железнодорожном направлении.

В умовах спаду обсягів перевезень гостро постає питання зменшення тривалості знаходження транзитних вагонопотоків з переробкою на технічних станціях. Одним з можливих заходів, які не потребують капітальних вкладень для їх широкого впровадження на залізницях України, є оперативне формування двогрупних поїздів з вагонів попутних призначень.

В процесі просування двогрупних поїздів до кінцевої станції на одній з технічних станцій залізничного напрямку виникає необхідність виконати обмін груп вагонів. В теорії експлуатаційної роботи описана лише одна технологія – прийом двогрупного поїзда в транзитний парк, де з ним виконуються відповідні операції з обміну груп вагонів. На практиці ж досить часто зустрічаються випадки, коли двогрупний поїзд приймають в парк прийому з подальшим його розформуванням. Використовуючи ту чи іншу технологію роботи станція обміну груп несе певні затрати, які можна поділити на три групи:

- пов'язані з простоем вагонів на станції;
- пов'язані з роботою маневрового локомотиву;
- пов'язані з тривалістю знаходження поїзного локомотиву.

Дані витрати для кожного окремого поїзда залежать від багатьох факторів (кількість вагонів у відчипній групі, кількість вагонів на сортувальних коліях та ін.), які мають випадковий характер. Для дослідження впливу технології обміну груп вагонів на окремі показники роботи станції було використано імітаційну модель роботи станцій залізничного напрямку. При вирішенні питання про формування кожного окремого двогрупного поїзда глобальним критерієм було прийнято загальні витрати на організацію вагонопотоків на залізничному напрямку, а локальним критерієм – період планування роботи  $T_{пл}$ .

У якості результатів фіксувалися наступні показники функціонування станції обміну груп вагонів за період роботи протягом одного року:

- сумарні вагоно-години знаходження вагонів кожного призначення;
- обсяг маневрової роботи;
- тривалість знаходження поїзних локомотивів;
- сумарні витрати, пов'язані з організацією вагонопотоків.

Для прикладу було розглянуто залізничний напрямок з трьома технічними станціями та двома попутними призначеннями з середньодобовою потужністю вагонопотоку 200 ваг/добу. Отримані результати моделювання дозволяють зробити наступні висновки. Максимальна економія річних витрат досягається при  $T_{пл}=3$  год. Порівняння техніко-експлуатаційних показників при обслуговуванні двогрупних поїздів через парк прийому та через транзитний парк показує, що для другого випадку збільшується обсяг маневрової роботи на 170 год, тривалість знаходження вагонів даних призначень на 300 ваг-год за рік. При цьому різниця тривалості простою поїзного локомотиву суттєво впливає на результати, а ступінь даного впливу потребує додаткових досліджень.

## ФОРМУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ В УМОВАХ ПРИКОРДОННОЇ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Бутько Т. В., Бауліна Г. С.  
(УкрДАЗТ, м. Харків)

Formed logistic model of technology through the use of logistics center "border dry port" in a border station handling the proposed integration of workstation and shunting logistics manager.

З метою вдосконалення технології роботи прикордонної перевантажувальної станції пропонується створити логістичний центр типу "прикордонний сухий порт" (ЛЦПСР), який буде виступати в ролі регулятора вантажопотоків, що надходять та відправляються з таких станцій. Об'єднання типу "прикордонний сухий порт" повинні стати елементами міжнародної логістичної системи залізниць України в цілому. Доцільність створення таких об'єднань і привабливість їх для клієнтів обумовлено можливістю прискорення доставки вантажів до станції призначення, скорочення часу накопичення групи вагонів, готових до відправлення.

В сучасних умовах намічається тенденція до зростання обсягів перевезення вантажів у контейнерах у міжнародному сполученні, тому ЛЦПСР доцільно сформувати на базі існуючих контейнерних терміналів на великих прикордонних перевантажувальних станціях, що оснащені необхідною навантажувально-розвантажувальною технікою та можуть працювати з 20, 30, 40 футовими контейнерами міжнародного класу.

Отже, контейнерні термінали типу "прикордонний сухий порт" дозволять здійснювати прийом, накопичення, сортування, формування транспортних партій контейнерів, перевантаження імпорتنних вантажів із європейських вагонів у вагони колії СНД, зберігання та переробку контейнерів на складі тимчасового зберігання, а також виконання митного та інших видів контролю із забезпеченням виконання логістичних принципів доставки "точно в строк", "у повній схоронності" та "від дверей до дверей".

Технологія функціонування логістичного центру "прикордонний сухий порт" передбачає, що імпорتنні вантажі від вантажовідправника надходять у логістичний центр залізничним транспортом із прикордонної станції суміжної держави для перевантаження на станціях України і доставляються вантажоодержувачам у вагонах або автомобільним транспортом, або вантажі від відправників України, що надходять на станцію з під'їзних колій або автомобільним транспортом, приймаються для навантаження у вагони для відправлення за кордон залізницею.

Якісна робота ЛЦПСР тісно пов'язана з роботою маневрового диспетчера прикордонної перевантажувальної станції, на якого покладено функції координатора наступних дій, пов'язаних з подачею та прибиранням рухомого складу для виконання відповідних вантажних операцій в "прикордонному сухому порті": подача порожніх вагонів колії 1520 мм



під перевантаження та прибирання їх з перевантажувального фронту; подача європейських навантажених вагонів для перевантаження у вагони належності СНД та їх прибирання з перевантажувального пункту; подача вагонів під навантаження та їх прибирання після вивантаження; розподіл роботи між маневровими локомотивами при виконанні відповідних маневрових операцій з урахуванням даних про підхід поїздів.

Спираючись на вищенаведене, сформовано модель ЛЦПСП в умовах прикордонної перевантажувальної станції, як функції приведених витрат на один контейнер, що пропонується інтегрувати на автоматизоване робоче місце логіста та маневрового диспетчера.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Бутько Т. В., Константинов Д. В.  
(УкрДАЗТ, м. Харків)

The work is dedicated to the decision of an actual problem associated with the improvement of suburban passenger transportations on a railway transportation. The new technology of the organisation of movement with use of new schemes in the conditions of operative regulation on the basis of forecasting has been offered.

В умовах існуючого рівня збитковості приміських перевезень, причиною якого є сучасна система організації, що здійснюється за застарілими методами, необхідним є створення нової ефективної технології приміських перевезень. Впровадження системи оперативного регулювання приміськими перевезеннями, що включає оперативне регулювання композиції поїзду та маршруту слідування, з використанням нових зразків рухомого складу, таких як рейковий автобус, на основі передових досягнень в галузі інтелектуальних технологій є одним з найперспективніших шляхів розвитку приміського сектору галузі.

Нова технологія організації приміських пасажирських перевезень повинна базуватися на системі прогнозування пасажиропотоків. Система прогнозування пасажиропотоків в приміському сполученні в умовах сучасного розвитку інформаційних технологій може бути розроблена з використанням сучасних методів в області “Soft Computing” і реалізована у вигляді гібридної системи, яка дозволить на основі використання нечітко-нейрогенетичного апарату виконувати оперативне прогнозування на короткі проміжки часу, що враховує внутрішньодобову нерівномірність приміських пасажиропотоків. Реалізація системи прогнозування на основі представлених підходів надасть змогу покращити технологію роботи приміського сектору, з можливістю впровадження системи оперативного регулювання та гнучких схем курсування, заснованої на принципі раціонального використання рухомого складу в умовах дефіциту.

Реалізація та ефективне використання нової технології потребує розробки та впровадження систем підтримки прийняття рішень (СППР), спрямованих на оптимізацію процесу прийняття оперативних рішень на всіх рівнях управління. З огляду на складність управління приміськими перевезеннями та присутність при плануванні нечіткої вхідної інформації для розв'язання поставленої задачі запропоновано підхід на основі використання математичного апарату нечіткої логіки та нейронних мереж.

Подальшим вирішенням питання удосконалення технології на основі оптимізації використання приміського рухомого складу в умовах впровадження оперативного регулювання композиції приміських поїздів є розробка нових гнучких схем курсування, заснованих на принципах адаптації до рівня попиту та мінімізації витрат на перевезення. В основу вибору схеми курсування доцільно покласти мінімізацію витрат на організацію та слідування певного маршруту, що обумовлюються об'ємом оперативно-регулювальних дій та відповідністю обраного результату мінімуму витрат на шляху прямування. Для форма-

лізації та вирішення задачі також доцільно використати апарат нечіткої логіки та нейронних мереж.

В результаті реалізації всіх вищезазначених заходів з розробкою структури розподілених СППР нова технологія організації дозволить раціонально забезпечити попит пасажирів при підвищенні рівня рентабельності приміського рухомого складу та продуктивності перевезень, що в свою чергу вплине на зниження експлуатаційних затрат.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВОКЗАЛУ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РУХУ ПАСАЖИРОПОТОКІВ

Бутько Т. В., Прохорченко А.В., Журба О. О.  
(УкрДАЗТ, м. Харків)

Improvement of railway passenger terminals operational technology based on modeling of passenger flows dynamics

В умовах зростання об'ємів перевезень при проведенні "Євро-2012" постає задача ефективного використання інфраструктури залізничних вокзалів з урахуванням забезпечення зручності для пасажирів. Підвищення якості обслуговування пасажирів за рахунок застосування логістичних підходів до управління пасажиропотоками на залізничних вокзалах є одним із значних чинників отримання переваги залізничного транспорту на ринку пасажирських перевезень.

В розгалуженій мережі пасажирських сполучень залізничний вокзал є точкою біфуркації інтермодальних маршрутів прямування пасажиропотоків, що вимагає проведення досліджень на мікрорівні, де пасажиропотік представляється як потік часток, що взаємодіють між собою. Одним із напрямків дослідження маршрутів переміщення пасажирів на вокзалі для формування ефективних заходів щодо уникнення заторів та незручностей при пересуванні по вокзалу є побудова адекватної математичної моделі динаміки руху пасажиропотоків на основі використання теорії динаміки натовпу (Crowd dynamics). Для рішення поставленої задачі запропоновано використовувати розроблену мультиагентну модель динаміки руху пасажиропотоків, яка дозволяє враховувати колективну поведінку пасажирів в потоці виходячи із глобальної мети потоку та локального планування руху пасажира.

Запропонована модель динаміки руху пасажиропотоків дозволить визначити основні напрямки удосконалення технології роботи залізничного вокзалу при безперервному перевізному процесі в транспортному вузлі в години "пік".

## ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛІ НЕЧІТКИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ З ВЛАСТИВОСТЯМИ САМООРГАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ПАСАЖИРОПОТОКІВ

Бутько Т. В., Чеклова Є. В.  
(УкрДАЗТ, м. Харків)

This work is dedicated of definition of a rational composition of structure of passenger trains is offered on the basis of a method of the theory of indistinct sets, which permits to take into account an illegibility of the data and situation of uncertainty, that arises at formation flow of the passengers.

Сучасний стан розвитку України характеризується постійним коливанням обсягу пасажирських перевезень, з одночасною зміною пасажиропотоку по напрямках – сезонні фактори, фактори вихідного дня тощо. Один із актуальних напрямків вирішення цієї задачі є розробка оптимальної схеми обігу составів пасажирських поїздів за кільцевими маршрутами в умовах змінення композиції составів. Функціональна сутність складання плану – графіку раціональних схем обігу составів пасажирських поїздів за кільцевими маршрутами полягає у визначенні маршрутів слідування і побудови розкладу руху кільцевих маршрутів на замкнутому заданому полігоні мережі шляхом паралельного прокладання маршрутів за рейсами при забезпеченні перевезення заданого обсягу пасажиропотоку мінімальною кількістю кільцевих маршрутів або максимальну кількість прогнозного пасажиропотоку наявною кількістю кільцевих маршрутів. Це в свою чергу загострює потребу в адекватному прогнозуванні розрахункових характеристик транспортної системи на перспективу з метою надання їй гнучкості. Створення відповідних моделей прогнозування повинно базуватися на результатах наукових досліджень інтенсивності пасажиропотоку.

Прогнозування пасажиропотоків в дальньому та місцевому сполученнях – є основою для прийняття важливих рішень з розвитку та технічного оснащення пасажирської транспортної системи.

Перспективні обсяги пасажирських перевезень визначаються з використанням різноманітних методів прогнозування, включаючи комплексний евристичний підхід. На практиці моделювання і прогнозування перспективних пасажиропотоків найбільш розповсюдженим є метод найменших квадратів, який надає непоганий результату згладжування рівнянь часових рядів динаміки, але для більш високого та точного результату пропонується використовувати один із нестандартних підходів на базі гібридизації математичних методів нечіткої алгебри та еволюційних обчислень. Для цього розроблена модель нечітких часових рядів з властивостями еволюційної самоорганізації. Сутність цього методу полягає в тому, що в результаті гібридизації, стає можливим коректно оперувати лінгвістичною невизначеністю та підвищити якість функціонування в умовах досить короткої вхідної послідовності часових рядів за рахунок надання моделі властивостей самоорганізації. Незначне відхилення (4-6%) теоретичного значення від фактичного обсягу пасажиропотоку показує доцільність використання розробленої моделі для прогнозування перспективних пасажиропотоків.

Застосування вищезазначеної моделі при вирішенні задачі оптимізації схем обігу пасажирських составів дозволить максимально задовольнити попит пасажирів на перевезення, раціонально використовувати наявний рухомий склад та підвищити рентабельність пасажирських перевезень за рахунок природного наближення показника населеності составів пасажирського поїзда до 80%.

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СХЕМ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Вернигора Р. В., Малашкин В. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

На современном этапе развития экономики Украины железнодорожный транспорт сохранил за собой роль основного перевозчика, продолжая выполнять значительный объем грузовых и пассажирских перевозок. В условиях жесткой конкуренции с другими видами транспорта перед железными дорогами стоит непростая задача постоянной поддержки рыночной привлекательности за счет повышения качества транспортного обслуживания. Учитывая, что железнодорожные станции занимают одно из ведущих мест в организации перевозочного процесса, решение указанной задачи предполагает реализацию мероприятий по комплексному усовершенствованию станций. Особого внимания при этом требуют вопросы совершенствования конструкции путевого развития станций, поскольку схема станции является одним из наиболее значимых факторов, влияющих на технико-эксплуатационные показатели ее функционирования.

При проектировании новых и переустройстве существующих железнодорожных станций необходимо соблюдение ряда обязательных общих требований для обеспечения безопасности движения поездов, потребной пропускной и перерабатывающей способности раздельных пунктов, технологичности и экономичности проектного решения. В этой связи для получения наиболее рационального проектного решения необходима разработка нескольких вариантов строительства или переустройства станции или отдельных ее элементов, что требует выполнения значительной расчетной работы. Далее, основываясь на личном опыте, проектировщик исключает часть вариантов из рассмотрения и для сравнения оставшихся конкурентоспособных вариантов осуществляет расчет мощности основных технических устройств и выполняет оценку вариантов по ряду показателей, важнейшими из которых являются стоимостные – капитальные вложения и эксплуатационные расходы. При этом конечный вариант проектного решения может быть не рациональным с точки зрения эксплуатационных характеристик.

В этой связи была поставлена задача разработки специального инструментария для комплексного анализа и технико-экономической оценки схем путевого развития железнодорожных станций. С этой целью на кафедре «Станции и узлы» ДНУЖТ в настоящее время разрабатывается программный комплекс, который на основе технологий автоматизированного проектирования и эргатического имитационного моделирования позволяет решать следующие задачи:

- графический ввод и редактирование немасштабной схемы станции;
- формирование геометрической модели станции, расчет параметров основных элементов путевого развития, получение масштабного плана станции;
- определение технических (конструкционных) и эксплуатационных показателей заданной схемы станции;
- анализ возможных маршрутов движения и расчет загрузки горловин станции;
- автоматизированное построение на основе геометрической модели путевого развития эргатической имитационной модели станции и оценка с ее помощью качества рассматриваемого проектного решения.

Использование такого программного комплекса на стадии проектирования позволит автоматизировать работу проектировщиков, увеличить количество рассматриваемых вариантов, быстро получать объективную комплексную оценку каждого проекта и за счет

этого повысит качество проектных решений. Комплекс такого рода может быть положен в основу современной системы поддержки принятия проектных решений.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СОСТАВОУТВОРЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Вернигора Р. В., Пугач О. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Процес составоутворення на сортувальних станціях є невід'ємним та одним з найбільш визначальних елементів в організації вагонопотоків на залізницях. Особливої актуальності проблема дослідження процесу составоутворення та пошуку шляхів його вдосконалення набула у сучасних умовах, що характеризуються суттєвим зменшенням обсягів перевезень, зміною структури вагонопотоків, значною зношеністю технічних засобів та нерациональним їх використанням. Комплексне вирішення цієї проблеми передбачає системний підхід та всебічний аналіз процесів розформування-формування поїздів з урахуванням всіх впливаючих факторів та можливих експлуатаційних умов.

Ефективним інструментом дослідження та аналізу процесу составоутворення на сортувальних станціях є функціональне імітаційне моделювання. В зв'язку з цим був розроблений програмно-імітаційний комплекс, що дозволяє моделювати роботу сортувальних станцій в різних експлуатаційних умовах. При розробці функціональної моделі сортувальна станція розглядалась як стохастична багатофазна багатоканальна система масового обслуговування (СМО), що складається з комплексу окремих технологічних підсистем. Функціональна модель побудована та реалізована на ЕОМ з використанням об'єктно-орієнтованого підходу. Розроблений програмний комплекс дозволяє спрогнозувати значення основних експлуатаційних показників роботи сортувальної станції та її окремих підсистем.

Для визначення придатності розробленої імітаційної моделі до виконання практичних досліджень була виконана її ідентифікація та оцінка адекватності на основі даних, отриманих у результаті комплексного дослідження однієї з великих сортувальних станцій України. Порівняння реальних показників роботи сортувальної станції та отриманих у результаті моделювання з використанням параметричного критерію Уїлкоксона дозволило зробити висновок про адекватність розробленої моделі реальній станції.

Розроблена модель була використана для визначення впливу ряду техніко-технологічних параметрів сортувальної станції на ефективність процесу составоутворення. З цією метою за допомогою моделі була проведена серія факторних експериментів; при цьому в якості функцій відгуку обрано простої вагонів різних категорій на станції та в окремих її парках, а в якості факторів, вплив яких досліджувався, – ряд техніко-технологічних параметрів станції, що були відібрані на основі експертних оцінок (кількість бригад оглядачів вагонів, локомотивів тощо).

На основі обробки результатів серії факторних експериментів були отримані аналітичні моделі, що дозволяють визначити вплив кожного фактору на той чи інший показник роботи станції. Зокрема було встановлено, що найбільший вплив на величину простою транзитного вагону з переробкою має рівень забезпеченості готових до відправлення составів поїзними локомотивами.

Таким чином, одним з найбільш доцільних напрямків підвищення ефективності процесу составоутворення на сортувальних станціях є розробка методів раціонального розподілу парку поїзних локомотивів для зниження непродуктивного простою готових до відправлення составів.

Отримані результати можуть бути використані в подальших дослідженнях при роботі та виборі найбільш раціональних організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення ефективності процесів составоутворення на сортувальних станціях.

## ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ ТА ФАКТОРИ, ЩО НА НИХ ВПЛИВАЮТЬ

Журавель В. В., Журавель І. Л., Гошкович І. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Установлен вид уравнений регрессии, адекватно описывающих связь между ошибкой тор-  
можения отцепов, уклоном сортировочных путей и средней длиной «окна» или количеством опе-  
раций осаживания на один переработанный вагон, с учетом влияния весовой категории вагонов и  
количества вагонов в отцепе.

Актуальною проблемою нашого часу є забезпечення збереження вагонів і вантажів, що перевозяться, а також зменшення тривалості виконання маневрових операцій. Тому суттєво зростають вимоги до якості регулювання швидкості скочування відчепів з сортувальної гірки, особливо прицільного регулювання.

Пошкодження вагонів під час сортування відбувається в основному внаслідок їх зіткнення з перевищенням нормованої швидкості 5 км/год. При цьому, окрім витрат на ремонт, мають місце втрати перевізних ресурсів внаслідок направлення вагонів у ремонт. У разі пошкодження вантажу залізниця має відшкодувати вантажовласникам їх збитки.

Від якості прицільного регулювання швидкості скочування залежать довжина «вікон» між групами вагонів на сортувальних коліях і кількість операцій осаджування, а внаслідок і витрати, що пов'язані з виконанням осаджування.

Основними факторами, які впливають на вказані вище показники є:

- 1) похибка гальмування (середньоквадратична помилка розрахунку та реалізації швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій);
- 2) вагова категорія вагонів у потоці, що підлягає розформуванню;
- 3) кількість вагонів у відчепі;
- 4) ухил сортувальних колій.

Показники роботи гірки великої потужності з 32 коліями у сортувальному парку визначено на підставі результатів імітаційного моделювання процесу розформування составів для прийнятої швидкості розпуску – 1,7 м/с і заданої швидкості зіткнення вагонів – 1,4 м/с (5 км/год). Похибка гальмування варіювалася у межах від 0,1 м/с до 1 м/с з кроком 0,1 м/с. Крім того, для кожного значення похибки гальмування розглянуто:

- 1) вісім варіантів, в яких частота появи вагонів середньо-важкої та важкої вагової категорії змінювалася від 85 % (варіант 1) до 15 % (варіант 8);
- 2) вісім варіантів, в яких частота появи відчепів з 1 вагона та 5 і більш вагонів змінювалася від 80 % і 5% відповідно (варіант 1) до 10 % і 75 % відповідно (варіант 8).
- 3) вісім варіантів, в яких варіювався ухил сортувальних колій від 0,6 ‰ (варіант 1) до 2,0 ‰ (варіант 8) з кроком 0,2 ‰.

У результаті досліджень встановлено, що між факторами, які розглядалися, та показниками роботи сортувальної гірки має місце певний нелінійний кореляційний зв'язок.

Також отримано двофакторні рівняння регресії, які адекватно описують зв'язок між похибкою гальмування відчепів ( $x_1$ ), ухилом сортувальних колій ( $x_2$ ) і середньою довжиною «вікна» або середньою кількістю операцій осаджування на один перероблений вагон з урахуванням впливу вагової категорії вагонів і кількості вагонів у відчепі.

Для визначення вказаних рівнянь виконано активний регресійний експеримент.

Коефіцієнти рівняння регресії у вигляді поліному другого рівня визначено за методом найменших квадратів, а поліному третього рівня – за методом Чебишева.

Для перевірки адекватності опису результатів експериментів рівнянням регресії використано  $F$ -критерій Фішера, відносне відхилення  $v$  дійсних значень  $y_i$  від прогнозних, а також множинне кореляційне відношення  $R$ .

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ВАГОНОПОТОКІВ ПІД'ІЗНОЇ КОЛІЇ ЗАВОДУ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ

Журавель І. Л., Журавель В. В., Дудка М. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The research is executed of influencing of parameters of vagonopotoka access road of factory on the indexes of work of freight station at its substantial vibrations.

Під час взаємодії вантажних станцій і під'їзних колій, які до них примикають, постає питання вибору раціональної технології їх взаємодії, враховуючи черговість подач вагонів на вантажні пункти. З економічної точки зору питання раціоналізації технології взаємодії станції примикання та під'їзної колії є актуальним.

Мета роботи полягає у підвищенні ефективності функціонування вантажної станції шляхом розробки раціоналізації технології взаємодії станції примикання та під'їзних колій, що до неї примикають. Задачею дослідження обрано формалізація моделей фаз станції та визначення параметрів її функціонування. В якості об'єкту дослідження обрано технологію роботи вантажної станції та порядок її взаємодії з прилеглою під'їзною колією (ПК) заводу.

Дослідження впливу параметрів вагонопотоків ПК на показники роботи вантажної станції виконано за допомогою імітаційного моделювання шляхом побудови добового плану-графіку роботи станції. Для імітаційного моделювання використано отримані статистичні дані щодо функціонування вантажної станції та результати статистичного моделювання, яке було виконано на їхній основі.

Отриманий добовий план-графік роботи вантажної станції показав, що:

– значне очікування як подавання вагонів на ПК, так і прибирання їх звідти, викликане в першу чергу необхідністю дотримання встановлених інтервалів подавання-прибирання вагонів згідно з договором із ПК;

– очікування виконання технологічних операцій пояснюється зайнятістю станційного локомотива, але питання введення другого станційного локомотива не є раціональним за даних обсягів роботи.

Як видно, причини непродуктивних простоїв на станції практично не залежать від її роботи.

З метою дослідження впливу параметрів вагонопотоків ПК на показники роботи станції виконано імітаційне моделювання роботи станції для зменшених (на 15 %) і збільшених (на 15 % і 30 %) розмірів вагонопотоку ПК. В результаті отримано наступне:

– так як основним призначенням станції К є обслуговування під'їзної колії заводу, то збільшення розмірів вагонопотоків на неї суттєво впливає на завантаження колій станції (при збільшенні розміру вагонопотоку на ПК на 30 % практично всі колії станції, особливо прийнятно-відправні зайняті, що викликає ускладнення в роботі станції) та збільшення тривалості очікування виконання технологічних операцій на станції;

– збільшення розмірів вагонопотоків суттєво впливає на середньозважену тривалість знаходження вагона на станції та відповідно на середній простій вагона під однією ванта-

жною операцією. Це пояснюється, в першу чергу, збільшенням очікування виконання основних технологічних операцій;

–збільшення розмірів вагонопотоків впливає також на коефіцієнт завантаження маневрового локомотива станції, що пояснюється збільшення тривалості виконання частини технологічних операцій;

–на інші показники роботи станції суттєвого впливу збільшення розмірів вагонопотоків на ПК не викликає.

## ТЕРМІНАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ У ЛОГІСТИЧНОМУ ЛАНЦЮЗІ ПОСТАЧАНЬ

Клен О. М.  
(КДУ, м. Кременчук)

One of variants of application of effective technology of transportations of loads in the logistic chain of supplies is application of terminal technologies of transportations. For today creation of freight terminal which will provide delivery of loads to the consumers in complete accordance with their requirements with maximal efficiency of the use of different types of transport is planned in Kremenchuk

Логістичний ланцюг – це чіткий послідовний процес планування, реалізації і контролю економічного ефективного переміщення і зберігання вантажів, а також послуг і відповідної інформації від місця виникнення до місця споживання з метою задоволення вимог споживача. Безпосередньо сам процес транспортування в даному ланцюзі постачань займає від 45 до 50%. Це свідчить про необхідність постійного підвищення ефективності роботи транспорту, що вимагає розробок та впровадження конкретних інструментів логістизації діяльності перевізників.

Один з варіантів застосування ефективної технології перевезень вантажів у логістичному ланцюзі постачань – це застосування термінальних технологій перевезень. Це обґрунтовується тим, що у наш час спостерігається ріст обсягу виробництва та товарообороту, в якому багато видів вантажів перевозяться партіями, оскільки підприємства прагнуть до зменшення запасів на своїх складах. У цьому випадку термінали виступають проміжною ланкою у забезпеченні доставки вантажів споживачам у повній відповідності до їх вимог з максимальною ефективністю використання транспорту. Тобто при впровадженні термінальних технологій перевезень вантажів можна досягти: зниження витрат на транспортне обслуговування підприємства; підвищення якості перевезень; підвищення конкурентних переваг ланцюга постачань вантажів завдяки вдосконаленню транспортного обслуговування. Дані висновки зумовлюються тим, що сучасний вантажний термінал є підприємством, що здійснює різноманітну діяльність, включаючи взаємодію з перевізниками, клієнтами, посередниками, митницею, банком і рядом інших контрагентів. Якість термінальних технологій перевезень характеризується високою швидкістю доставки вантажів та ефективністю використання транспортних засобів. Головними функціями терміналу при цьому є збір, завезення, розвезення та вантажопереробка, зберігання, міжтермінальне перевезення та доставка вантажів кінцевому споживачу, а також інформаційно-комп'ютерна підтримка сервісних послуг терміналу та розрахунок витрат за транспортно-логістичні послуги.

На сьогоднішній день в м. Кременчуці, в одному з найкрупніших промислових та транспортних вузлів Полтавської області, планується створення вантажного терміналу нового покоління, головним видом транспорту на якому буде залізничний, а допоміжними автомобільний та річковий. Стратегія розвитку контейнерного терміналу на даному етапі



визначається шляхом вивчення вантажопотоків усіх напрямків слідування. Але необхідність цілісного підходу до організації перевезень вантажів із застосуванням систем автоматизації технологічного процесу на цьому терміналі є беззаперечним фактом. Це дозволить: об'єднати різні види транспорту; підвищити точність обліку товарних запасів до 99%; збільшити пропускну спроможність складу приблизно на чверть. В результаті застосування термінальної технології перевезень можна: гарантувати замовнику доставку вантажів в найкоротші терміни; забезпечити підвищення завантаження рухомого складу у зворотному напрямі на 20-25%; скоротити невиробничі простой транспорту на 10-15%; підвищити продуктивність на 30-40%; збільшити прибуток від перевезень на 15-20%.

## ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕКИ СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПІВ З СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ МЕТОДАМИ МОДЕЛЮВАННЯ

Козаченко Д. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Для перевірки умов забезпечення безпеки процесу розпуску составів на сортувальних гірках в ДПТі розроблена модель, в якій відцеп та його вагони розглядаються як складні динамічні системи. В розрахунках прийнята дворівнева модель відчепа яка включає одномірну модель відчепа та просторову модель досліджуємого вагона. Розрахункова схема відчепа для загального випадку зображена на рис. 1.

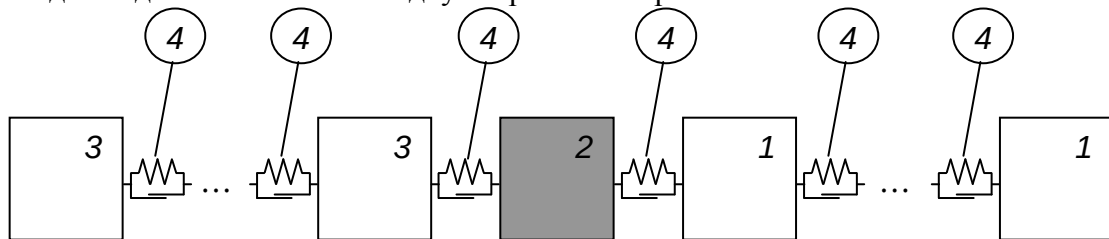


Рисунок 1 – Розрахункова схема одномірної моделі відчепа: 1 – вагони головної групи, 2 – досліджуємий вагон; 3 – вагони хвостової групи; 4 – зв'язки між групами вагонів.

Зважаючи на те, що у одномірній моделі відцеп розглядається як динамічна система, то в ній також розглядаються сили, що виникають у автозчепках та поглинаючих апаратах  $S_{a1}$  та  $S_{a2}$ . Сили, що діють на вагон у складі відчепа при скочуванні з гірки зображено на рис. 2. Диференціальне рівняння руху відчепа при цьому може бути представлено у вигляді:

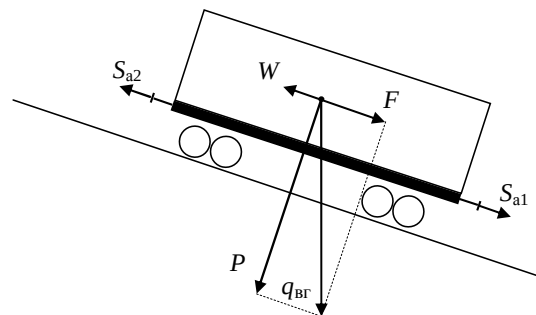


Рисунок 2– Сили, що діють на вагон у відчепі під час скочування з гірки

$$dt = \frac{dv}{g'(i(s) - w_0 - w_{ск}(v) - w_{св}(v) + s_{b1}(v) - s_{b2}(v)) \cdot 10^{-3}},$$

де  $g'$  – прискорення сили тяжіння  $\text{м/с}^2$  з урахуванням інерції мас, що обертаються;  $i(s)$  – середній ухил на якому розташований відцеп;  $w_0$  – основний питомий опір вагона,  $\text{Н/кН}$ ;  $w_{ск}$  – питомий опір стрілок та кривих;  $w_{св}$  – питомий опір середовища та вітру;  $s_{a1}$ ,  $s_{a2}$  – питомі зусилля, що діють у міжвагонних зв'язках,  $v$  – швидкість відчепа,  $\text{м/с}$ .

Просторова модель вагона у відчепі використовується для визначення зусиль у елементах його конструкції та у взаємодії вагона і колії. Розрахункова схема просторової моделі піввагона, розташованого на колії наведена на рис. 3. В якості моделі залізничної колії маршруту скочування відчепа прийнято модель у вигляді двох балок, що знаходяться на суцільному пружному напівпросторі. Колія характеризується кривими у плані та профілі, розташуванням стрілочних переводів і гальмівних уповільнювачів. В моделі враховуються нерівності колії, що викликають просторові коливання вагонів.

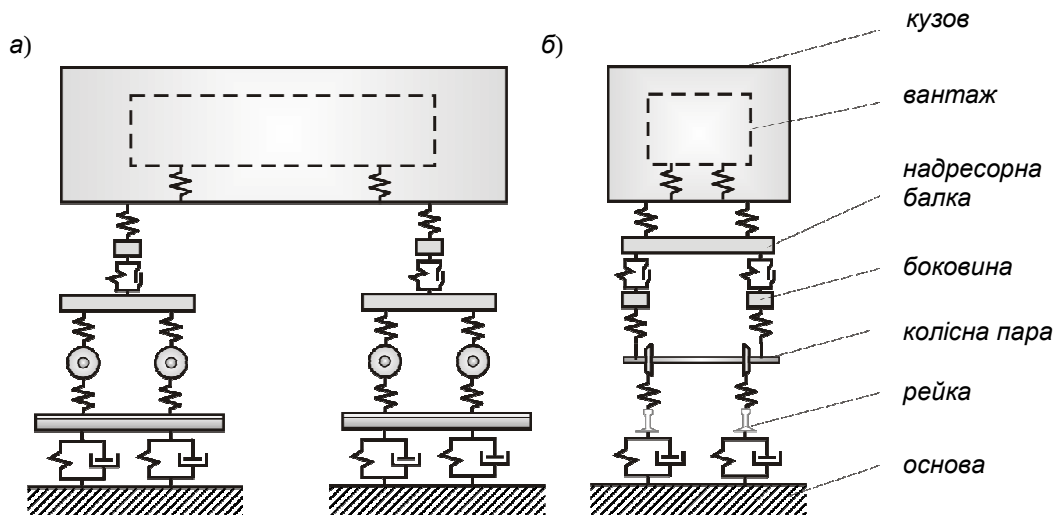


Рисунок 3 – Розрахункова схема моделі піввагона, що розташований на колії:  
а – вигляд збоку; б – вигляд спереду.

Розроблена модель дозволяє визначати зусилля у конструкції вагона, у міжвагонних з'єднаннях та при взаємодії коліс вагонів з рейками і уповільнювачами, що дає змогу оцінити небезпеку витискання вагонів при гальмуванні їх уповільнювачами.

Так на рис. 4 представлені графіки зусиль у буксових вузлах вагона при його гальмуванні уповільнювачем. При цьому, через несприятливе розташування кривої на колії та під дією вітру величина зусилля у буксовому вузлі, а відповідно і навантаження від колеса на рейку, з однієї сторони вагона є меншим безпечного для цього вагона значення у 20,4 кН.

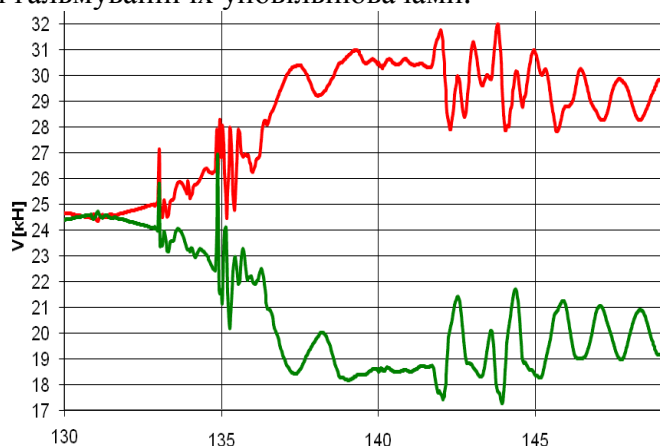


Рисунок 4 – Зусилля у буксових вузлах вагона під час його гальмування

За допомогою розробленого на основі цієї моделі програмного комплексу «Скатывание одиночного отцепа «VS» на замовлення Литовських залізниць виконана оцінка безпеки сортувального процесу при реконструкції станції Вайдотай і встановленні на ній автоматизованої системи управління розформуванням составів поїздів MSR-32 розробки SIEMENS.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОТОКІВ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ НАПРЯМКАХ

Козаченко Д. М., Мозолевич Г. Я.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Исследованы параметры поездопотоков и единиц потока на пассажиро- и грузонапряженных железнодорожных направлениях Украины

Планування поїзної роботи, управління рухом поїздів, розвиток пропускної здатності залізничних напрямків та вибір їх технічного оснащення пов'язані із вивченням характеристик потоків поїздів. Значна завантаженість залізничних ліній в умовах коливань обсягів перевезень, викликаних нерівномірністю завантаження вантажів, піковими обсягами пасажирських перевезень, ремонтно-будівельними роботами, погодними умовами, призводить до того, що традиційні технологічні методи не забезпечують стійкості перевізного процесу. Це призводить до погіршення якості використання вагонів та локомотивів, збільшує різницю між експлуатаційною та тарифною роботами залізниць. Тому, задача зменшення експлуатаційних витрат на пропуск поїздопотоків по залізничних напрямках є актуальною задачею сьогодення українських залізниць.

При вирішенні поставленої проблеми виникає два класи задач: задачі аналізу, пов'язані із визначенням та прогнозуванням розмірів руху поїздів та показників використання рухомого складу, та задачі синтезу, що стосуються процесу організації руху поїздів та вибору технічного оснащення ліній.

Нижче йде мова про дослідження, що стосуються першого класу задач. Вони виконані на двох залізничних напрямках, що суттєво відрізняються характером поїздопотоків: вантажонапружений Донбас – Кривбас та Кримський пасажиронапружений напрямок. Виявилося, що обсяги вантажних поїздопотоків на протязі року мають періодичний характер із виглядом синусоїдальної функції, і коливаються в межах 10-20% від свого математичного очікування 118 поїздів в обох напрямках на добу із аналогічною формою по категоріям у вузлах для вантажонапруженого напрямку. Так, для станції Нижньодніпровськ-Вузол кількість поїздів, що надходять в розформування, свого формування та транзитних мають практично однаковий діапазон коливань в межах 25-45 поїздів на добу із нормальним законом розподілу. На пасажиронапруженому напрямку у вузлі Джанкой розподіл кількості одиниць вантажного поїздопотоків також нормальний, коливається в межах 10-15 пар поїздів на добу.

Випадкова величина інтервалів між вантажними поїздами в потоці для транзитних дільниць напрямків розподілена за законом Ерланга із параметром  $k = 1$ . Чим ближче проводити аналіз розподілу інтервалів між поїздами до сортувальних станцій, тим меншим стає статистичне значення параметра  $k$  (зменшується від 0,9-0,93 до 0,6-0,7). Але розрахунки показали, що ці відхилення від показникового закону розподілу не значні і перевірки закону розподілу за критеріями Пірсона або Уїлкоксона підтверджують висунуту гіпотезу про розподілення.

Параметри поїздів як одиниць потоку можуть суттєво відрізнятися в залежності від напрямку руху. В переважній більшості існуючих залізничних напрямків масових перевезень можна виділити переважно вантажний напрямок та переважно порожній напрямок руху вагонопотоків. Це пояснюється структурою вантажопотоку і породжує окрему категорію порожніх поїздів в потоці.

В переважно вантажному напрямку маса поїздів має нормальний закон розподілу із математичним очікуванням  $M[Q]=4770$  т та середньоквадратичними відхиленням  $\sigma[Q]_{Д-К}=290$  т і  $\sigma[Q]_{Кр}=580$  т для вищезазначених напрямків. У порожньому напрямку при

моделюванні поїздопотоків необхідно розділити порожні та навантажені поїзди із відповідною для напрямку пропорцією. Так для досліджених напрямків частина порожніх поїздів складає 45-50% в переважно порожніх напрямках із Кримського регіону та із центральної частини України в Донбас із параметрами  $M[Q]=1610$  т і  $\sigma[Q]_{кр}=300$  т. Кількість вагонів у складі поїздів має зміщений закон Ерланга і тісно пов'язана із масою поїздів. Коефіцієнт кореляції на різних напрямках коливався від 0,64 до 0,81 для переважно навантажених поїздів.

Визначені закономірності параметрів поїздопотоків використовуються в подальшому для побудови математичних моделей залізничних напрямків з метою зменшення експлуатаційних витрат на пропуск поїздопотоків.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИПАДКОВИХ ФАКТОРІВ НА ЯКІСТЬ ПРИЦІЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПІВ

Козаченко Д. М., Таранець О. І.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Одним з найбільш складних і енергоємних технологічних процесів, що мають місце при перевезенні вантажів залізничним транспортом, є розформування составів на сортувальних гірках. У сучасних умовах аналіз конструкції і технічного оснащення сортувальних гірок виконується на підставі скочування розрахункової групи відчепів при їх відомих параметрах і умовах зовнішнього середовища. Подібний підхід дає можливість оцінити лише роботоспроможність сортувальної гірки і не дозволяє вирішувати завдання удосконалення їх конструкції, технічного оснащення і алгоритмів управління. Для оцінки конкуруючих варіантів конструкції сортувальних гірок необхідно виконувати імітаційне моделювання розпуску потоку составів на гірці за допомогою ЕОМ. Проте в даний час відсутнє не лише програмне забезпечення, яке може вирішувати вказані завдання, але і відповідна нормативна база, математичні моделі і методичний підхід в цілому. У цих умовах завдання розробки математичних моделей для техніко-експлуатаційної оцінки якості прицільного регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках є достатньо актуальними.

Складність оцінки техніко-експлуатаційних характеристик існуючих та систем, що проектується пов'язана з тим, що сортувальні гірки працюють в умовах невизначеності вхідної інформації. В той же час математичні моделі процесу скочування відчепів і методи вирішення задачі оптимізації режимів гальмування, базуються на припущенні, що значення величин  $w_{ск}$ ,  $w_{св}$ ,  $w_0$ ,  $w_t$  є відомими до початку скачування. В зв'язку з цим для обліку випадковості характеристик відчепів і умов їх скочування удосконалена базова імітаційна модель сортувальної гірки. У розробленій моделі швидкість вітру  $v_v$  і швидкості виходу відчепів з гальмівних позицій  $v_{вих}$  моделюються як випадкові величини з нормальним законом розподілу.

Одним із завдань, що вирішуються за допомогою розробленої моделі, є оцінка системи управління прицільним регулюванням швидкості відчепів на паркових гальмівних позиціях (ПТП). В якості показників якості реалізації прицільного регулювання швидкості прийняті ймовірність перевищення встановленої ПТЕ швидкості підходу відчепів до вагонів, що стоять на сортувальних коліях  $p_n$  і середня величина вікна  $\bar{l}_{ок}$ , яка припадає на один розформований вагон. В якості керуючого параметру прийнята швидкість виходу відчепів з паркової гальмівної позиції  $v_{ПТП}$ .

Виконані дослідження показали, що на показники прицільного регулювання швидкості відчепів суттєво впливають вагова категорія відчепів та кількість вагонів у відчепі.

При цьому, запровадження системи уточнення ходових характеристик дозволяє суттєво підвищити якість прицільного регулювання швидкості скочування одновагонних відцепів. Якщо ж кількість вагонів у відцепі перевищує 5 рекомендовані показники швидкості скочування відцепів можуть бути отримані при відсутності системи уточнення характеристик.

Як основний критерій оцінки якості прицільного регулювання швидкості скочування відцепів доцільно прийняти середню величину вікна в сортувальному парку при фіксованому значенні ймовірності перевищення встановленої ПТЕ швидкості підходу відцепів до вагонів, що стоять на сортувальних коліях. Запропоновані методи і моделі можуть використовуватися як для техніко-експлуатаційної оцінки існуючих гірок, так і для оцінки ефективності технічного забезпечення і алгоритмів управління систем АРС при проектуванні та автоматизації сортувальних гірок.

## РАСЧЕТ СУТОЧНЫХ ЗАТРАТ ВАГОНО-ЧАСОВ НАКОПЛЕНИЯ ВАГОНОВ НА СОСТАВЫ ПОЕЗДОВ ОДНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кукушкина Я. В., Суюнбаев Ш. М.  
(ФГОУ ВП ПГУПС, г. Санкт-Петербург, Россия)

The article gives analysis of wagon accumulation process per train formation which results in establishing parameters affecting the number of wagon-hours spent. It also finds correlations enabling to substantiate the formula for calculating daily wagon-hours spent for accumulation of wagons to various destinations and plan of train formation at sorting stations. The article proves the importance of taking in consideration an additional parameter, which makes the plan of train formation much more accurate.

В общепринятой методике расчетов суточных затрат вагоно-часов на накопление игнорируется возможность остатка вагонов после завершения накопления, который непосредственно влияет на результат. Общепринятая методика расчета суточных затрат вагоно-часов на накопление предусматривает их расчет по усредненному значению параметра накопления, одинаковому для всех назначений станции. Поскольку характер процесса накопления вагонов одного назначения может существенно отличаться от другого назначения, то такой подход чреват ошибками в расчете плана формирования. Предлагается новый подход к рассмотрению процесса накопления вагонов на сортировочных станциях и определению суточных затрат вагоно-часов на накопление.

Предложенный подход к определению суточных затрат вагоно-часов на накопление вагонов данного назначения ( $B$ ) позволяет определять их величину напрямую без учета параметра накопления по значениям средней величины накапливаемых составов ( $m$ ), средней величины поступающих на путь накопления групп вагонов ( $m_{gp}$ ) и средней величины остатка вагонов после накопления состава ( $m_o$ ):  $B = 12(m - m_{gp} + 2m_o)$ .

Вопреки устоявшемуся мнению параметр накопления вагонов может превышать величину 12 составо-часов за счет учета простоя вагонов, составляющих остаток на пути накопления после формирования состава. Поэтому при расчете суточных затрат вагоно-часов накопления по общепринятой методике имеет место занижение их величины, что приводит к погрешностям в плане формирования поездов. Использование данного метода позволит вскрыть дополнительные резервы повышения эффективности плана формирования поездов.

## ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ТА РЕСУРСУ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Лазарєв О. В.  
(УкрДАЗТ, м. Харків)

Lazarev A.V. Improving the safety of trains by improving the method of determining the status and resource devices of railway automatics

A method for predicting resource systems, rail automation, using the collective expertise of the method. The procedure of the expert survey and the system of probabilistic assessments of the results, which would reduce subjectivity in the formation of the result of expert consultation.

Структурна перебудова залізничного транспорту вимагає впровадження нових методів організації технічного обслуговування та ремонту засобів транспорту. На теперішній час оцінка стану систем залізничної автоматики виконується відповідно до інструкції. Згідно з цією інструкцією оцінка стану системи виконується послідовно двома комісіями: робочою та кваліфікаційною. Склад посадових осіб у комісіях жорстко встановлений, та обирається за важливістю посади. Висновок роботи комісій виконується суб'єктивно, без будь-яких кількісних оцінок.

З урахуванням існуючого положення галузі найбільш доцільним є застосування колективного експертного методу анкетування. Цей метод оснований на індивідуальному опитуванні експертів, зазвичай у формі анкет, для отримання відносної важливості та строків здійснення гіпотетичних подій. Основними задачами при формуванні прогнозу за допомогою колективу експертів є: формування репрезентативної експертної групи, підготовка та проведення експертизи, статистична обробка отриманих документів. Також важливим питанням є визначення якісного та кількісного складу експертної групи.

Після формування експертної групи та анкетування експертів з приводу прогнозованої оцінки використовується докладний статистичний аналіз експертних висновків, у результаті якого визначаються якісні характеристики групи експертів.

Підготовка до проведення експертного опитування включає розробку анкет, що містять набір питань по об'єкту прогнозу. Хоча форма й зміст питань визначаються специфікою об'єкта прогнозування, можна встановити загальні вимоги до них: питання повинні бути сформульовані в загальноприйнятих термінах, їхнє формулювання повинне виключати всяку значеннєву невизначеність; всі питання повинні логічно відповідати структурі об'єкта прогнозу, забезпечувати єдине тлумачення.

При обробці результатів експертних оцінок по відносній важливості напрямків середнє значення, дисперсія й коефіцієнт варіації обчислюються для кожного оцінюваного напрямку. Крім того, обчислюється коефіцієнт конкордації, що показує ступінь погодженості думок експертів по важливості кожного з оцінюваних напрямків, і коефіцієнти парної рангової кореляції, що визначають ступінь погодженості експертів один з одним. Для цього проводиться ранжирування оцінок важливості, даних експертами. Кожна оцінка, дана  $i$ -м експертом, виражається числом натурального ряду таким чином, що число 1 присвоюється максимальній оцінці, а число  $n$  - мінімальній. Якщо всі оцінки різні, то відповідні числа натурального ряду є ранги оцінок  $i$ -го експерта.

Метод визначення ресурсу пристроїв залізничної автоматики, що пропонується, передбачає попередню оцінку кваліфікації експертів, визначення їхньої чисельності з урахуванням встановлених вимог.

Розроблена процедура проведення експертного опитування та система імовірних оцінок отриманих результатів, що забезпечує зменшення суб'єктивності при формуванні результату експертного опитування.

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ СТАНЦІЙ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО ТА ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХУ ПОЇЗДІВ РУХУ ПОЇЗДІВ

Ліпкін К. Ю., Руденко Н. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

In this article the initial choice of key parameters of high-speed trunk-railways of Ukraine is made on the basis of the analysis of existing criteria of comfortableness of passenger movement abroad which will be necessary further for the decision of questions improvement of a design and the organization of work of stations in conditions of introduction of super-high-speed movement of trains.

В даний час рівень розвитку швидкісного руху на залізницях тієї чи іншої держави свідчить не тільки про досягнення цієї держави в області науки та техніки, про прогрес у сфері транспорту, але також про стан економіки та соціальний рівень розвитку країни у цілому.

Довжина високошвидкісних магістралей у світі перевищує 5000 км, з них у Європі експлуатується 3260 км, полігон обігу високошвидкісних поїздів з урахуванням реконструйованих доріг складає 16 тис. км. В число країн, активно здійснюючих проекти організації швидкісного і високошвидкісного руху, входять Японія, Франція, Німеччина, Іспанія, Італія, Великобританія, Бельгія, інші.

Загалом Україна має біля 22 тис. км експлуатаційної довжини залізничних колій, які обслуговуються більш ніж 1,5 тис. великих, малих та середніх станцій, що дуже ускладнює вирішення одного з двох рівноважних технічних питань – доведення існуючих залізничних колій до кондицій потрібних для швидкісного руху та доведення до необхідної кількості одиниць рухомого складу для впровадження швидкісного руху поїздів.

Технічною проблемою є також розробка «лояльного» графіку руху пасажирських та вантажних поїздів на найбільш завантажених ділянках залізниці.

Однак вчені, і проектувальники розуміли, що організація спільного руху вантажних та швидкісних пасажирських поїздів навіть на двоколіїних електрифікованих лініях достатньо утруднена. Ще однією проблемою є переобладнання колійного розвитку станцій під потреби руху швидкісних поїздів.

Сьогодні Україна справедливо претендує на роль моста між Європою та Азією по перевезенню вантажів та пасажирів.

Дослідження, проведені вітчизняними та зарубіжними експертами, виявили найбільш важливі регіони організації високошвидкісного руху поїздів. Було висунуто ряд пропозицій по розвитку мережі високошвидкісних магістралей.

Розвиток високошвидкісного руху в країні вимагає відповідного технічного оснащення станційного господарства. Перспектива розвитку високошвидкісних магістралей передбачає поєднання станцій, що обслуговують багатонаселені обласні центри.

З економічної точки зору, всі варіанти зводилися до реконструкції існуючих залізничних ліній, в тому числі станцій. З точки зору спеціалістів Національного товариства Французьких залізниць (НТФЗ) існує три можливих варіанти підвищення швидкостей руху підвищуючи цим рівень послуг, що надаються пасажиром:

- підвищення швидкостей руху на існуючих лініях, зазвичай до 200 або 220 км/год.;
- спорудження нових ліній для змішаного руху, в том числі руху пасажирських поїздів зі швидкостями 200 або 250 км/год.;
- спорудження нових спеціалізованих ліній тільки для пасажирського високошвидкісного руху зі швидкостями понад 300 км/год.

Досвід НТФЗ останнього десятиріччя за третім варіантом показав повну економічну ефективність такого підходу.

Використання існуючих залізниць можливе тільки після приведення їх до норм проектування швидкісного руху поїздів в Україні. Особливо це стосується варіанту організації руху, коли спеціалізований рухомий склад високошвидкісних магістралей по з'єднувальним коліям виходить на існуючу залізницю, по якій прямує до пасажирської станції крупного міста, як до кінцевої. В цьому випадку на станціях ВШМ пасажирські операції не проводяться і вони працюють як станції примикання.

Рішення про систему організації перевезень повинне ухвалюватися в результаті техніко-економічного порівняння варіантів на стадії ТЕО, а попередньо для України прийнято:

- для ліній Європейської колії (1435 мм) система пасажирських операцій на ВШМ;
- для ліній широкої колії (1520 мм) система руху на відгалуження.

## СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВПЛИВУ ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ

Ломотько Д. В., Обухова А. Л., Сушарін Є. В.

(Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків)

Position of transport sector of the country in the conditions of economic crisis influence is designated. Directions of development of transportations by railway transportation in overcoming of its consequences, and also a condition and prospects of transportno-logistical system are considered.

Складна ситуація в українській економіці в умовах глобальної фінансової кризи суттєво торкнулася найважливіших видів діяльності країни. Не стала винятком і транспортна галузь України, оскільки транспорт належить до базових видів діяльності економіки і значною мірою залежить від динаміки економічних процесів. Внаслідок світової фінансової кризи та скорочення попиту на основні експортні товари відбулося падіння обсягів вантажних перевезень.

В цій ситуації одним з необхідних напрямків подолання наслідків, є перегляд стратегічних програм та напрямків розвитку основних сфер діяльності країни. Сьогодні транспортний сектор економіки України у цілому задовольняє лише базові потреби економіки та населення у перевезеннях. Рівень безпеки, показники якості та ефективності перевезень пасажирів та вантажів, не відповідають сучасним вимогам. Однак, відповідно до «Транспортної стратегії України на період до 2020 року», розвиток транспортної системи повинен бути спрямований на створення умов для соціально-економічного зростання, підвищення конкурентоспроможності національної економіки і життєвого рівня населення завдяки забезпеченню якості транспортних послуг та задоволенню соціальних, зовнішньоторговельних, оборонних та природоохоронних потреб суспільства. Передбачається, що в період 2009 – 2012 років середньорічні темпи збільшення обсягів вантажних перевезень становитимуть 3,7 %, пасажирських – 2,3 %, а у посткризовий період (2013 - 2020 роки) очікувані середньорічні темпи приросту вантажних перевезень досягнуть 6,3 %, пасажирських – 2,8 %. Крім того, враховуючи значний транзитний потенціал, Україна має можливість розвивати експорт послуг.

Наявність існуючих інформаційних технологій, можливість використання сучасного програмного забезпечення та доступність недорогої й продуктивної персональної техніки дозволяє створювати різноманітні інформаційні системи планування та контролю переве-



ження. При цьому будуть враховані специфіка діяльності підприємств, що приймають участь в процесі транспортування вантажів та в цілому умови функціонування транспортно-логістичної системи. Основним інструментом реалізації транспортної логістики в умовах внутрішньодержавного та міжнародного сполучення є мережа транспортно-логістичних центрів. Крім того, підвищенню конкурентоспроможності залізниць та якості послуг, що надає транспортний комплекс України, сприятиме широке використання комбінованих перевезень. Однак, на думку аналітиків ринку транспортних послуг, причиною неспроможності транзитних контрейлерних перевезень, незважаючи на обґрунтованість та ефективність їх організації, саме в Україні, є відсутність необхідної інфраструктури – логістичних центрів для обслуговування потоку імпорту на українській території.

## ЗАПОВНЕННЯ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ ВАГОНАМИ З БЕЗПЕЧНОЮ ШВИДКІСТЮ

Назаров О. А.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

На сортувальних станціях залізниць світу поширюється використання точкових домкратовидних пристроїв регулювання швидкості вагонів, що вільно скачуються. Послідовно встановлені по маршруту скочування відчепів ці пристрої утворюють систему квазібезперервного регулювання швидкості скочування відчепів. Система здатна автоматично підтримувати швидкість скочування відчепів на заданому рівні. Застосування таких систем дозволяє мінімізувати вплив на процес скочування випадкових (недетермінованих і детермінованих) чинників. Система працює автономно.

Перш ніж впроваджувати систему квазібезперервного регулювання на станції, необхідно розрахувати її параметри. Основними параметрами системи є: схема розстановки пристроїв на спускній частині сортувальної гірки і на сортувальних коліях, а також швидкість, на підтримання якої налаштовані пристрої. Ці параметри тісно зв'язані з параметрами конструкції сортувальної гірки і сортувальних колій, тобто залежать від їх плану і профілю. Необхідно врахувати, що пристрої можна встановлювати тільки між шпалами або перевідними брусами поза межами гостряків і хрестовин стрілочних переводів, а також поза межами стаціонарних гальмових позицій, обладнаних балочними вагонними уповільнювачами.

Для того, щоб здійснювати інтервальне регулювання швидкості скочування відчепів за допомогою системи квазібезперервного регулювання швидкості необхідна реконструкція плану і профілю колій гіркової горловини на спускній частині сортувальної гірки. План і профіль існуючих сортувальних гірок запроектовані з урахуванням реалізації принципу інтервального та прицільного гальмування відчепів на стаціонарних гальмівних позиціях, обладнаних балочними вагонними уповільнювачами. Для реалізації інтервального гальмування з використанням гальмових пристроїв точкового типу є можливість скоротити довжину гіркової горловини, але профіль спускної частини гірки потрібно проектувати за іншою методикою. Таким чином обладнання спускної частини сортувальної гірки системою квазібезперервного регулювання швидкості відчепів потребує значних витрат.

Легше обладнати пристроями регулювання швидкості вагонів точкового типу сортувальні колії. На сортувальних коліях менше обмежень на розташування точкових пристроїв регулювання швидкості відчепів. Розташовувати пристрої можна по всій довжині сортувальної колії для підтримання швидкості скочування відчепів в безпечних межах.

Щільність встановлення таких пристроїв залежить від ходових властивостей відчепів, що накопичуються на колії, та від уклону колії.

Обладнання сортувальних колій системою квазібезперервного регулювання швидкості потребує дещо більшого уклону сортувальних колій відносно нормативного 0,6‰, але дозволяє взагалі відмовитися від прицільного гальмування відчепів и водночас забезпечити зіткнення відчепів з безпечною швидкістю и високий ступінь заповнення сортувальної колії вагонами. Таким чином застосування системи квазібезперервного регулювання швидкості вагонів може забезпечити істотну економію витрат на ремонт вагонів, що пошкоджуються під час зіткнення відчепів на коліях накопичення в сортувальному парку, а також скоротити обсяг маневрової роботи і час виконання операцій з підготовки колій до розпуску з гірки чергового состава.

## ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА КОМПЛЕКСНИЙ РОЗРАХУНОК РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК НА ОСНОВІ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

Огар О. М.

(Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків)

Operating scientific approach to the complex calculation and planning of height and longitudinal type of sorting humps is analysed. The necessity of application of systems approach to their technical exploitation and calculation of rational structural-technological parameters is grounded.

Технічна експлуатація і комплексність розрахунку раціональних конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок повинні базуватися на системному підході, що забезпечить розвиток даних транспортних систем, надасть їм гнучкості та адаптивності в змінних умовах експлуатації, особливо в діючих умовах корегування плану формування поїздів. При визначенні ефективності технічної експлуатації сортувальних гірок слід враховувати наступні показники використання ресурсів: витрати дизельного палива гірковими локомотивами; витрати електроенергії на регулювання швидкості скочування відчепів з гірки; потрібне число вагонних уповільнювачів на спускній частині; потрібне число вагонних уповільнювачів на сортувальних коліях; потрібне число гіркових локомотивів; складову робочого парку вагонів. Наведені показники є визначальними при оцінці варіантів конструкції сортувальних пристроїв. Перший і другий показники характеризують використання паливно-енергетичних ресурсів, третій, четвертий і п'ятий – виробничих ресурсів, шостий – перевізних ресурсів.

Найбільший вплив на використання зазначених вище ресурсів здійснюють такі конструктивно-технологічні параметри, як висота гірки і швидкість розпуску составів. Дослідження впливу швидкості розпуску составів на витрати дизельного палива гірковими локомотивами, що виконані з використанням математичної моделі, яка реалізована у вигляді програмного продукту, показують тенденцію збереження цього ресурсу при збільшенні величини вказаного параметру. Збільшення швидкості розпуску також позитивно впливає на зменшення числа гіркових локомотивів і робочого парку вагонів. Однак для таких параметрів, як витрати електроенергії на регулювання швидкості скочування відчепів з гірки і потрібне число вагонних уповільнювачів на спускній частині і підгіркових коліях, збільшення швидкості розпуску составів не є сприятливим заходом.

Висота сортувальної гірки впливає тільки на витрати дизельного палива гірковими локомотивами, витрати електроенергії на регулювання швидкості скочування відчепів з гірки, потрібне число вагонних уповільнювачів на спускній частині і підгіркових коліях.

Її зменшення позитивно впливає на використання зазначених вище паливно-енергетичних і виробничих ресурсів.

Таким чином, задачу визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок слід кваліфікувати як екстремальну відносно швидкості розпуску составів. У реальному масштабі часу вектор швидкості розпуску составів можна вважати єдиним керуючим вхідним впливом на систему „Сортувальна гірка”. Додатковими квазікеруючими вхідними впливами на дану систему будемо вважати вектори розмірів вагонопотоку, що надходить у переробку, та параметрів його структури. До множини некерованих вхідних впливів відносяться вектори параметрів, що відображають поточний стан метеорологічних умов.

## УДОСКОНАЛЕННЯ РУХУ ВАНТАЖІВ В МЕЖАХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОРОЖНІМИ ВАГОНАМИ ПРИПОРТОВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВУЗЛІВ

Окороков А. М., Берко О. О.<sup>1</sup>

(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ, 1 – Одеський морський торговельний порт)

За розрахунками фахівців, уже на початку ХХІ століття вантажообіг Євразійського транспортного коридору становитиме 20-30 млн. тонн за рік.

Виходячи з цього, можна констатувати, що першочерговою задачею інтеграції української транспортної системи в європейську є відповідний розвиток національної мережі міжнародних транспортних коридорів (МТК) та їх транспортно-комунікаційної інфраструктури, а також побудова логістичних систем. Це повинно забезпечити збільшення транзитних та експортно-імпортних потоків при суттєвому підвищенні якості обслуговування (швидкості та надійності перевезень, рівня сервісу тощо).

Важливою ланкою в цьому процесі є удосконалення технології пошуку і подавання порожніх вагонів відповідного типу у порти. Метою удосконалення системи розподілу порожніх вагонів під навантаження у портах їх надходження та припортові станції є скорочення простою судів в очікуванні вивантаження і часу обігу рухомого складу, зменшення робочого парку та експлуатаційних витрат на зміну дислокації порожніх вагонів потрібного типу.

Подавання порожніх однотипних вагонів під навантаження із суден може відбуватися за наступними технологіями:

I варіант - групи необхідних порожніх вагонів для даного роду вантажу зі станцій відкритих для вантажних операцій ( $BC_i$ ) в регіоні залізниці або декількох сусідніх залізниць подаються на сортувальну станцію (СС), де відбувається їх накопичення на состав із порожніх вагонів (порожній маршрут); состав однотипних порожніх вагонів подається на передпортову вантажну станцію ( $BC_n$ ) і далі на вантажний фронт де відбувається їх навантаження із судна.

II варіант - групи необхідних порожніх вагонів для даного роду вантажу зі станцій відкритих для вантажних операцій ( $BC_i$ ) в регіоні залізниці або декількох сусідніх залізниць подаються на сортувальну станцію (СС), де вони у складі сформованого поїзда в останній третині від хвоста відповідна вимогам ПТЕ (п.15.32) подаються далі до передпорової вантажної станції ( $BC_n$ ) і далі окремими групами надходять на вантажний фронт.

III варіант - це поєднання I-го і II-го варіантів у різних комбінаціях.

Враховуючи, що вартість простою судна за одиницю часу в десятки разів перевищує вартість простою вагонів за одиницю часу, кожен варіант технології надходження порож-

ніх вагонів на передпортову вантажну станцію повинен забезпечувати безперебійне вивантаження вантажів із судна в порожні вагони.

Для вибору раціонального варіанту технологічного процесу доцільно порівняти сумарний час на доставку необхідної кількості порожніх вагонів на вантажний фронт у порту або експлуатаційні витрати по кожному варіанті та визначити основні чинники, що впливають на вибір варіанту в конкретних умовах що склалися.

Раціональне функціонування такої системи повинно забезпечувати мінімальні простої вагонів, локомотивів та суден. Таким чином, модель вибору стратегії розподілу порожніх вагонів у залізнично-водному вузлі повинна складатись із цільової функції, яка представляє сумарні експлуатаційні витрати або сумарний час простою рухомого складу, включно простій суден, і відповідної системи обмежень що характеризує конструктивні і технологічні параметри вузла.

## АНАЛІЗ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕЛИЧИНИ ОБОРОТУ ВАНТАЖНОГО ВАГОНУ

Переста Г. І., Болвановська Т. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Определены коэффициенты корреляции случайных величин, влияющих на оборот грузового вагона, получены законы их распределения.

Оборот вагонів загального парку є основним якісним показником діяльності залізниць, що потребує обов'язкового виконання. Такі показники як дільнична швидкість, вантажний та порожній рейс вагона, середньодобовий пробіг вагону та ін. можуть бути використані для аналізу причин невиконання обороту вагона.

Основна формула, рекомендована для визначення обороту вагону включає в себе залежність обороту вагону від дільничної швидкості, рейсу вагону, вагонного плеча, тривалості простою вагонів та технічних станціях та під однією вантажною операцією, коефіцієнту місцевої роботи. Для покращення виконання основного показника необхідно визначити вплив кожного фактору на його величину.

Для виявлення взаємозв'язку між оборотом вагону та його складовими елементами було визначено коефіцієнти кореляції. Оброблялися звітні дані всіх залізниць України та мережі Укрзалізниці в цілому. Для дільничної швидкості значення коефіцієнта кореляції не перевищило 0,5, для повного рейсу вагону – 0,53, для простою вагонів на технічних станціях коефіцієнт кореляції змінювався від 0,83 до 0,99, для простою вагонів під однією вантажною операцією – змінювався від 0,82 до 0,99. Згідно зі шкалою Чеддока між величинами дільничної швидкості, повного рейсу та значенням обороту вагону помірний зв'язок, між величинами простою на технічних станціях, під однією вантажною операцією та величиною обороту – дуже помітний зв'язок.

На підставі оброблених даних були отримані закони розподілу випадкових величин, що входять в формулу визначення обороту. Для всіх залізниць та мережі Укрзалізниці в цілому встановлено, що розподіл відбувається за нормальним законом розподілення. Користуючись отриманими параметрами нормального закону розподілення випадкових величин дільничної швидкості, рейсу вагону, простою на технічних станціях та під однією вантажною операцією, проведено повний факторний експеримент та отримано функцію відгуку. Аналіз коефіцієнтів моделі показав, що основний вплив на величину обороту вагону здійснюють два фактора: простій вагона на технічних станціях та простій вагона під

однією вантажною операцією, однак взаємодія цих факторів не впливає на функцію відгуку.

## ТОЧНІСТЬ ГАЛЬМУВАННЯ, УХИЛ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ ТА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

Переста Г. І., Журавель В. В., Журавель І. Л.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

A type is set of equations of regression, which adequately describe correlation between the error of braking of cuts, by the slope of sorting paths and by the middle length of «window» on one processed carriage, and also by the middle speed of linkup of cuts on the sorting paths.

В умовах сьогодення, що характеризуються спадом обсягів перевезень, важливою задачею для залізничного транспорту є підвищення прибутків. Принципи ринкової економіки дозволяють розв'язати цю задачу за рахунок скорочення непродуктивних витрат. Найбільш енергомісткими залізничними підрозділами є сортувальні станції. Значну частину витрат у роботі станції складають витрати на паливо для маневрових локомотивів.

На величину витрат палива, зокрема тих, що пов'язані з осаджуванням вагонів на коліях сортувального парку, значно впливає довжина «вікон», які утворюються між групами вагонів. Також від неї залежить тривалість виконання маневрових операцій осаджування, а внаслідок, і тривалість знаходження вагонів на станції. Тому значно зростають вимоги, що висуваються до якості регулювання швидкості скочування відчепів з сортувальної гірки.

Крім того, точність гальмування впливає і на пошкодження вагонів під час сортування, що відбувається в основному внаслідок зіткнення вагонів з перевищенням нормованої швидкості 5 км/год. При цьому одночасно з вагоном може пошкоджуватись і вантаж. Тому загальні збитки є достатньо суттєвими.

У зв'язку з цим важливим є розгляд питання впливу похибки гальмування відчепів і ухилу сортувальних колій на показники роботи сортувальної гірки.

Показники роботи гірки великої потужності з 32 коліями у сортувальному парку визначено на підставі результатів імітаційного моделювання процесу розформування составів для прийнятої швидкості розпуску – 1,7 м/с і заданої швидкості зіткнення вагонів – 1,4 м/с (5 км/год). Похибка гальмування (середньоквадратична помилка розрахунку та реалізації швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій) варіювалася у межах від 0,1 м/с до 1 м/с з кроком 0,1 м/с. Крім того, для кожного значення похибки гальмування розглянуто вісім варіантів, в яких варіювався ухил сортувальних колій від 0,6 ‰ (варіант 1) до 2,0 ‰ (варіант 8) з кроком 0,2 ‰.

Похибка гальмування та показники роботи сортувальної гірки мають нелінійний кореляційний зв'язок, для оцінки тісноти якого використовується кореляційне відношення  $\eta$ .

Похибка гальмування має значний вплив на середню швидкість зіткнення відчепів на сортувальних коліях ( $\eta=0,70$ ), а також середню довжину «вікна» та кількість операцій осаджування на один перероблений вагон ( $\eta=0,81$ ). Ухил сортувальних колій має значно менший вплив на середню швидкість зіткнення відчепів ( $\eta=0,48$ ) і особливо на середню довжину «вікна» та кількість операцій осаджування ( $\eta=0,27$ ).

На підставі результатів моделювання за методом найменших квадратів отримано двофакторні рівняння регресії, що описують зв'язок між похибкою гальмування відчепів ( $x_1$ ), ухилом сортувальних колій ( $x_2$ ) і середньою швидкістю зіткнення відчепів на коліях сортувального парку, а також середньою довжиною «вікна» або середньою кількістю операцій осаджування на один перероблений вагон.

Для перевірки адекватності опису результатів експериментів рівнянням регресії використано  $F$ -критерій Фішера, відносне відхилення  $v$  дійсних значень  $y_i$  від прогнозних і множинне кореляційне відношення  $R$ . Прийнято, що рівняння регресії є адекватним, якщо розраховане значення  $F$ -критерію більше табличного  $F_{\text{табл}}$  при ймовірності помилки 5 %, відносне відхилення  $v \leq 5\%$  і множинне кореляційне відношення  $R \geq 0,98$ .

## МАТЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ОПИСУ ПРОЦЕСІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ДІЛЯНКАХ

Переста Г. І., Чибісов Ю. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The mathematic method of the estimation of the processes on the railway lines is described.

Всі процеси, що виникають на залізничному транспорті, мають кінцеве число станів. Це обумовлюється самим технологічним процесом, правилами технічної експлуатації і різними нормативами. Проте всі ці процеси протікають безперервно в часі, і тривалість виконань технологічних операцій (час знаходження в різних станах) величина випадкова.

Перехід зі стану в стан в системі (на залізничному транспорті) протікає в певній послідовності при виконанні сукупності умов. Причому велика частина умов носить альтернативний характер. Прикладами цього можуть служити наявність або відсутність вільної бригади ПТО, зайнятість гірки і т.д.

Альтернативність станів в системі дозволяє описувати структуру процесу за допомогою апарату математичної логіки, тобто будувати диз'юнктивні форми, що описують логічні зв'язки елементів системи. Проте такий опис системи не можна назвати повним, оскільки логічні функції не відображають безперервність протікання процесу і його випадковий характер. Адекватнішу картину процесів в системі можуть дати функціонали, що описують систему, аргументами яких є логічні і речовинні (тимчасові, випадкові, числові) змінні.

Дискретно-безперервні функції, що описують різні процеси в системі, можна застосовувати не тільки для опису процесів на станції. Таке представлення придатне і для вирішення задач по керуванню процесами на ділянках залізниць.

Задаючи різні значення змінним, можна варіювати значення функціонала і тим самим визначити оптимальний план роботи локомотивів по розвезенню місцевих вантажів.

Дискретно-безперервний метод визначає єдину, подвійну суть процесів на транспорті (як на станціях, так і на ділянках). Деякі відмінності функціоналів залежать від виду вирішуваної задачі, від характеристик, які повинні бути визначені. Оскільки час, що протікає в системі, є величиною безперервною, істотного значення набуває деякий крок часу  $\Delta t$ , по відношенню до якого реалізуються стани (події) з множини  $X$ . При збільшенні кроку  $\Delta t$  процес схиляється до дискретного. Для кожного конкретного випадку необхідно правильно вибирати величину  $\Delta t$ , щоб з більшою достовірністю описати технологічний процес. Задача з визначення кроку  $\Delta t$  пов'язана з математичним моделюванням технологічного процесу.

## ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАЛОДІЯЛЬНИХ ДІЛЬНИЦЬ УКРАЇНИ

Яновський П. О., Биченкова Н. В.  
(НАУ, м. Київ)

Problems of national railway transport functioning in Ukraine, in particular of rarely utilized rail lines are concerned

Сучасний економічний стан держави вимагає будувати взаємовідносини залізничного транспорту і галузей економіки на основі дії економічних законів в ринковому середовищі. Тому перевізний процес має спиратися на комплекс економічно обґрунтованих заходів щодо забезпечення необхідних умов з доставки конкретних вантажів (відправок) між певними відправниками і одержувачами з врахуванням інтересів залізниць і вантажовласниками. Виходячи з цього, перспективна стратегія організації перевезень вантажів і пасажирів вимагає опрацювання нових принципів експлуатаційної роботи залізниць, вимог до технології роботи, технічних засобів і системи управління з детальним врахуванням конкретних регіональних умов перевезень. Однак, для вирішення цієї задачі необхідно не лише вивчити причини, які призвели до суттєвих ускладнень в транспортному забезпеченні економіки, а й дослідити сучасний стан всіх складових транспортної інфраструктури і рухомого складу залізничного транспорту.

Перевезення вантажів і пасажирів мережею залізниць здійснюється рухомим складом з використанням всіх елементів залізничної інфраструктури, до складу якої входять колії, інженерні споруди, засоби автоматики, телемеханіки, зв'язку, електропостачання, на утримання яких в належному стані залізниці витрачають значні фінансові ресурси. Катастрофічне значення основних фондів залізниць спричиняє постійне збільшення цих витрат. Крім того вони постійно збільшуються через велику збитковість пасажирських перевезень, наявності на мережі великої кількості малодіяльних дільниць та інших невирішених на залізничному транспорті проблем. Повне задоволення потреб економіки і суспільства в перевезеннях при найменших транспортних витратах може бути досягнуто за рахунок підвищення ефективності експлуатаційної діяльності залізниць, економії трудових, матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів, інтенсифікації використання транспортних засобів на основі впровадження досягнень науково - технічного процесу і новітніх технологій.

Щорічні результати діяльності залізниць свідчать, що майже дворазове зменшення обсягів вантажних перевезень в порівнянні з 1991 роком не зменшує експлуатаційні витрати залізниць, а навпаки, вони щорічно збільшуються. Їх зростанню сприяють також витрати на утримання малодіяльних дільниць, кількість яких значно зросла за період ринкових перетворень. Досвід роботи залізниць України вказує на те, що відносини між підприємствами залізничного транспорту і клієнтурою будуються не на ринкових принципах, які передбачають взаємоповагу, довіру і економічну зацікавленість сторін.

Одним з важливих факторів підвищення ефективності функціонування залізничного транспорту є вирішення проблеми роботи малодіяльних залізниць, кількість яких розподіляється за регіонами держави нерівномірно. По залізницях від загальної їх кількості по мережі вони розділяються таким чином: Донецька залізниця – 11,1 %; Придніпровська залізниця – 3,2 %; Південна залізниця – 14,3 %; Південно-Західна залізниця – 25,4 %; Одеська залізниця – 9,5 %; Львівська залізниця – 36,5 %. Головним методичним підходом до визначення доцільності функціонування малодіяльних дільниць є зіставлення доходів і витрат залізниць від перевезень вантажів і пасажирів з врахуванням їх соціального значення в кожному регіоні та насиченості їх різними шляхами сполучення.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ РЕГІОНІВ

Яновський П. О., Волковська Г. Г.  
(Національний авіаційний університет, м. Київ)

The given thesis suggests a view on improvement of functioning of the regions transport systems by the rational distributing of transportations between transport modes and their interaction.

Суттєві внутрішні територіальні відмінності в природних, економічних, соціальних, історичних умовах різних регіонів, своєрідність спеціалізації і структури їх господарств виступають об'єктивною основою прояву закономірностей територіальної організації суспільства, а, отже, і впливають на територіальну організацію транспортного комплексу.

Групи промислових вузлів, які розміщені в однакових природних умовах конкретних регіонів держави, складають промислові райони, за участю яких в Україні сформувався комплекс макромасштабних природно-ресурсних районів, які суттєво відрізняються один від одного.

Розміщення економіки по регіонах держави має свої особливості, які залежать від великого різноманіття факторів, основним з яких є наступні: розміщення населення і трудових ресурсів, розміщення природних ресурсів, а також виробництва і сфери обслуговування. Крім того, особливості регіональних виробничих систем визначаються наступними складовими: розміщення промисловості, сільського господарства, транспорту і групи галузей соціальної сфери. Рациональне розміщення конкретних виробництв, розподіл їх на різних територіях держави, координація взаємодії і комплексність у розвитку всіх складових системи регіонів має велике значення для розвитку продуктивних сил і підвищення ефективності суспільного виробництва кожного економічного району і держави в цілому. При відпрацюванні перспективної стратегії економічного розвитку держави важливим є врахування конкретних місцевих, природних, економічних та історичних умов розвитку виробництва, що забезпечить економію суспільних виробництв і підвищить ефективність суспільної праці. Крім того, удосконалення внутрішньорегіональних і міжрегіональних зв'язків, рациональне використання природних, матеріальних, трудових і фінансових ресурсів кожного регіону і держави знаходиться в прямій залежності від ефективного функціонування регіональних транспортних систем.

Транспорт представляє собою особливу сферу виробництва. Він тісно пов'язаний із різноманітними промисловими підприємствами тому, що він продовжує виробничий процес. Перевезення вантажів здійснюється в економічних районах і на державному рівні різними видами транспорту, які мають різну продуктивність в регіонах і вантажопідйомність рухомого складу. Тому важливе економічне значення має рациональне розподілення перевезень між різними видами транспорту і забезпечення узгодженої взаємодії їх в стиках, а також рациональний їх розвиток у новій відповідності до здійснюваних кожним із них обсягом перевезень.

Основними видами транспорту в державі є залізничний і автомобільний, між якими в умовах формування ринкової економіки постійно загострюється конкуренція, результати дії якої поступово змінюють традиційні підходи до сфер використання кожного з них. Успішна діяльність цих видів транспорту в боротьбі за клієнтуру призводить до того, що тепер спостерігається тенденція взаємного перерозподілу деяких вантажопотоків між цими видами транспорту. Тому з метою подальшого удосконалення обслуговування вантажовласників є актуальною проблема рационального розподілу перевізної роботи в регіонах між залізничним і автомобільним видами транспорту та забезпечення їх гармонічного розвитку у новій відповідності до сучасних вимог економіки.



## ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД СПРИЯННЯ КОНКУРЕНЦІЇ АВІАЦІЙНОГО ПАСАЖИСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ТА ШВИДКІСНОГО ПАСАЖИСЬКОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО РУХУ В ДАЛЬНЬОМУ СПОЛУЧЕННІ

Яновський П. О., Намаєші О. М.  
(Національний авіаційний університет, м. Київ)

The given thesis suggests a view on supporting competition between high-speed railway transport and air transport in EU countries which could become applicable in Ukrainian transport market with oncoming implementation of the high-speed railways in long distance passenger market.

За останні десять років у країнах ЄС спостерігається тенденція до значно більшого зростання попиту на залізничні пасажирські перевезення у дальньому сполученні, ніж на авіаційні пасажирські перевезення на великі відстані. Сучасна транспортна політика ЄС з курсом «на озеленення» авіаційних перевезень та врахуванням росту попиту на авіаційні перевезення та швидкісний залізничний транспорт відповідно на 5% та 16% в основному покликана сприяти розвитку малобюджетних авіакомпаній та на розбудову інфраструктури швидкісного пасажирського руху на залізничному транспорті у дальньому сполученні.

На думку фахівців з транспортної політики ЄС, таке збалансоване заохочення відкритої та справедливої конкуренції двох основних перспективних видів транспорту на ринку перевезень на далекі відстані, що паралельно задовольняє вимоги стратегії розвитку Транс'європейської магістралі швидкісних залізниць (TEN-R), унеможливить подальше зростання забруднення повітря від автомобільного транспорту, монополізацію ринку авіаційних перевезень великими авіаперевізниками та сприятиме перерозподілу пасажиропотоків між авіаційним та залізничним транспортом на більшості напрямків.

В Україні досвідом закордонних нововведень вже скористалася Укрзалізниця при створенні Концепції Державної цільової програми-впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 роки. Згідно з положеннями цієї Концепції, столицю України планується сполучити з великими обласними центрами, а також країнами Західної Європи та СНД. Деякі основні напрямки вже розпочали свою роботу, такі як Київ – Львів, Київ – Харків. Авіаційний транспорт в Україні на віддалених маршрутах з врахуванням високого рівня оподаткування, високих тарифів та невеликої частоти рейсів на даному етапі не має достатньо підстав бути ефективним конкурентом залізничному транспорту. Має місце також зміна вектора розвитку авіаційного транспорту в світі – з безпеки для людини на безпеку для навколишнього середовища та людини.

Однак очевидно, що з прискоренням сучасних темпів життя, пасажирі надаватимуть перевагу тому виду транспорту, який забезпечить швидке перевезення. Авіаційний та залізничний транспорт будуть повноправними конкурентами на тих напрямках, де тривалість подорожі буде меншою, ніж 4 години. Водночас тарифи на перевезення цими видами транспорту та рівень сервісу повинні бути на відповідному рівні.

На шляху до створення повноцінного конкурентного середовища для авіаційного та швидкісного залізничного транспорту в Україні існують суттєві перешкоди. Для впровадження швидкісного залізничного руху Україні потрібно переоблаштувати існуючі залізниці на напрямку впровадження швидкісного руху та забезпечити високу частоту руху на дальніх напрямках, а для покращення стану авіаційного транспорту, посилаючись на європейський досвід, національним авіаперевізникам необхідно розширювати мережу маршрутів перевезення пасажирів, уряду України розвивати сектор малобюджетних авіакомпаній та надавати субсидії у покращенні інфраструктури.

## НАУКОВИЙ ПІДХІД ЩОДО МОДЕЛІ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ МАСИ ПОЇЗДА ПРИ ПОДОВЖЕННІ ПЛІЧ ОБЕРТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ ТА ЛОКОМОТИВНИХ БРИГАД

Бутько Т. В., Костиркіна Т. О.

(Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків)

The paper solves the task of determining the optimal weight train using a mathematical model, the formation of tight sutures timetable for trains.

В умовах постійної зміни вагонопотоку стає необхідним таке керування перевізним процесом, при якому будуть оптимально використані усі наявні ресурси. Такий конкурентно-спроможний варіант пропуску поїздів за допомогою віртуального логістичного ланцюга, представляє собою варіант з мінімальними експлуатаційними витратами при існуючих обмеженнях і впливах чинників різної природи. Чинниками, що впливають на експлуатаційні витрати, є маса поїзда, потужність локомотива, плечі обертання локомотивів та локомотивних бригад, технічна швидкість, витрати на тягу поїздів, час огляду на технічних станціях, кількість бригад ПТО та ПКО, кількість зупинок та інші. Так, гнучкість при виборі маси поїзду та пліч обертання локомотивів та локомотивних бригад, дозволяє більш раціонально використовувати наявні ресурси.

Для визначення оптимальної маси поїзду було сформовано модель, цільова функція якої враховує витрати: на тягу поїздів по кожній ділянці для відповідної маси поїзда, на парк локомотивів, на утримання штату локомотивних бригад, на обгони пасажирськими поїздами, на утримання бригад ПТО на технічних станціях напрямку, приведені витрати на зупинки одного вагону в поїзді. Система обмежень враховує умову доставки точно в строк, довжину приймально-відправних колій, керівний ухил на напрямку, номінальну напругу в контактній мережі, нормативний час роботи локомотивної бригади та час роботи локомотивів між ТО-2.

На основі проведеного моделювання в умовах напрямку Купянськ – Сорт – Одеса – Сорт виявлено, витрати на утримання локомотивних бригад складають 7%, на утримання локомотивів - 25%, витрати, що пов'язані з зупинками поїздів на технічних та проміжних станціях – 5%. Можна зробити висновок, що зменшення кількості зупинок на технічних станціях та подовження ділянки обслуговування локомотивними бригадами в 2 рази дозволить підвищити маршрутну швидкість та зменшити витрати на 5-6%.

Таким чином доведено, що впровадження жорстких ниток у графік руху поїздів дозволяє більш раціонально використовувати наявні ресурси, зменшити експлуатаційні витрати та покращити показники перевізного процесу.

Секция 6  
«Железнодорожный путь»

ДИНАМІЧНИЙ ВПЛИВ НА КОЛІЮ РУХОМОГО СКЛАДУ  
ПРИ ШВИДКІСНОМУ РУСІ

Рибкін В. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Перспективним напрямком розвитку залізниць України є впровадження прискореного (до 160 км/год) та швидкісного (більше 160 км/год) руху пасажирських поїздів. Реалізація цих програм розглядається як пріоритетний напрямок «Стратегії розвитку залізничного транспорту України до 2020 року». Як перший крок підготовки до впровадження швидкісного руху розробляється програма розмежування пасажирського та вантажного руху, яка передбачає створення наступних залізничних напрямків:

- напрямки прискореного пасажирського руху, в перспективі це швидкісні пасажирські напрямки;
- напрямки інтенсивної провізної здатності (підвищене осьове навантаження та підвищена швидкість вантажних поїздів);
- напрямки суміщеного руху (суміщений рух пасажирських поїздів зі швидкістю до 160 км/год і вантажних поїздів зі швидкістю до 100 км/год).

На швидкісних пасажирських напрямках повинно бути повністю ліквідовано вантажний рух за виключенням збірних поїздів невеликої маси у кількості не більше одного поїзда за добу. Швидкість руху таких поїздів має бути обґрунтована, як мінімальна допустима за умови безпеки проходження кривих з великим підвищенням.

Для формування технічних вимог до швидкісних (прискорених) пасажирських напрямків необхідно дослідити вплив на колію рухомого складу, що рухається зі швидкістю 160 км/год і більше. Кафедра «Колія та колійне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту має багатий досвід натурних досліджень впливу рухомого складу на колію при різних швидкостях до 250 км/год, а також теоретичних розрахунків взаємодії рухомого складу і різноманітних елементів колії. Ґрунтуючись на своєму досвіді та дослідженнях, що виконані в інших наукових організаціях можна стверджувати, що рівень динамічної взаємодії рухомого складу та колії при швидкісному русі суттєво залежить від:

- статичного навантаження на вісь рухомого складу;
- динамічних характеристик рухомого складу (непідресореної маси, жорсткості ресорного підвішування, параметрів тертя та інш.);
- динамічних характеристик залізничної колії (пружності підрейкової основи, пружності скріплень, параметрів дисипації та інш.);
- геометрії рейкової колії;
- рівнопружності підрейкової основи.

Зазначені вище характеристики рухомого складу і колії мають бути нормовані для ділянок швидкісного руху поїздів і покладені в основу при обґрунтуванні технічних вимог до швидкісних (прискорених) пасажирських напрямків, а також до рухомого складу, призначеного для прискореного та швидкісного руху.

Критеріями для встановлення зазначених нормативів повинні бути, перш за все, економічні показники такі, як:

- терміни служби елементів колії та рухомого складу;
- терміни інспекцій (оглядів) елементів колії та рухомого складу;

- витрати на ремонти та поточне утримання колії і рухомого складу;
  - експлуатаційні витрати на тягу поїздів;
- При цьому безумовно повинні забезпечуватися показники безпеки руху.

## О СПОСОБЕ КОНТРОЛЯ УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА БЕССТЫКОВОМ ПУТИ ПО ПОКАЗАНИЯМ ПУТЕИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ВАГОНА

Новакович В. И., Киреевнин А. Б., Залавский Н. И., Карпачевский Г. В.  
(РГУПС, г. Ростов на Дону, Россия)

Путейцам давно известен факт того, что в летний период, особенно в экстремально жаркие дни путеизмерительные средства фиксируют значительное увеличение отступлений в плане – по рихтовке. По нашим наблюдениям и анализу данных измерений отступлений в плане на Северо-Кавказской дороге замечено, что количество и степень этих неисправности увеличивается за время жаркого периода лета. В том числе это происходит и в случаях, когда средняя температура рельсов за два-три прохода не повышается или даже уменьшается. Например, за июль и август были зафиксированы отступления по рихтовке 3-их степеней на протяженности пройденных путеизмерителем (4 тыс. км) в общей сложности всего лишь на четырех километрах. Каждая неровность в плане имеет ограничению длину от 20 до 40 м, число таких мест превышает 200...250. Возникают вопросы – опасны ли такие места с точки зрения устойчивости под действием продольных сжимающих сил, и какие причины могут вызывать появление таких неисправностей? Это необходимо выяснить хотя бы потому, что в последнее десятилетие у нас произошло 20 сходов по причине потери устойчивости.

Как правило, причинами таких сходов комиссии в своих технических заключениях фиксируют недостаточную балластировку пути, или слабое закрепление рельсов на шпалах, или нарушения технологии производства путевых работ. Фактическая температура закрепления обычно не определяется. В 2007г. на Северо-Кавказской дороге по причине потери устойчивости произошел сход пятого вагона электропоезда. Когда определили фактическую температуру закрепления рельсовых плетей, то оказалось, что она на 34<sup>0</sup>С ниже зафиксированной в Журналах учета службы и температурного режима рельсовых плетей. Температура рельсов на момент схода была 42<sup>0</sup>С, а температура закрепления рельсовых плетей была якобы 39<sup>0</sup>С. При разнице в 3<sup>0</sup>С не могло произойти выброса при тех нарушениях технологии производства работ, которые тогда имели место и были отмечены в заключении, как основная причина схода.

В настоящее время у нас нет средств неразрушающего контроля, которыми можно было бы на месте определить фактическую температуру закрепления рельсовых плетей бесстыкового пути.

Из всех известных теорий расчета бесстыкового пути на устойчивость известно, что главной причиной потери устойчивости – является продольная сжимающая сила. Из большинства теорий расчета созданных у нас и за рубежом, а также стендовых экспериментов, проведенных без учета воздействия поездов, следует, что для условий устойчивости безразлично – одно ли мгновение или длительное время в рельсах бесстыкового пути действует температурная сила. В том состоит их принципиальный недостаток.

Факт того, что стрела изгиба рельсов в плане увеличивается со временем, может быть объяснен только при привлечении к расчету теории ползучести. Такая теория объясняет процесс роста стрелы во времени и может быть использована для контроля условий устойчивости бесстыкового пути.

На основании такой теории нами разработана методика, по которой анализируются данные измерений отступлений по рихтовке за время летних месяцев. Определяются места, где повторяются отступления, превышающие  $2^{ю}$  степень неисправностей по рихтовке. В таких местах рельсовая плеть перерезается, по величине удлинения  $\Delta l$  (укорочения) 50-метрового участка плети, примыкающего к месту разреза, расчетом определяется фактическая температура закрепления. В момент свободного удлинения раскрепленного 50-метрового участка ( $l_{50}$ ) рельсовой плети необходимо измерить температуру рельсов и определить фактическую температуру закрепления  $t_{фз} = t_p \pm \Delta l / \alpha l_{50}$  ( $\alpha$  - коэффициент температурного удлинения рельсов).

С помощью предложенной методики можно определить опасные по условию устойчивости места и ликвидировать основную причину их возникновения путем перезакрепления рельсовой плети на более высокую - оптимальную температуру. Необходимо затем выяснить – почему в данном месте температура закрепления оказалось недопустимо низкой и принять меры к тому, чтобы в будущем такие ошибки не повторялись.

## ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В 2009 ГОДУ

Матвецов В. И., Ковтун П. В., Мирошников Н. Е.  
(БелГУТ, Гомель, Республика Беларусь)

The analysis of work of the track facilities of Belarusian railway in 2009 is executed.

От состояния путевого хозяйства, мощности и надежности работы железнодорожного пути в значительной степени зависит пропускная и проводная способность железной дороги, скорость и безопасность движения поездов.

По состоянию на начало текущего года путевое хозяйство Белорусской железной дороги включает в себя: 11770,3 км развернутой длины железнодорожных путей, из которых 7194,6 км – главные, 3483,4 – станционные и 1092,3 км – подъездные пути; 12542 стрелочных переводов; 1856 мостов; 2016 водопропускных труб; 75 железнодорожных и 3 автодорожных путепровода; 1844 переезда.

Содержание и ремонт пути, его обустройство и обустройство на шести отделениях дороги обеспечивают 20 дистанций пути, 6 дистанций лесозащитных насаждений, 7 путевых машинных станций, а также опытный Пинский завод путевых машин, Оршанский рельсосварочный поезд, Борисовский шпалопропиточный завод, Радошковичский балластный карьер и авторемонтные мастерские.

На текущем содержании пути в дистанциях работает 20 машин для смены шпал, восемь ВПРС, шестнадцать ВПР, пять ВПРС-08-215/3S и 20 путевых моторных гайковертов ПМГ, специальный самоходный подвижной состав и другие машины и механизмы.

Значительную помощь дистанциям пути оказывает участок австрийских путевых машин тяжелого типа Пинского ОЗПМ, включающий в себя пять щебнеочистительных типа РМ, два скоростных машинных комплекса (ВПР, ДГС и ССП), три ВПР-08 и одну выправочно-подбивочно-рихтовочную машину с интегрированным динамическим стабилизатором ВПР-09-3Х. В начале прошлого года был закуплен рельсошлифовальный поезд РШП-48К, который успешно отработал сезон по шлифовке новых и старогодных рельсов и рельсовых плетей на основных направлениях дороги.

К началу 2010 года за счет выполнения ремонтов пути с укладкой новых и старогодных железобетонных шпал протяженность пути с деревянными шпалами уменьшилась на 196,9 км, в том числе по главным путям на 117,2 км. Железобетонные шпалы уложены на 68% общей протяженности дороги, в том числе на главных путях на протяжении 89% и на

станционных – 38%. На главных и приемоотправочных путях уложено 994 комплекта стрелочных переводов на железобетонном основании, что явно недостаточно. На Осиповичском заводе железобетонных изделий организован выпуск железобетонных брусьев, что позволит ежегодно укладывать в путь 150–200 комплектов железобетонных брусьев.

Путь на деревянных шпалах лежит на 3789,3 км, что составляет 32% от развернутой длины дороги, в том числе на главном пути на протяжении 789,6 км, что составляет 11% от их протяженности.

В настоящее время в пути лежит почти 5,5 млн. деревянных шпал, из которых 1 млн. штук дефектных, в том числе на главных путях 275 тыс. штук.

Дефектность шпал в среднем по дороге составляет 18%, по главным путям – 18%, по станционным – 18%, а по подъездным – 17%.

В целях повышения безопасности движения поездов и снижения затрат на текущее содержание пути разработана Программа перевода главных путей Белорусской железной дороги на железобетонные шпалы, утвержденная приказом № 436НЗ от 01.06.2007 года, в соответствии с которой к 2015 году все главные пути должны быть переведены на железобетонное основание.

На 88% протяженности главных и на 43% станционных путей уложены рельсы Р65, а на 61% развернутой длины главных путей уложены рельсовые плети бесстыкового пути, длина которых достигает 10-20 км. На дороге остается лежать 366,1 км рельсов легких типов, в том числе на главных путях 21,7 км, на станционных – 179,3 км и на подъездных путях – 165,1 км.

В докладе приводятся сведения о поставках материалов верхнего строения пути и стрелочной продукции, объемах путеремонтных работ и годовой выработке путевых машин, а также о планах производства летних путевых работ в 2010 году.

## СУЧАСНИЙ КОНСТРУКТИВНИЙ РЯД СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РОЗВИТКУ

Орловський А. М. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ),  
Тараненко С. Д. (ВАТ «ДнСЗ», м. Дніпропетровськ)

На залізницях України на даний час експлуатується понад 53 тисяч стрілочних переводів та глухих пересічень.

Основними стрілочними переводами є переводи типу Р65, яких всього 78%. При цьому в головних коліях знаходяться 89,77% переводів типу Р65 від загальної кількості переводів головних колій, або 50% від загальної кількості всіх переводів.

Переважною маркою стрілочних переводів є марка 1/11, яких експлуатується 68,4%, з них стрілочні переводи типу Р65 складають 86,5%. Стрілочних переводів марки 1/9 укладено 29,9%, переважно це стрілочні переводи типу Р65.

В головних коліях в основному укладені стрілочні переводи марки 1/11. Підрейкова основа стрілочних переводів: залізобетонні бруси – 54,8%. На залізобетонних брусах у головній колії знаходяться 78% стрілочних переводів.

Якщо проаналізувати загальну класифікацію стрілочних переводів разом із кількісним складом всіх переводів, то можна відзначити, що найбільше поширення мають стрілочні переводи типу Р65 М1/11 та Р65 М1/9 проектів ПКТБ ЦП МШС – 1740 та 2215.

На даний час ці базові проекти стрілочних переводів суттєво модифіковані, за рахунок створення окремих конструктивних вузлів при збереженні основних геометричних розмірів і без зміни допустимих швидкостей руху поїздів по прямому та боковому напрямках.

Невелика різноманітність типів та марок стрілочних переводів не відповідає існуючим різноманітним експлуатаційним умовам на залізницях України. Розроблені перспективні програми реалізації прискореного та швидкісного руху поїздів, а також програма розмежування пасажирського та вантажного руху, при реалізації якої з'являться напрямки інтенсивних вантажних перевезень. Ці заходи внесуть ще більшу різноманітність до експлуатаційних умов на залізницях.

Відповідно різноманітними будуть й вимоги до потужності конструкції колії (типу рейок), до швидкості руху поїздів по прямому та боковому напрямках стрілочних переводів (радіус перевідної кривої і марка хрестовини).

Для вирішення означених проблем вже сьогодні виконані окремі розробки конструкцій стрілочних переводів. Так для ділянок прискореного руху розроблено та пройшли випробування стрілочні переводи проектів ДН300 і ДН400, які мають хрестовину з безперервною поверхнею кочення та дозволяють швидкість по прямому напрямку до 160 км/год. Але у цих переводів невелика швидкість по боковому напрямку. Тому у наступній розробці для стрілочних переводів марки 1/11 і 1/9 запропоновано збільшити радіус перевідної кривої й тим самим підвищити швидкість на боковий напрямок. Конструктивною особливістю цих переводів є криволінійна хрестовина по боковому напрямку.

Настав час поєднати ці два напрямки конструктивних розробок та створити стрілочний перевід для підвищеної швидкості руху по прямому, а також й по боковому напрямках. Це можна реалізувати у стрілочних переводах із збільшеним радіусом перевідної кривої та із хрестовиною з безперервною поверхнею кочення. На наш, погляд найбільш ефективно ці заходи можна буде поєднати у стрілочному переводі марки Р65-630-1/14.

Для напрямків з інтенсивним вантажним рухом перспективними можуть залишатися модернізовані стрілочні переводи проекту 1740, при умові заміни в них типової стрілки з поворотним вістряком на подовжені гнучкі вістряки.

Стрілочні переводи модернізованих проектів 2215 слід замінити на переводи марки 1/9 з радіусом перевідної кривої 300 м. Перспективним і одним з головних таких розробок може стати стрілочний перевід проекту ДН345 з гнучкими вістряками дотичного типу.

Для напрямків суміщеного руху, а також інтенсивних вантажних перевезень незавершеною залишилася проблема створення модульного ряду стрілочних переводів для кривих ділянок колії. Необхідно визначити необхідні параметри цього модульного ряду та раціональні радіуси кривих. Створення цього модульного ряду дозволить на 30% підвищити швидкість поїздів.

## ANALYSIS OF RISKS IN WORK OF THE BELARUSSIAN RAILWAY

Sosnovskiy L. A., Kebikov A. A., Matviatsou V. I.  
(BelGUT, Gomel, Republic of Belarus)

The concept of risk is used for analyzing the safety of Belarusian railway traffic for the years 2008 and 2009.

The concept of risk is adopted for analyzing the safety of railway traffic.

Let  $F$  be the number of infringements of railway traffic in %. Then  $S = 100 \% - F$  can be taken as a characteristic of the safety of railway traffic.

The risk index:

$$\rho = F / S. \quad (1)$$

When the infringements of the safety of railway traffic are absent ( $F = 0$ ) the risk level is equal to zero ( $\rho = 0$ ). If  $F$  varies on the interval  $0 \leq F \leq 50 \%$ , then the safety index range is  $0 \leq \rho \leq 1$ .

In the case of  $F > S$ , frequent accidents with heavy consequences are inevitable (index  $\rho > 1$ ), and immediate and stringent measures should be taken to sharply decrease the number of infringements of the traffic safety. Thus, the limiting value of the risk index  $\rho_c = 1$ .

The quantities  $F$  and  $S$  can be relative (with respect to unity). In such a case they acquire the meaning both of the probability of infringing the traffic safety  $P_F$  and the probability of providing the traffic safety  $Q_S = 1 - P_F$ , respectively. With regard to this nomenclature and on the basis of (1) the expression is obtained:

$$\rho = P_F / Q_S. \quad (2)$$

The difference in the use of (1) and (2) means that if (2) is applied for analyzing a sufficiently great number of infringements of the traffic safety, then (1) can be adopted for very rare events.

Now an operative characteristic of the traffic safety can be constructed theoretically for the index  $\rho$ ; it is shown on Table 1.

Table 1 – Theoretical data on constructing the operating characteristic  $\rho$

| $P_F$              | $Q_S = 1 - P_F$ | $\rho = P_F / Q_S$ |
|--------------------|-----------------|--------------------|
| 0.01               | 0.99            | 0.0101             |
| 0.05               | 0.95            | 0.0526             |
| 0.10               | 0.90            | 0.1111             |
| 0.20               | 0.80            | 0.2500             |
| 0.30               | 0.70            | 0.4286             |
| 0.40               | 0.60            | 0.6666             |
| $P_F = 0.50 = Q_S$ | 0.50            | $\rho_c = 1$       |
| 0.60               | 0.40            | 0.6666             |
| 0.70               | 0.30            | 0.4286             |
| 0.80               | 0.20            | 0.2500             |
| 0.90               | 0.10            | 0.1111             |
| 0.95               | 0.05            | 0.0526             |
| 0.99               | 0.01            | 0.0101             |
| $Q_S$              | $P_F = 1 - Q_S$ | $\rho = P_F / Q_S$ |

Thus, if the risk level attains a critical quantity  $\rho_c$ , then the probabilities  $P_F$  and  $Q_S$  can reach the critical values  $P_F = Q_S = 0.5$ .

The ideal state of the traffic safety is governed by the conditions:

$$\begin{cases} \rho = 0; \\ P_F = 0; \quad Q_S = 1. \end{cases} \quad (3)$$

In engineering systems conditions (3) are unattainable: the risk of safety infringement exists all long. Therefore it is expedient to introduce the concept of an allowable (or normative) state of the traffic safety:

$$\begin{cases} \rho = [\rho]; \\ P_F = [P]; \quad Q_S = [Q], \end{cases} \quad (4)$$

Here  $[\rho]$  and  $[P]$  are the sufficiently small numbers, whereas  $[Q]$  the sufficiently large number.

The allowable values  $[\rho]$ ,  $[P]$ ,  $[Q]$  should be justified using appropriate technical-economical calculations.

The data on the number and types of infringements of the traffic safety are usually given in the form of statistical reports. They can be generalized in the form of the cases of the distributions of the traffic safety among the railway services, for example, as in Table 2.



Table 2 – Distribution of traffic safety infringements among railway services

| Nos | Service                   | F, %      |           | S, %      |           | $\rho = F/S$ |           |
|-----|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----------|
|     |                           | 2008 year | 2009 year | 2008 year | 2009 year | 2008 year    | 2009 year |
| 1   | Transport                 | 8.0       | 10.2      | 92.0      | 89.8      | 0.0870       | 0.1136    |
| 2   | Locomotive                | 36.5      | 31.6      | 63.3      | 68.4      | 0.5798       | 0.4620    |
| 3   | Carriage                  | 38.7      | 41.1      | 61.2      | 58.9      | 0.6340       | 0.6978    |
| 4   | Railway tracks            | 5.9       | 8.1       | 94.2      | 91.9      | 0.0616       | 0.0881    |
| 5   | Signal-and- communication | 0.7       | 1.5       | 99.6      | 98.5      | 0.0060       | 0.0152    |
| 6   | Energy supply             | 1.5       | 0.7       | 98.6      | 99.3      | 0.0142       | 0.0070    |
| 7   | Passenger                 | 0.0       | 0.0       | 100.0     | 100.0     | 0.0000       | 0.0000    |
| 8   | Freight handling          | 1.4       | 1.5       | 98.6      | 98.5      | 0.0142       | 0.0152    |
| 9   | Others                    | 7.3       | 5.2       | 92.7      | 94.8      | 0.0788       | 0.0548    |

The analysis of the risk level is directed to developing and introducing the measures that provide a basis for reducing the risk up to normative value (4).

Similarly, it is possible to construct and analyze the current operating characteristics of risk for individual railways, the railway as a whole for different periods (year, season, month). It is also possible to analyze separate types of infringements of the traffic safety during train and manoeuvrable operations (for example, accidents, the cases of bad work, etc.).

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО РОЗПОДІЛУ ГОЛОВНИХ КОЛІЙ ЗА ОБСЯГАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ВАНТАЖООБІГУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Шраменко В. П., Скорик О. О., Штомпель А. М.  
(УкрДАЗТ, Харків, Україна)

Експлуатаційна довжина головних колій залізниць України (за станом на початок 2008 року) становила 21,873 тис.км, а їх розгорнута довжина складала 29,736 тис.км. Майже на 70% протяжності головних колій укладена безстикова конструкція верхньої будови.

Представляє певний інтерес розподіл головних колій у забезпеченні здійснення обсягів перевезень, що виконуються залізницями.

Нижче наводяться результати досліджень, мета яких полягала у диференціації головних колій Укрзалізниці (по їх протяжності) залежно від обсягів реалізованого вантажообігу на основі аналізу показників роботи залізниць за період 1997-2007 роки.

Розгорнута довжина головних колій  $L_{\text{гол.}}^{\text{розг.}}$  по мережі залізниць у 1997 році складала 30,85 тис.км, а у 2007 році цей показник становив 29,74 тис.км, тобто протяжність головної колії залізниць зменшилася майже на 5%.

Регресійний аналіз статистичних даних дозволив визначити функціональну залежність зміни параметра  $L_{\text{гол.}}^{\text{розг.}}$  на протязі розрахункового періоду, яка має лінійний характер.

Правильність застосування лінійного характеру залежності  $L_{\text{гол.}}^{\text{розг.}} = f(t)$  підтверджується коефіцієнтом кореляції  $r=0,98$  та коефіцієнтом детермінації  $r^2=0,97$ .

За результатами дослідження у структурі головних колій залізниць налічується:

75 ліній з малою вантажонапруженістю загальною протяжністю 4,54 тис.км;

109 дільниць (консольного типу) з тупиковими станціями загальною довжиною 2 тис.км;

7,1 тис.км головних колій, які відносяться до V-ої категорії;

приблизно 9 тис.км експлуатаційної довжини залізничних ліній, де здійснюється основний обсяг перевезень.

## НЕОБХІДНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ КОЛІЇ

Карпов М. І.  
(ДЕТУТ, м.Київ, Україна)

The analysis of technologies of implementation of modernization of railway way is pointed, systematization of lacks of the use of track machines is conducted, possibilities of improvement of quality of track maintenance are examined.

Модернізації залізничної колії, як окремий вид колійних робіт виконується на залізницях України з 2000 року після введення в дію ППР-2000. Першою ділянкою, де модернізація колії була виконана у класичному вигляді (у довготривалі “вікна”) необхідно рахувати ділянку Здолбунів-Рівне Львівської залізниці, де за два довготривалі “вікна” по черзі була виконана модернізація непарної колії цього двоколійного перегону із застосуванням колійної техніки фірми Plasser&Theurer. Добова продуктивність виконання колійних робіт складала 500 м/добу, що було досить високим показником при починанні цієї справи.

З того часу модернізація залізничної колії виконана більше ніж на 6 тис. км головних колій Укрзалізниці. Із урахуванням, в першу чергу, вартості модернізації колії, слід було очікувати покращення експлуатаційних показників використання залізничної колії, а саме: підвищення швидкостей руху поїздів, покращення плавності руху поїздів та зниження базової оцінки стану колії, подовження життєвого циклу верхньої будови колії, зменшення кількості проміжних видів ремонтів та зниження витрат на поточне утримання колії. Але очікуваного ефекту на більшості кілометрах виконаної модернізації колії через цілий ряд об’єктивних і, навіть, суб’єктивних факторів не спостерігається.

Основним недоліком модернізації колії слід вважати неефективне глибоке очищення щебеню машиною РМ, після роботи якої без попереднього вирізання щебеню з укосів і плеча баластної призми та переміщення його всередину колії і на кінці шал, а також зрізання узбіччя земляного полотна до рівня очищення щебеню, утворюється так зване “корито”, заповнене очищеним щебенем шаром 30...35 см. Цей шар очищеного щебеню, більшість фракцій якого мають закруглену форму, практично не ущільнюється машинами ВПР, а тільки перемішується, тим паче, що глибина заглиблення бійків шпалопідбійок нижче підосви шпал не перевищує 15 см. Ускладнюється також утворення гомогенізованої баластної призми динамічними стабілізаційними машинами, дія робочих органів яких розповсюджується на шар щебеню товщиною до 18 см.

Після модернізації колії з плином часу в цьому “кориті” накопичується волога, тривалість стабільного положення баластної призми з фракціями очищеного щебеню округлої форми зменшується, з’являються нерівності колії в плані та профілі, які вимагають виконання робіт із виправлення колії. Внаслідок насосного ефекту в баластну призму проникають забруднювачі, які сприяють появі виплесків та виникненню деформацій колії, які, в свою чергу, вимагають не тільки виконання робіт із виправлення колії, а й очищення щебеню в місцях виплесків. Треба відмітити, що сказане стосується і середнього ремонту колії з глибоким очищенням щебеню.

Наведені та інші недоліки, присутні виконанню модернізації колії на українських залізницях, дають зворотній від очікуваного ефект: збільшується вартість життєвого циклу верхньої будови колії.

Суттєве покращення якості модернізації залізничної колії, яка особливо важлива на ділянках впровадження швидкісного руху поїздів, дає технологія вирізання баластного шару до основної площадки земляного полотна, зрізання дефектних місць з укладанням на основну площадку та ущільнення розділяючого шару з піщано-гравійної суміші, пошарове до 20 см дозування, підбивання та стабілізація щебеневі баластної призми.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Ковтун П. В. Романенко В. В. Баханек А. А. Дубоделова М. П.  
(БелГУТ, Гомель, Республика Беларусь)

The problem of maintenance of the safe admission of trains with the established speeds on the switches, because of absence behind them regular operational supervision is considered.

На данный момент учет стрелочных переводов, а именно тех зон и узлов, где наиболее часто происходят нарушения безопасности поездов, является одной из слабых сторон технической документации путевого хозяйства.

По состоянию на 1 января ежегодно службой пути производится анализ «О состоянии пути на предприятиях службы пути» в котором указываются основные причины нарушений безопасности движения, в том числе и на стрелочных переводах. Такими причинами могут быть кустовая гнилость брусьев, нарушение технологии производства работ, неприлегание остряков и перекосы пути, и др.

Повышение надежности работы стрелочных переводов и уменьшение затрат на их восстановление возможно за счет усиленного текущего содержания именно тех областей, которые чаще попадают в зону риска, а также факторов их вызывающих. Например, при исследовании геометрических параметров стрелочного перевода в качестве таких факторов могут выступать: технические характеристики и конструктивные особенности перевода; технологические условия его эксплуатации; особенности используемого материала; вид и характер нагрузки, приходящейся на данный стрелочный перевод; погодные и климатические условия его эксплуатации; регулярность технических осмотров и тому подобное. Очевидно, что одни из этих факторов оказывают большее влияние, другие - меньшее. Как показывает статистический анализ только данных журналов регистрации брака, аварий и крушений подобные места определить достаточно сложно.

Для получения таких данных необходимо вести постоянное наблюдение за работой стрелочного перевода с целью сбора информации об укладке и эксплуатации данной конструкции. Наблюдение должно включать такие работы: обмеры переводов по шаблону и уровню, определение износа металлических частей, фиксацию неисправностей, что возникают на переводе, учет работ, которые выполняются, измерение формы поверхности катания крестовины. Результаты обмеров перевода, измерение поверхности катания крестовины, неисправности и выполненные работы необходимо записывать в журнал специальной формы. По полученным данным производятся прогнозирование расстройств рельсовой колеи на стрелочном переводе и динамико-прочностные испытания. Результаты эксплуатационных наблюдений за переводами позволяют выявить зависимости влияния конкретных эксплуатационных факторов на интенсивность расстройств рельсовой колеи, а также установить рациональные сферы их эксплуатации и оптимального производителя стрелочной продукции с точки зрения эксплуатационной надежности и долговечности, а не тендерных условий.

Проблемой получения таких сведений является не отсутствие возможности наблюдения, а отсутствие единой трактовки причин нарушений безопасности, а также неточное содержание и ведение журналов. Сход или брак в той или иной зоне на стрелочном переводе документально указывается только в общем виде или формально. Такой подход затрудняет сбор, анализ и выработку мероприятий по предотвращению нарушений безопасности движения на стрелочных переводах. Разработка единого подхода позволит обобщить и систематизировать данные о причинах браков, сходов подвижного состава и выработать эффективные меры по их предотвращению.

## ПЛАН ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ, ПРОБЛЕМЫ ЕГО СЪЕМКИ, РАСЧЕТОВ И РЕАЛИЗАЦИИ

Корженевич И. П. (ДНУЖТ), Суслов О. А. (ИрГУПС, г.Иркутск, Россия),  
Торопов Б. И. (Киевгипротранс, г.Киев Украина)

The modern problems of plan of railway are considered from surveys to realization of project and directions of their decision are offered development.

В настоящее время ни у кого не возникает сомнений по поводу влияния состояния плана железнодорожного пути в кривых и прямых участках на комфортность езды, износ рельсов и подвижного состава. Особенно актуальна эта проблема при повышении скоростей движения поездов и на грузонапряженных линиях.

Сегодня в цепочке изыскатель – проектировщик – инженер ПМС – инженер ПЧ каждое звено работает практически само по себе без реальной увязки с проектом. Практически отсутствует авторский надзор за работами по приведению плана в соответствие с проектом. Для приведения плана пути «в проектное положение» используют путерихтовочные машины, которые не обеспечивают нахождения правильного положения пути из-за быстро накапливающейся ошибки. Для получения достаточно точных результатов следует применять комбинированную съемку с уравниванием результатов измерений.

Сегодняшний рынок программных продуктов предлагает достаточно широкий выбор программ для расчетов плана железнодорожного пути. Часть из них ориентирована или только на задачи текущего содержания, или только на проектные задачи. Из программ, которые позволяют выполнять универсальные расчеты, можно отметить Aquila и РВПлан. РВПлан позволяет выполнить расчет с учетом самых разнообразных ограничений на проектные параметры, пикетаж, рихтовки и габариты. При расчете сразу получаем объемы работ и материалов, а также общую стоимость выполнения работ. Только в РВПлан возможно выполнение оптимизации решения с обеспечением заданного уровня скоростей движения и автоматизированного обеспечения междупутных габаритов при любом плане соседних путей. Также РВПлан предоставляет проектировщику широчайший набор инструментов для расчетов и контроля возвышений наружного рельса в соответствии с различными нормативными документами из условий обеспечения заданных скоростей, минимальных непогашенных ускорений, уменьшения износа рельсов и подвижного состава.

В современных условиях проектировщики получают проектное решение в виде координатной модели. В то же время отсутствуют технологии и опыт укладки пути по проектным координатам, проблемным также является мониторинг плана на его соответствие проекту. Необходимо прекращать практику, при которой ПМС использовал проект только для качественной оценки участка, а работа укладчиков и путерихтовочных машин никак не связывалась с проектными координатами пути. В зависимости от конкретной задачи

должна применяться соответствующая ей технология геодезических работ, обеспечивающих реализацию проектного решения «в натуре» и контроль получаемого результата. Опасным является «слепое» доверие данным современных путеизмерителей КВЛ-П и ЦНИИ-4 по параметрам плана железнодорожного пути.

Понятно, что новые способы съемки и контроля потребует дополнительных затрат, но, как точно подметил Г. Форд, «точные измерения стоят дорого, но неточные обходятся гораздо дороже». Эпоха пренебрежения точностью плана привела к «зарихтовыванию», образованию многорадиусных кривых, заводин. Чем раньше мы начнем реализовывать действительно проектное положение плана, тем быстрее улучшится ситуация с износом и комфортностью.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАНУ ЛІНІЇ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ЛЬВІВСЬКІЙ ЗАЛІЗНИЦІ

Корженевич І. П., Курган М. Б. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ),  
Харлан В. І. (Львівська залізниця)

Variants of optimisation of parametres of curves are considered at rational use of capital investments on a plan reorganisation.

Вигідне, з погляду міжнародних транспортних перевезень, геополітичне розташування України сьогодні не використовується повною мірою. Це можна пояснити тим, що транспортні коридори, які проходять по території України, не відповідають в повній мірі міжнародним технічним параметрам.

Укрзалізниця робить все можливе, щоб прискорити процес інтеграції і виконання перспективних програм, однією з яких є проект „Євро 2012”. Дослідження ДПТ і Львівської залізниці направлені на удосконалення плану лінії, що дозволить підвищити швидкості руху поїздів і залучити додаткові обсяги перевезень на напрямку Львів-Київ.

Проведений аналіз показав, що подальше підвищення швидкості можливе тільки після проведення реконструктивних робіт пов'язаних, перш за все, з перебудовою кривих.

На першому етапі були виконані розрахунки за даними з поздовжнього профілю. Перед виконанням робіт з модернізації колії та постановкою плану лінії в положення, що відповідає вимогам швидкісного руху, необхідна більш точна інформація, яку можна отримати з використанням технології зйомки плану, запропонованої ДПТом. Такі підходи до зйомки, проектуванню, укладанню і моніторингу плану залізничної колії дозволять забезпечити його досить точне положення.

В дослідженні на ділянці Красне-Тернопіль, розглянуто чотири варіанти перевлаштування плану лінії. Без зміни параметрів існуючого плану реалізувати максимальну швидкість 160 км/год можна на коротких ділянках, що становлять 5% від загальної довжини. При удосконаленні плану за рахунок рихтування колії в межах існуючого земляного полотна можна реалізувати максимальну швидкість на 16% від загальної довжини лінії. Розглянута можливість максимального підвищення швидкості руху поїздів на окремих кривих при зміщенні осі траси до 10 м. Окупність капітальних вкладень на реконструкцію складає біля 5 років. Четвертий варіант допускає зміщення вісі траси при перебудові кривих до 15 м у межах існуючої смуги відведення. Можлива реалізація максимальної швидкості 42%, термін окупності капітальних вкладень - майже 40 років.

На сучасному етапі постановка і вирішення задачі впровадження швидкісного руху потребує системного підходу. На основі неточних вихідних даних про план лінії не можна

визначити достовірні максимально допустимі швидкості руху, поставити колію в правильне геометричне положення під час модернізації або інших видів ремонтів.

Недостовірність інформації, а також наявність відступів в утриманні кривих ділянок істотно позначається на результатах розрахунків при визначенні допустимих швидкостей руху. Для можливості укладання колії за проектом і наступного моніторингу плану колії з достатньою точністю необхідно створити спеціальну робочу реперну мережу.

## МОНИТОРИНГ ТРАМВАЙНОГО ПУТЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

Головнич А. К., Ковтун П. В., Осипова О. В.  
(БелГУТ, г. Гомель, Республика Беларусь)

The analysis of a condition of tram tracks in Republic of Belarus is executed. Directions of the further development of tram track facilities in Minsk are specified.

Современное градостроение характеризуется бурным развитием трамвайных систем. Трамвай (как на совмещенном, так и на обособленном полотне) становится обязательным компонентом транспортной сети современного города и основным видом наземного транспорта. Благодаря широкому диапазону провозной способности (в составе поезда – до 30 тыс. чел./час), высокой средней скорости (до 30 км/ч), экологичности, плавности хода, невысоким эксплуатационным затратам трамвай по праву считается одним из самых перспективных видов городского общественного транспорта. Именно поэтому крупные города Европы, в начале XX века отказавшиеся было от устаревшего, как тогда считали, трамвая, с 70-х гг. прошлого столетия начали его возрождение. Активно эксплуатируется и развивается трамвай и в странах СНГ. Трамвайным движением обеспечено 68 городов Российской Федерации, в Украине трамвайное сообщение действует в 24 городах, а парк подвижного состава насчитывает почти 3,3 тыс. трамвайных вагонов. В нашей стране данный вид транспорта действует всего лишь в 4 городах, в том числе и в столице.

Однако, при достаточно высоком уровне комфортабельности, экологичности, экономичности и скорости движения, минские трамваи занимают «лидирующие» позиции и по уровню шума и вибрации. Это обусловлено как наличием устаревших вагонов трамвайного парка, так недостатками и изношенностью трамвайных путей. В настоящее время конструкция трамвайных путей Минска в основном представляет собой рельсошпальную решетку, уложенную на 25-сантиметровую щебеночную подушку. До настоящего времени в Беларуси предпринимались попытки реконструкции трамвайных путей путем замены деревянных шпал на железобетонные. Практика показала, что такое замещение не дает ощутимого эффекта в борьбе с шумом и вибрацией. Решением проблемы является бесшпальный бесстыковой трамвайный путь с эластичным виброизоляционным слоем под подошвой рельса. В качестве несущей конструкции запроектирована железобетонная плита, в которой есть коробка для укладки рельсов. Рельсы в коробах крепятся специальным эластичным составом, который снижает шум и вибрацию при движении трамвая. Аналогичную технологию уже 30 лет широко применяют строители всего мира. За это время было проведено множество испытаний и исследований. В итоге специалисты отметили, что прогрессивная технология вклейки рельсов снижает уровень шума приблизительно на 20 ДБ, а вибрацию – на 10 ДБ, новый путь требует минимального обслуживания, а срок эксплуатации его составляет 30 лет, что в два раза больше рельсошпальной решетки.

Важно отметить, что стоимость устройства бесшпального пути значительно выше, чем с применением шпал, поэтому при укладке такого пути в криволинейных участках необходим очень точный расчет ординат. Особенно это касается разворотных треугольни-

ков, где существующие кривые сбиты, малого радиуса, устроены без переходных кривых, что приводит к уменьшению скорости движения, снижению комфортабельности езды пассажиров, созданию дополнительных толчков, шума и вибрации. Расчетами ординат, по которым будут производиться изогнутые в заводских условиях рельсы, занимаются сотрудники БелГУТа по заказу Службы трамвайного пути КУП «Минсктранс». Кроме реконструкции существующих путей, в Минске планируется строительство новых трамвайных линий, в том числе скоростных участков в пригороды.

## К ВОПРОСУ О СТАБИЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Смоляницкий Л. А.

(Воронежский филиал МИИТа, Воронеж, Россия)

Стабильность железнодорожного пути и отдельных его частей следует рассматривать с позиции предельных состояний – по деформациям (II предельное состояние) и по прочности, или устойчивости (I предельное состояние).

Стабильность по деформациям означает, что неравномерные деформации (пучины; просадки, вызванные уплотнением грунта земляного полотна или щебня; разуплотнение и уплотнение грунта при изменении капиллярного давления при его увлажнении и высыхании не превышают допустимых значений, а упругие колебания при движении поезда не вызывают расстройство рельсошпальной решетки.

Стабильность по устойчивости (прочности) означает, что сдвиговые напряжения в земляном полотне и в его основании не превышают сопротивления сдвигу, а напряжения в элементах верхнего строения пути не превышают предельных значений. Здесь существенную роль играет динамическая нагрузка.

В докладе рассмотрены отдельные вопросы указанной проблемы.

Грунт насыпей даже при самом тщательном уплотнении содержит защемленный воздух. При замачивании грунта атмосферной или паводковой водой, происходит разуплотнение грунта в результате исчезновения капиллярного давления в связи с уменьшением сжимающих напряжений. При этом дополнительное увлажнение глинистого грунта может не происходить или оно может быть незначительным. Капиллярное давление действует независимо от внешнего давления на частицы грунта и набухание, которое испытывает грунт, является самостоятельным процессом. Капиллярное давление существенно влияет на величины осадок земляных сооружений и их устойчивость. До того момента, пока поры в грунте открыты для взаимодействия с атмосферой при его влажности выше границы усадки, существуют мениски на поверхностных пленках воды в порах и, следовательно, реализуется капиллярное давление. При этом капиллярное давление добавляется к внешнему давлению, дополнительно сжимая грунт. Капиллярное давление увеличивает уплотнение грунта в земляном сооружении и его осадку. Капиллярное давление повышает устойчивость сооружения, так как прочностные характеристики грунта, определенные в условиях действия капиллярного давления, имеют более высокие значения. Исчезновение капиллярного давления (интенсивные атмосферные осадки в виде дождя, создающие слой воды на поверхности откосов, или подтопление насыпи) приводят к разуплотнению грунта и снижению его прочностных характеристик.

В натурном земляном полотне, когда балластный мешок заполнен водой, примерно 100 гидравлических ударов испытывает грунт земляного полотна при проходе только одного грузового поезда, более 2000 ударов в сутки и более миллиона ударов в год. В результате постепенно расширяется балластный мешок, и наблюдаются просадки пути. В сухие периоды года уровень воды в балластных мешках насыпей понижается за счет ис-

парения воды через балластную призму и транспирации растительностью через откосы насыпей. В этот период уменьшаются и просадки пути. Кроме того, известно, что динамическая нагрузка от поезда быстро уменьшается с глубиной, при этом резко падает гидродинамическое давление на стенки балластного мешка при его осушении.

Полное осушение балластных мешков позволит существенно повысить устойчивость земляного полотна, ликвидировать просадки пути, что необходимо для безопасного увеличения грузонапряженности дорог.

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШИРИНИ КОЛІЇ В МЕЖАХ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ НА ДОПУСТИМУ ШВИДКІСТЬ РУХУ ЗА КРИТЕРІЯМИ БЕЗПЕКИ РУХУ ТА СИЛОВОЇ ДІЇ ВІД РУХОМОГО СКЛАДУ НА КОЛІЮ

Рибкін В. В., Каленик К. Л.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

In this work analyzes the impact of gauge and the gradient of the disqualification of the interaction between the road and rolling stock in the conversion curve by the methods of mathematical modeling. Frame force obtained for a range of gauges and the slope of her disqualification.

Ширина колії є однією з найголовніших характеристик колії, яка забезпечує безпеку руху поїздів. На сьогодні існують нормативи ширини колії в межах стрілочних переводів, але не нормовані відступи від встановлених нормативів, а також допустимі швидкості руху при відступах від нормативів.

Виконавши необхідні розрахунки та проаналізувавши відповідні нормативні документи, по яких визначаються допустимі швидкості рухомого складу по критерію впливу на колію, а також критерії безпеки руху (коефіцієнт запасу стійкості колеса проти вкочування на рейку і довжина зони втрати стійкості), були визначені відповідні критерії безпеки руху та допустимої силової дії від рухомого складу на колію.

Дослідження виконувались з використанням раніше розробленої та апробованої просторової математичної моделі вантажного піввагона на візках 18-100. До моделювання було прийнято діапазон ширини колії від 1520 до 1548 мм, як по прямому так і по боковому напрямку. При моделюванні по прямому напрямку було встановлено, що без зменшення швидкості можна експлуатувати стрілочний перевід з такою шириною колії:

1. 1529 мм - для стрілочних переводів на дерев'яних брусах;
2. 1542 мм — для стрілочних переводів на залізобетонних брусах.

До моделювання в межах перевідної кривої було обрано 4 проекти стрілочних переводів для яких встановлена допустима швидкість руху у діючих нормативних документах. Діапазон непогашених відцентрових прискорень, що діє в межах перевідної кривої цих проектів практично перекриває існуючий діапазон для всіх стрілочних переводів, які експлуатуються. При моделюванні руху по бокового напрямку було виявлено наступні особливості взаємодії:

1. ширина колії за межами зони набігання на вістряк неістотно впливає на сили взаємодії, отримані показники безпеки руху та бокові сили менше допустимих;
2. ширина колії в межах зони набігання на вістряк істотно впливає на рівень взаємодії, причому рівень сил зростає зі зростанням швидкості, тому для проектів 2063 та ДН060 необхідно зменшувати швидкість руху з ширини колії 1530 мм в цій зоні;
3. ухил відводу ширини колії на внутрішній не упорній рейковій нитці не істотно впливає на рівень бокових сил;
4. ухил відводу ширини колії на упорній рейковій нитці перевідної нитки



істотно впливає на рівень взаємодії, причому рівень сил зростає зі зростанням рівня непогашеного відцентрового прискорення.

За результатами розрахунків визначено допустимий ухил відводу ширини колії для проекту № 2063 і він склав 2%, а для проекту ДН060 – 3%.

При моделюванні як по прямому так і в межах бокового напрямку в багатьох випадках коефіцієнт запасу стійкості був меншим допустимого значення, але завжди довжина зони втрати стійкості була більшою за мінімально допустиму. В цих умовах стійкість забезпечується.

Зауважимо, що аналіз проводився для детермінованих нерівностей по ухилу відводу ширини колії, які не відображають статистичний розподіл нерівностей, що існують в реальних умовах експлуатації, тому необхідно провести натурні дослідження ширини колії стрілочних та положення стрілочних переводів за напрямком у плані для наступного етапу аналізу.

## ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ПУТИ СО СКРЕПЛЕНИЕМ СБ-3

Инютин В. И., Мирошников В. Е., Карась М. В.  
(БелГУТ, Гомель, Республика Беларусь)

Recommendations about maintenance of a track with fastening SB-3 are presented.

На Белорусской железной дороге уложено более 400 км звеньевого и бесстыкового пути с бесподкладочным упругим скреплением СБ-3, эксплуатация которого выявила особенности его содержания и ремонта

Для обеспечения прочности и устойчивости бесстыкового пути рельсовые плети должны быть закреплены на шпалах только в строго определенном интервале температур рельсов. Учитывая то, что пружинная клемма в скреплении СБ-3 имеет ограниченные возможности по количеству циклов сборки и демонтажа, при которых сохраняются ее геометрические и упругие параметры, следует укладывать и закреплять рельсовые плети в расчетном интервале сразу, избегая разрядки для постановки на постоянный режим эксплуатации, а в связи с этим и дополнительного снятия и установки клемм. Закрепление плетей осуществляется установкой пружинных клемм с помощью специальных приспособлений. При этом одновременно с укладкой и закреплением бесстыкового пути через каждые 50-100 м разбиваются створы для контроля за перемещениями рельсовых плетей в процессе эксплуатации в соответствии с существующими требованиями.

Обладая достаточной стабильностью прижатия рельса к подрельсовому основанию и равномерностью погонного сопротивления, скрепление СБ-3 по мере наработки тоннажа обеспечивает его величину ниже, чем КБ. Поэтому в период эксплуатации бесстыкового пути особое внимание следует уделять контролю стабильного положения рельсовых плетей, не допуская их значительного продольного перемещения. Ввиду того, что рельсовые скрепления СБ-3 ограничивают возможность выправочных работ по уровню с помощью регулировочных прокладок, особое внимание при текущем содержании, выполнении планово-предупредительных работ и ремонта пути следует уделять качеству подбивки шпал, очистке балласта, его уплотнению, особенно при подготовке пути к работе в зимний период. Путьевые работы, связанные с временным ослаблением устойчивости рельсошпальной решетки, разрешается производить, если отклонение температуры рельсовых плетей от температуры их закрепления в течение всего периода работ не превышает значений, указанных в ТУ по укладке и содержанию бесстыкового пути типовой конструкции. В противном случае работы, вызывающие ослабление сопротивления бесстыкового пути

боковому и вертикальному перемещению не допускаются. Не разрешается разбирать и ослаблять стыки на концах плетей и между уравнительными рельсами при температурах, отличающихся от температуры закрепления плетей в сторону повышения более чем на 5°C, понижения – 10 °C, иначе это приведет к изменению величины установленных стыковых зазоров, нарушит температурный режим работы и осложнит температурную работу рельсовых плетей при дальнейшей эксплуатации. В случае крайней необходимости разрядка температурных напряжений выполняется в «окно» путем сплошного снятия пружинных клемм на всем протяжении рельсовой плети.

Подъемка пути на балласт балластировочными машинами независимо от их типа не должна превышать 35 см за один проход. В случае подъема пути одновременно с рихтовкой на 15 см и более подъемка на балласт не должна превышать 25 см.

Для эффективной работы пути со скреплением СБ-3 при его содержании и эксплуатации необходимо учитывать приведенные рекомендации, позволяющие увеличить надежность пути и повысить безопасность движения поездов.

## КОНСТРУКЦИЯ НОВОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ШПАЛЫ

Бабадеев И. С., Киреевнин А. А., Карпачевский В. В.  
(РГУПС, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Существует представление о том, что одной из основных характеристик конструкции железобетонной шпалы является ее сопротивление сдвигу поперек оси пути. Это сопротивление необходимо, чтобы обеспечить устойчивость рельсошпальной решетки под действием продольных температурных сил в рельсах. Чем выше это сопротивление – тем лучше обеспечиваются условия устойчивости.

Ранее почти все эксперименты у нас и за рубежом (за исключением опытов В. И. Новаковича, В. В. Ершова, Г. В. Карпачевского) проводились на железнодорожном пути в период, когда отсутствовало движение поездов, то есть – в статике. В связи с этим считалось, что чем больше масса шпалы, тем выше ее сопротивление сдвигу. В статике – это так и есть. Но значение статического сопротивления шпалы сдвигу может быть использовано только в расчетах, которые необходимы для определения изменения сил и деформаций при производстве путевых работ на закрытом для движения поездов перегоне. При производстве путевых работ лучше, когда это сопротивление меньше. В процессе эксплуатации от воздействия проходящих поездов сопротивление сдвигу шпалы в балласте, как известно, падает и шпала под действием горизонтальной силы ползет в сторону действия этой силы.

Из результатов статических экспериментов многих исследователей известно, что на величину сопротивления сдвигу шпалы поперек оси пути больше всего влияет связь шпалы с балластом по ее подошве. Значительно в меньшей степени на величину сопротивления сдвигу влияет сопротивление торца шпалы (5...7%) по сравнению с полным сопротивлением. Не столь значительно и влияние от полноты балластной призмы. При незаполненных щебнем шпальных ящиках сопротивление понижается не более чем на 20%.

Учитывая вышесказанное, нами разработана новая конструкция шпалы. Она изготовлена и проведены ее испытания в действующем пути.

Поскольку при эксплуатации масса шпалы не влияет на величину сопротивления сдвигу, при разработке новой конструкции стремились максимально ее уменьшить. При этом для обеспечения достаточной прочности сечений шпалы в местах максимальных изгибающих моментов, следует центр тяжести арматуры по возможности максимально приблизить к краю сечения, в котором действуют растягивающие напряжения, и соответ-

венно убрать лишнюю арматуру с того края сечения, где действуют сжимающие напряжения.

В соответствии с эпюрой изгибающих моментов в подрельсовом сечении шпалы арматура должна быть, как можно ближе к подошве шпалы, а в среднем сечении – к верху шпал. Но арматура в железобетонных шпалах – предварительно напряженная. Поэтому ее нельзя изгибать. Но тогда следует массу бетона сосредоточить в тех местах, где действуют сжимающие напряжения.

Многовариантные расчеты по стандартной методике показали, что такой выступ может быть достаточным в пределах 25-30 мм для того, чтобы уменьшить массу ныне применяемых шпал на примерно 40%, т. е. примерно на 100 кг. При этом значительно возрастет ее сопротивление сдвигу поперек оси пути в процессе эксплуатации.

Для проверки возможности и целесообразности применения предлагаемой (заявка на патент № 2009100636 от 11.01.09) шпалы изготовлен ее макетный образец.

Макетный образец отличается от стандартной шпалы тем, что в подрельсовом сечении на расстоянии до 90 см от торцов шпалы удален бетон на глубине до 28 мм. При этом удален один ряд крайних попарно свитых стержней арматуры (8 штук). Это изменение пока дает относительно незначительное уменьшение массы шпалы, примерно, на – 30 кг. Окончательный детальный проект железобетонной шпалы с учетом изложенного принципа еще предстоит разработать.

Макетный образец необходим для эксплуатационной проверки прочностных и других механических характеристик шпалы, в том числе сопротивлений сдвигу шпалы поперек оси пути.

Заводские испытания по стандартной методике показали, что шпала выдерживает все прочностные и деформативные требования. В настоящее время проводятся длительные эксплуатационные испытания макетного образца предложенной конструкции железобетонной шпалы в действующем пути.

Макетные образцы предложенной железобетонной шпалы от будущей конструкции, выполненной по выше описанному принципу, отличается главным образом тем, что поверхность средней выступающей части должны иметь меньшую опорную поверхность. Это для того чтобы реактивный отпор щебня в ее средней части был уменьшен примерно в два раза по сравнению со стандартной. К концам шпала должна быть по своей опорной поверхности уширена примерно на 5 см, поскольку максимальный прогиб по расчету, как и у стандартной шпалы, будет на ее концах. Однако в связи с уменьшением жесткости шпалы этот прогиб будет меньше, чем у стандартной шпалы.

Еще предстоит решить технологические вопросы при укладке пути с предложенной конструкцией шпалы во время капитального ремонта. Возможно, придется перед укладкой звена рельсошпальной решетки пропускать по балластной призме планировщик, создающий в ее середине впадину глубиной до 30 мм, как это делалось в первые годы применения железобетонных шпал в СССР.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОШУВАННЯ ПІДРЕЙКОВИХ ПІДКЛАДОК В МЕТРОПОЛІТЕНІ

Овчинніков О. О., Шраменко В. П.  
(УкрДАЗТ, г. Харків)

In this report processes, which take place in interface “rail foot edge – lining flange”, are analyzed and theoretical interpretation of deterioration mechanism process for this friction pair with lubricant using are performed.

Conclusions, received by authors, allow to correct the direction of further efforts to choose the necessary methods of protection from rising deterioration in interface “rail foot edge – lining flange”, that will realize it's durability extension.

На сьогоднішній день колійне господарство Харківського метрополітену потребує реалізації системи заходів, спрямованих на подовження термінів служби елементів верхньої будови колії.

Для застосування правильної тактики виконання поставленої задачі в доповіді висвітлено механізм зношування ключових складових колії, що робить цей матеріал досить перспективним для ефективного використання ресурсів метрополітену.

За характером процесу руйнування поверхонь тертя розглянуте сполучення можна віднести до широко відомого виду пошкодження – «фреттинг – корозії». Механізм впливу фреттинг – корозії на сполучення «кромка підшви рейки – підкладка» свідчить про складну взаємодію ряду факторів, що визначають це явище, про накладення один на одного різних фізико – хімічних процесів. Завдяки раніше проведеним експериментальним і теоретичним роботам розроблені методи захисту сполучення від провідних процесів їхнього пошкодження. До них відносяться різні способи нанесення покриттів на поверхню тертя. Одним з перспективних способів захисту сполучення «Кромка підшви рейки – підкладка» від пошкоджень в умовах експлуатації існуючих конструкцій такого сполучення доцільно використовувати третє проміжне тіло (мастило). При такому способі можна спостерігати наступні позитивні явища, спрямовані на зниження зношування поверхонь тертя розглянутого сполучення:

1. Шляхом створення мастильної плівки між поверхнями тертя в розглянутому сполученні пари тертя переходить з режиму сухого тертя в режим граничного змащення, що сприяє зниженню втомлювальних процесів у поверхневих шарах сполучення й формує захисний шар від корозійного впливу навколишнього середовища.

2. В умовах експлуатації використання такого способу зниження зношування супроводжується найменшою трудомісткістю в порівнянні з іншими, а отже найменш збитковим механізмом.

3. Сформована мастильна плівка на поверхнях тертя в сполученні сприяє зменшенню окисних процесів, пов'язаних з навколишнім середовищем.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТА В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Ковтун П. В., Романенко В. В., Баханек А. А., Машукова О. М.  
(БелГУТ, г. Гомель, Республика Беларусь)

The question of a introduction the management information system – "Way" – the automated control system on the basis of paperless technology (electronic document circulation) with application of the electronic digital signature is considered and developments of a high-speed uniform network of data transmission is direct from the persons who are responsible for the primary account in structural divisions of traveling facilities in a track maintenance.

Работа путевого хозяйства Белорусской железной дороги базируется на достаточно большом объеме документооборота, который представлен в различных формах учетной и отчетной документации. В настоящее время вся учетная документация ведется на бумажных носителях, которая затем обрабатывается в технических отделах дистанций пути и в форме отчетов передается в отделения дороги и службу пути. Значительная часть информации, перерабатываемая работниками НОД, дублирует информацию, передаваемую в свою очередь дистанциями пути и ПМС в службу пути и обратно. За счет многоэтапности прохождения информации могут создаваться ситуации неоперативного реагирования на происходящие изменения состояния путевого хозяйства и как следствие – возникновение угрозы безопасности движения. Для обладания оперативной информацией всех структурных подразделений путевого хозяйства необходимо повышение качества и скорости документооборота за счет безбумажной подачи данных непосредственно от лиц, отвечающих за первичный учет.

Совершенствование автоматизации технологических процессов документооборота может быть достигнуто за счет внедрения АСУ «Путь» – автоматизированной системы управления путевого хозяйства на основе безбумажной технологии (электронного документооборота) с применением электронной цифровой подписи (ЭЦП) и развития высокоскоростной единой сети передачи данных (ЕСПД) на Белорусской железной дороге. Главной целью создания и внедрения АСУ «Путь» является повышение качества документооборота за счет:

- обеспечения своевременного составления и предоставления документов путём автоматизации соответствующих процессов, начиная от оформления первичных учетных документов и заканчивая печатью заполненных технических паспортов дистанции пути, отчетных форм и справок, а также анализа состояния путевого хозяйства дистанции пути;
- повышения персональной ответственности причастных работников за полноту и достоверность информации, связанной с первичным учетом материалов, находящихся в эксплуатации, за счёт использования ЭЦП;
- повышения полноты и достоверности документации в системе путём одноразового формализованного ввода исходной информации в централизованную базу данных системы с применением ЭЦП и многократного использования этой информации причастными работниками;
- совершенствования порядка ввода информации, выдачи готового документа (создание унифицированных шаблонов документов, автоматизация контроля ввода информации);
- обеспечения контроля своевременности предоставления информации с помощью технических средств;
- автоматизации процессов учета отчетных форм и составления справок;
- обеспечения обмена данными АСУ «Путь» с системами БЖД;
- внедрения безбумажной технологии;

– удостоверения подлинности и целостности документов, сообщений при помощи электронной цифровой подписи (ЭЦП).

Кроме повышения качества документооборота, представляется целесообразным ввести блок инженерных расчетов, например, расчет бесстыкового пути на прочность и устойчивость, определение оптимального времени продолжительности «окон», расчет кривых и возвышения наружного рельса в зависимости от изменения скорости движения поездов и т. д. с целью возможности анализа состояния участков пути в зависимости от эксплуатационных факторов.

Создаваемая подсистема АСУ-путь ориентирована на существующую структуру управления путевым хозяйством для трех уровней управления: управления дороги, службы пути железной дороги и линейных предприятий путевого хозяйства дороги.

## К ВОПРОСУ О ИССЛЕДОВАНИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВ В ЗОНЕ СТЫКА

Брынза А. А.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

As a calculation chart of joint of rails two bars are accepted lying on resilient foundation. Bars are connected by a knot with two resilient connections. One connection resists, and other to vertical displacement in relation to each other of joining to the knot of ends bars. At a calculation a method is used offered in works of Lazarjan and Konashenko. He is based on application of the generalized functions.

На звеньевом участке пути наибольшие прогибы и напряжения возникают в зоне стыков рельсов. В рельсах накапливаются усталостные повреждения, повышающие вероятность их излома. Кроме того, при различной высоте рельс в стыке в момент переезда через него колеса, возникают дополнительные усилия на колесо, приводящие к его повышенному износу.

В качестве расчетной схемы стыка рельсов приняты два стержня одинаковой жесткости и конечной длины, лежащие на винклеровском основании и соединенные узлом с двумя упругими связями сопротивляющимися повороту и вертикальному смещению относительно друг друга концов примыкающих к нему стержней.

В данной работе применяется способ, предложенный в работах Лазаряна и Конашенко, основанный на применении обобщенных функций. Упругие связи учитываются с помощью импульсивных функций второго и третьего порядка. Для решения разрешающего уравнения используется операционное исчисление. Получены аналитические решения справедливые при любой жесткости упругих связей. Усилия и перемещения выражаются только через начальные параметры и некоторые функции влияния, которые имеют разрывы непрерывности I-го рода. Для построения эпюр внутренних усилий и перемещений от действия различных нагрузок составлены mathcad-программы.

Рассмотрен расчет рельсов в зоне стыка при действии одной и нескольких сосредоточенных сил. Построены эпюры внутренних усилий и перемещений, возникающих в зоне стыка, при различных коэффициентах жесткости упругого основания и упругих связей.

При учете только связи сопротивляющейся повороту концов стержней относительно друг друга (узел типа упругий шарнир), величина изгибающего момента в стыке уменьшается пропорционально жесткости упругого шарнира, а поперечная сила не изменяется. При малой жесткости упругого шарнира, через стык передается только поперечная сила. Величины максимальных изгибающих моментов снижаются на 30% при повышении коэффициента жесткости упругого основания в два раза.

При малых жесткостях обеих связей, через стык не передается не только изгибающий момент, но и поперечная сила.

При малой жесткости упругой связи, сопротивляющейся вертикальному перемещению концов рельсов относительно друг друга, разница в вертикальных перемещениях рельсов по обе стороны стыка достигает нескольких сантиметров в зависимости от жесткости основания.

## КОМПЛЕКСНА ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОБОТИ ҐРУНТОУЩІЛЬНЮВАЛЬНИХ МАШИН, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ПРИ УЩІЛЬНЕННІ ҐРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЗАЛІЗНИЦЬ

Главацький К. Ц.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

It is offered to use different ways of improvement of work of machines for the compression of soil taking into account their descriptions for providing minimum of possible expenses of resources during stabilization of the ground linen of roads.

При спорудженні земляного полотна залізничних доріг під час їх нового будівництва чи реконструкції у встановлені терміни і за певних економічних показників передбачається отримання заданих фізико-механічних властивостей масиву ґрунту, що складається з базових і доданих у призму ґрунтів з врахуванням мінімального часу на введення дороги в експлуатацію.

Традиційні ґрунтоущільнювальні машини, задіяні у технологічному процесі укладання ґрунту, у значній мірі сприяють досягненню цього результату, оскільки суттєво інтенсифікують процес стабілізації жорсткісних характеристик ґрунтів нижньої будови колії. Але основним недоліком класу цих машин є значне обмеження їх функціональних можливостей, особливо при роботі зі свіжо насипаними ґрунтами, коли потрібно у широкому діапазоні змінювати тиск робочих органів на ґрунт, перерозподіляти його між ними, використовувати статику, вібрацію, удар чи їх комбіновану дію, і не обов'язково потрібно отримати гладеньку поверхню ґрунту при ущільненні кожного з шарів ґрунтового насипу, оскільки створені на поверхні ущільненого ґрунту профільними робочими органами гребені сприятимуть збільшенню зчеплення шарів ґрунту від поперечного відносного зсуву.

Найбільш суттєвим елементом інтенсифікації роботи ґрунтоущільнювальних машин є ефективне використання вібрації шляхом удосконалення існуючих і розробки нових вібраційних систем модульного типу з керованим об'ємним вектором збурюючих сил. Слід приділити особливу увагу удосконаленню таким складовим вібраційних систем, як елемент, блок, контур і модуль, оскільки на одній машині їх може бути розміщено декілька, і працювати вони можуть як частково, так і у повному обсязі.

Використовуючи увесь спектр ґрунтоущільнювальних машин слід врахувати такі їх характеристики: масу (вона повинна збільшуватися по мірі ущільнення ґрунту у тому числі і за рахунок додаткової збурюючої сили вібросистеми); тиск робочого органа на ґрунт (з врахуванням його перерозподілу між робочими); вектор збурюючої сили вібраційної системи ґрунтоущільнювальної машини (обумовлений формою, масою, розташуванням і порядком роботи вібраційних елементів, блоків, контурів і модулів); локалізацію ущільнення (блоковане ущільнення ґрунту шляхом запобігання вислизанню і розсуванню ґрунту з-під робочих поверхонь, або за рахунок певної послідовності взаємодії робочих органів з ґрунтом); комбінована дія на ґрунт різнотипних робочих органів, суміщених в одній машині; зміна амплітуди і частоти коливань робочих органів ґрунтоущільнювальних ма-

шин по мірі ущільнення ґрунту і вибір їх діапазону залежно від категорії та фізико-механічних характеристик ґрунту; створення профільної поверхні, як між укладеними шарами ґрунту, так і на його поверхні, з метою реалізації блокованого ущільнення поточного шару ґрунту та додаткової протидії внутрішньому зсуву ґрунту під час його ущільнення і експлуатації; функціональні можливості машини з метою ущільнення ґрунту у важкодоступному місці та її адаптації до певних технологічних умов.

## ОСОБЕННОСТИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ ДВИЖЕНИИ СКОРОСТНЫХ ПОЕЗДОВ

Козлов И. С., Николайтис Д. С., Щукин А. В.  
(ПГУПС, г. Санкт-Петербург, Россия)

Issues considered in the article are connected with determination of influence of fastenings construction on level of vibrodynamic influence, that is transferred to the subgrade at the high-speed traffic. In the article there are also an oscillatory process characteristic in vertical and horizontal (along and across the track) planes and oscillation attenuation in the subgrade depending from speed, that is very important not only for the cognition of the phenomena, but for forecasting of future performance and condition of the railway and subgrade.

В современных условиях очень важно знать, как работают различные конструкции в составе железнодорожного пути.

В 2007-2009 годах на линии Санкт-Петербург – Москва был выполнен ряд полевых экспериментов по определению влияния различных типов промежуточных рельсовых креплений на уровень вибродинамического воздействия, возникающий в земляном полотне.

В результате исследований получены зависимости амплитуды колебаний грунтов основной площадки земляного полотна от скорости движения поездов для креплений типа КБ-65, АРС-4 и Pandrol Fastclip на штатных и опытных прокладках амортизаторах.

Самый низкий уровень вибродинамического воздействия наблюдался при прочих равных условиях при промежуточных рельсовых креплениях типа КБ-65 с штатными прокладками амортизаторами.

На участке пути со креплениями АРС зависимости, отражающие изменения величин амплитуд с увеличением скоростей движений пассажирских поездов представляют собой прямую линию. В то время как со креплениями КБ для пассажирских поездов при скоростях выше 160 км/ч зависимость перестает быть прямолинейной.

Данное явление объясняется тем, что в креплениях АРС-4 и Pandrol Fastclip имеются жестко замоноличенные анкера, а в креплении КБ-65 – закладной болт. При высоких скоростях движения поездов усилие, возникающее в узле крепления КБ, начинает превосходить усилие затяжки болтов, и конструкция работает как шарнир, снижая уровень динамики.

Основной причиной изменения уровня вибродинамического воздействия в существующих условиях, передающегося балластной призме и грунтам земляного полотна, является изменение жесткости прокладок-амортизаторов в конструкции промежуточных рельсовых креплений.

Чем выше жесткость прокладки-амортизатора, тем выше вибродинамическое воздействие на грунты земляного полотна и, следовательно, ниже несущая способность при прочих равных условиях.



Конструкция верхнего строения пути оказывает значительное влияние на величину вибродинамического воздействия, передающегося земляному полотну.

Главным фактором, определяющим несущую способность земляного полотна, является амплитуда колебаний.

Данные, приведенные в статье, дают возможность их использования при оценке несущей способности земляного полотна скоростных железнодорожных линий с учетом вибродинамического воздействия.

## ТРЕБОВАНИЯ К ВЕЛИЧИНЕ ЗАЗОРОВ В ИЗОЛИРУЮЩИХ СТЫКАХ

Матвеев В. И., Кебилов А. А., Мирошников Н. Е., Пахомова И. В.  
(БелГУТ, г. Гомель, Республика Беларусь)

The analysis of norms and admissions of the maintenance of rail gaps at the block joint is executed. The conclusion about necessity of correction of these norms for increase of temperature reliability jointed track is made.

При эксплуатации 25-метровых рельсов в суровых климатических условиях фактические годовые изменения длины рельсов более чем в полтора раза превышают конструктивную величину стыкового зазора. Превышают конструктивный зазор и фактические стыковые зазоры. Вследствие этого в зимнее время зачастую происходит срез болтов и разрыв стыков.

Наиболее сложными являются условия температурной работы и эксплуатации зазоров изолирующих стыков. Это связано с тем, что по существующим требованиям их величина значительно сокращена, по сравнению с конструктивной величиной обычных стыковых зазоров.

Первые рельсовые цепи железнодорожного пути оборудовались изолирующими стыками с деревянными стыковыми накладками, не обеспечивающими должное стыковое сопротивление и равнопрочность пути. Для повышения надежности работы изолирующих стыков появилась рекомендация о том, что зазор изолирующего стыка должен изменяться от 5 до 8 мм. Это требование было включено в Инструкцию по текущему содержанию железнодорожного пути и действовало почти 50 лет. В процессе текущего содержания изолирующих стыков с деревянными накладками на стыковом пути с рельсами длиной 12,5 м возникали значительные трудности, т. к. зазоры изолирующих стыков раскрывались более 8 мм, что нередко приводило к излому стыковых накладок под поездами с тяжелыми последствиями. Такое положение вынудило заменить в начале пятидесятых годов прошлого века деревянные накладки лигнофолевыми, однако опасность излома накладок под поездами оставалась реальной.

Внедрение металлических накладок объемлющего типа в некоторой степени повысило прочностную надежность работы изолирующих стыков, но раскрытие зазоров изолирующих стыков намного превышало установленные допуски. Поэтому переход на 25-метровые рельсы еще в большей степени осложнил эксплуатацию зазоров изолирующих стыков и создал дополнительные трудности. При этом на изменение стыкового зазора в указанных пределах вдвое уменьшился перепад температуры при ее понижении или повышении и составлял всего лишь 10 °С.

При переработке указанной Инструкции в 1990 г. рекомендации об ограничении изменения величины зазоров изолирующих стыков убрали. Однако аналогичное требование вновь появилось в новой Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути Российской Федерации (№ ЦП–744) в следующей редакции: “Торцы рельсов в изолирую-

щем стыке не должны иметь наката. Зазор в стыке по всей высоте рельса должен составлять 5...10 мм". При этом диапазон изменения зазоров в изолирующем стыке был увеличен всего лишь на 2 мм, чего явно недостаточно.

Проанализирована возможность выполнения указанных требований по ограничению изменений зазоров изолирующих стыков для рельсов типа Р65 на сети железных дорог СНГ. Определены перепады температур на изменение величины зазоров изолирующих стыков в пределах допусков, установленных Инструкцией по текущему содержанию железнодорожного пути, и соответствующая величина потребного стыкового сопротивления.

Сделан вывод о том, что для изменения зазора изолирующего стыка на 3 мм при длине рельсов 12,5 м и 25 м требуется перепад температуры рельса соответственно равный 20 и 10 °С. Это позволяет, в зависимости от длины рельсов, компенсировать температурными деформациями 22–18 % и 11–9 % годовой температурной амплитуды рельсов. Вся остальная часть амплитуды колебания температуры рельсов идет на температурные напряжения. С увеличением допуска в содержании зазоров изолирующего стыка до 5 мм на перемещения потребуется 17 °С, что, безусловно, ничтожно мало. Потребное стыковое сопротивление для обеспечения раскрытия зазоров в рекомендуемых пределах для указанных климатических районов при этом должно составлять 720–940 кН. Даже двенадцатидырные накладки, применяемые в опытном порядке на Казахской железной дороге, не могли обеспечить стыковое сопротивление более 600–650 кН.

Несогласованная работа стыковых зазоров и угон пути могут вызвать появление дополнительных сжимающих сил, которые могут привести к выбросу звеньевому пути на деревянных шпалах в момент наступления максимальных расчетных или близких к ним температур.

Дополнительные трудности кроме того вызывает еще одна рекомендация по обеспечению нормальной работы изолирующих стыков: «Зазор в стыке соседнем с изолирующим, должен быть не менее 3 мм, а при низких температурах не превышать 18 мм при диаметре отверстий в рельсах 36 мм. Забег одного изолирующего стыка относительно другого допускается: на прямых – не более 5 см; на кривых – 5 см плюс половина стандартного укорочения рельса». Никаких пояснений при этом не делается: «при низких температурах», при самых низких температурах или близких к ним?

Из вышесказанного следует, что повсеместно конструктивной величины стыкового зазора недостаточно для компенсации годовых температурных деформаций 25-метрового рельса. Поэтому требование ограничить раскрытие соседних с изолирующим стыков до 15 мм, которое еще в большей степени ухудшает температурную работу звеньевому пути, нельзя признать целесообразным. При этом возрастает и без того большое торцевое давление и, соответственно, сжимающие температурные силы, повышая вероятность нарушения устойчивости пути.

Так, уменьшение годовых деформаций 25-метровых рельсов до 15 мм сокращает перепад температур на открытие и закрытие зазора, по сравнению с существующим конструктивным, на 21 °С, в результате чего торцевое давление по одной рельсовой нитке может возрасти на 430 кН, а сжимающие силы в пути – на 860 кН.

Следовательно, действующие требования по содержанию зазоров изолирующих стыков нуждаются в соответствующей корректировке для обеспечения надежности их температурной работы при 25-метровых рельсах.

## РОЗРАХУНОК РЕЙКИ ЯК БАЛКИ НА ПРУЖНИХ ОПОРАХ ПІД ДІЄЮ РУХОМОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Даренський О. М., Вітольберг В. Г., Бугаєць Н. В.  
(УкрДАЗТ, м. Харків)

To determine the reduced vertical stiffness of the threads under the rail wheel crew reviewed the calculation of the rail as a beam on elastic supports individual using the equations of five points. The resulting system of equations is solved in matrix form using the equations Cramer. Accounting for random characteristics of the rigidity of individual towers, the distance between the axes of sleepers, movement between the rails and sleepers made using the method of statistical tests. The proposed method of determining the reduced stiffness of rail thread can get its variable values for each wheel of a moving crew at any time.

При розрахунках рейкової колії на стійкість та міцність в теперішній час використовується, в основному, розрахункова схема балки на суцільний пружний основі. Така схема передбачає постійну величину пружності підрейкової основи - її модуль. Між тим в реальних умовах рейкова нитка спирається на дискретні опори – шпали, при цьому пружні характеристики такої опори можуть змінюватись в досить широких межах. Це особливо важливо при розрахунках колії для умов промислового залізничного транспорту – високі осьові навантаження, підвищена жорсткість ресор, криві ділянки колії с невеликими радіусами та інші.

В доповіді автори повідомляють про результати принципово іншої розрахункової схеми – балки на окремих пружних опорах, яка дозволяє уникати цих недоліків. Розроблені методи і запропоновані розрахункові рівняння, які дозволяють визначити параметри взаємодії екіпажу та рейки в вертикальній площині, зокрема отримувати значення приведеної вертикальної жорсткості рейкової нитки окремо для кожного колеса екіпажу під час його руху. Розроблена оригінальна методика рішення систем рівнянь за допомогою її визначників з використанням формул Крамера. Урахування випадкових властивостей параметрів підрейкових опор – жорсткості, наявність люфтів відстані між опорами, здійснюється за допомогою методу статистичних випробувань.

## НОВЫЙ СПОСОБ АЛЮМИНОТЕРМИТНОЙ СВАРКИ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ИХ ДЛИНЫ И ВВОДОМ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ В ОПТИМАЛЬНЫЙ ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ.

Киреевнин А. Б., Карпачевский Г. В.  
(РГУПС, г. Ростов-на-Дону, Россия)

Конструкция бесстыкового пути с рельсовыми плетями длиной до перегона и более для отечественных железных дорог – относительно новая. Только последнее десятилетие началось и с возрастающими темпами на сети дорог увеличивается полигон, занимаемый бесстыковым путем со сверхдлинными рельсовыми плетями. Этот полигон увеличивается в основном за счет укладки такой конструкции верхнего строения при капитальном ремонте. При капитальном ремонте вывозятся рельсовые плети длиной до 800 м и там соединяются между собой, как правило, контактной сваркой, поскольку в этом случае стык в отличие от сварного термитного надежнее примерно на 20-30%. Весьма желательно полигон бесстыкового пути со сверхдлинными плетями увеличивать более интенсивно еще и за счет ликвидации уравнильных пролетов сваркой во время среднего ремонта. В последнем случае целесообразно применение термитной сварки.

Целесообразность применения термитной сварки во время именно среднего ремонта заключается в том, что практически все передвижные рельсосварочные машины (ПРСМ) заняты на капитальном ремонте. Изредка удается использовать ПРСМ на текущем содержании для окончательного восстановления рельсовых плетей в местах, где были уложены временные рельсовые вставки. Выполнение среднего ремонта бесстыкового пути, имеющего короткие рельсовые плети по сравнению со сверхдлинными, сопряжено с необходимостью решения ряда технических и технологических вопросов. Перед средним ремонтом бесстыковой путь в зоне уравнительных пролетов, как правило, намного больше изношен, чем на остальном протяжении. В этих местах необходимо до щебнеочистительных работ провести трудоемкие работы по восстановлению работоспособности промежуточных скреплений. За это время и необходимо термитной сваркой ликвидировать уравнительные пролеты и одновременно ввести рельсовые плети в оптимальный температурный режим эксплуатации. Если это не сделать, то велика вероятность того, что в процессе ремонтных работ в период стабилизации и дальнейшей эксплуатации произойдет существенное нарушение установленного температурного режима работы бесстыкового пути. Эти нарушения, как правило, происходят в сторону понижения фактической температуры закрепления рельсовых плетей. Кроме того при среднем ремонте чаще всего в силу известных разных причин движение поездов (обычно с ограничением скорости) происходит по пути, когда может отсутствовать щебень в шпальных ящиках, шпалы не везде достаточно хорошо подбиты, прижатие рельсов к шпалам недостаточно, рихтовка еще не доведена до кондиции. Таким образом, объективно создаются наиболее неблагоприятные условия по устойчивости рельсошпальной решетки под действием продольных сжимающих сил.

Соединение рельсовых плетей сваркой перед средним ремонтом с обеспечением оптимального режима работы бесстыкового пути обеспечивает наилучшие условия устойчивости рельсошпальной решетки. При этом создаются более благоприятные условия для работы всех механизмов и машин, особенно – для щебнеочистительных.

До настоящего времени применяемые способы соединения рельсовых плетей сваркой не позволяли выполнять сварочные работы при низких температурах рельсов с вводом рельсовых плетей на месте работ в оптимальный интервал их закрепления. При 60-80% «оконного» времени, выделяемого для сварных работ, температура рельсов ниже оптимальной на 10-35<sup>0</sup>С.

На Северо-Кавказской железной дороге нами был разработан и опробован способ соединения концов рельсовых плетей термитной сваркой с одновременным в процессе сварочных работ вводом рельсовых плетей в оптимальный температурный режим. Это стало возможным в результате того, что сварка концов рельсовых плетей производится в натянутом их состоянии с помощью гидравлических натяжных устройств (ГНУ).

Существо способа заключается в том, что перед термитной сваркой производится соответствующим образом контролируемое и регулируемое натяжение свариваемых концов рельсовой плети. Это натяжение соответствует разнице температуры рельсов с оптимальной температурой закрепления, оно сохраняется постоянным за весь период процесса сварки, включая время остывания сварного шва до приобретения им необходимой прочности. В конце работ с целью обеспечения нормальной работы скреплений в процессе эксплуатации производится подбивка шпал на концевых участках для возвращения шпалам горизонтального положения по их подошве.

При применении предложенного способа более, чем в два раза по сравнению с известными расширяется допускаемый для таких работ температурный диапазон. В несколько раз снижаются трудовые затраты на сопутствующие путевые работы. Однако, главный положительный эффект применения способа заключается в том, что минимизируется вероятность создания в местах соединения рельсовых плетей неучтенной пони-

женной температуры закрепления, т. е. существенно улучшается обеспечение устойчивости бесстыкового пути.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПУТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКИХ ОТКЛОНЕНИЙ ЕГО ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Уманов М. И., Патласов А. М.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Как известно, для оценки состояния пути и планирования путевых работ на некоторых европейских железных дорогах используют прогноз изменения среднеквадратических отклонений (СКО) геометрических параметров пути (ГПП). Так, например, делают на железных дорогах Австрии, Великобритании, Нидерландов и др. Поскольку величина СКО характеризует значения экстремальных величин ГПП, то она позволяет оценить фактическое состояние пути на исследуемом участке. Оценка СКО, при этом, выполняется для отдельных не перекрываемых участков пути длиной 200-300 м. Далее, полученные результаты сравнивают с допустимыми значениями соответствующих ГПП и на основании этого принимают решения о выполнении соответствующих путевых работ.

Однако, в этом случае, при оценке состояния пути по величинам СКО можно на границах выбранных участков потерять отдельные неровности, которые могут оцениваться неоднозначно.

Ученые России предложили усовершенствование этого метода, которое назвали методом скользящего СКО. При этом расчеты СКО выполняются для последовательных участков пути, перекрывающих друг друга на протяжении 20 м. В этом случае значения СКО можно безопасно использовать для оценки фактического состояния пути с одинаковым подходом к оценке любых неровностей, поскольку границы участков перекрываются.

Однако, в этом случае неровности, находящиеся на границах 20-метровых участков, могут оцениваться по-разному при подходах к ним слева и справа.

Нами в качестве базы для расчета предлагается использовать горизонтальный отрезок длиной 100 м, который линейно аппроксимирует конкретный ГПП и в середине которого рассчитывается отклонение. Этот отрезок двигается по пути от начала участка до его конца и при этом выполняется расчет СКО ГПП.

В качестве исходных данных для исследований фактического состояния пути с помощью СКО ГПП были использованы результаты промеров его состояния вагонами – путеизмерителями типа КВЛ.

Эти данные, в принципе, позволяют планировать выполнение путевых работ, в том числе и ремонтов пути, с большей объективностью в оценке состояния пути, чем по существующим нормам. Однако для этого необходимо разработать соответствующие критерии.

Для этого можно применить подход, предлагаемый учеными России, который заключается в том, что для оценки стабильности состояния пути используется индекс качества пути (ИКП). В свою очередь, он определяется как взвешенная сумма СКО нормируемых параметров ГПП с использованием контрольных карт Шухарта. При этом  $ИКП = \sum K_i P_i$ , где  $P_i$  – параметры, характеризующие состояние пути, т.е. СКО уровня, просадок левой и правой нити, ширины колеи, рихтовки левой и правой нити;  $K_i$  – соответствующие весовые коэффициенты.

Значения этих весовых коэффициентов можно определить также используя подходы, предложенные учеными России.

## ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ В ТОННЕЛЕ МЕТРОПОЛИТЕНА С УЧЕТОМ НАПОЛНЕНИЯ ПОЛИМЕРОМ АСТ-Т

Фаст Д. А.  
(УкрГАЗТ, г. Харьков)

A theory of deformation of wooden railroad tie which is in the process of exploitation in the subway tunnel is expounded In this work. A method of computation of railroad tie as beams is led, partly lying on the resilient foundation. In order to estimate durability of wooden beam taking into account filling by polymer, a method of led section is used.

В инженерной практике часто встречаются балки, лежащие на сплошном упругом основании. К таким конструкциям относятся шпалы и рельсы железнодорожного пути, ленточные фундаменты зданий, опирающиеся на грунты и др.

Расчет балки на упругом основании не может быть выполнен при помощи уравнений статики. Это уравнение позволяет найти только суммарную реакцию со стороны основания и не дает возможности определить закон распределения реакции по длине балки. Эта задача является статически неопределимой. Величина реакции в каждой точке зависит от прогиба балки, а прогиб балки в свою очередь зависит от реакции со стороны основания. Для решения задачи принимаются гипотезы, связывающие величины реакций с просадкой основания. Одной из наиболее распространенных гипотез является гипотеза о пропорциональной зависимости между реакцией и осадкой основания у. Такая гипотеза относительно свойств грунта впервые была предложена акад. Н. И. Фуссом в 1801 г. и в применении к балкам на упругом основании широко использована проф. Е. Винклером.

Введение в расчеты гипотезы Винклера вызвано потребностью уточнить расчеты верхнего строения железнодорожного пути, так как шпалы и рельсы при нагрузке подвижным составом работают совместно.

Для решения задачи по расчету деревянной шпалы, находящейся в тоннеле метрополитена, необходимо создать расчетную схему конструкции как балки на упругом основании. В нашем случае, она имеет вид балки, опирающейся на бетонное основание на протяжении  $2/3$  длины шпалы.

Расчет выполняется методом начальных параметров для случая ступенчатого изменения коэффициента постели. Решение такой балки будет заключаться в последовательном переносе начала координат на границы участков и определении для них своих начальных условий через условия на левом конце.

Для решения этих уравнений необходимо определить начальные параметры, исходя из условия закрепления правого конца расчетной схемы, предварительно вычислив характеристики балки и основания, а также функции Крылова для характерных точек первого участка.

Для того чтобы оценить прочность деревянной балки с учетом наполнения полимером АСТ-Т, используется метод приведенного сечения. Он предоставляет возможность исследовать балку, изготовленную из различных материалов. Приведен расчет трех поперечных сечений с учетом заполнения полимером. Они отличаются местом заполнения по высоте сечения.

## КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ ГЕОТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ВНУТРИ БАЛЛАСТНОЙ ПРИЗМЫ ПРИ НОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Черняев Е. В.  
(ПГУПС, г. Санкт-Петербург, Россия)

Принимаемое конструктивное решение зависит от того удовлетворяет или нет геотекстильный материал требованию кольматируемости. Соответственно могут иметь место следующие два случая.

1<sup>ый</sup> случай.

Величина расчетного диаметра фильтрационного хода  $d_u$  удовлетворяет требованию

$$0,165 \leq d_u \leq 0,220 \text{ мм} \quad (1)$$

При соблюдении условия (1) геотекстильный материал сохраняет свои фильтрационные свойства в требуемых пределах в течение нормативного срока службы. Однако при этом необходимо обеспечить свободное перемещение кольматирующих частиц и сквозь нижний слой. Это будет соблюдено, если коэффициент фильтрации слоя подсыпки под геотекстилем будет не менее коэффициента фильтрации геотекстильного материала в исходном состоянии, а его толщина не менее 10 см.

2<sup>ой</sup> случай.

Величина расчетного диаметра фильтрационного хода  $d_u$  не удовлетворяет требованию (1).

В этом случае геотекстильный материал ввиду его высокой предрасположенности к кольматированию полностью закольматируется еще до окончания нормативного срока службы. При этом возможны следующие решения.

Вариант 1.

Рекомендуется изначально укладывать геотекстиль на глубину  $0,6 \div 0,7$  м. на слой песка толщиной 10 см расчетного гранулометрического состава, определяемого в соответствии с разработанной ПГУПС методикой или в отсутствие песка требуемого состава на балласт.

При уменьшении коэффициента фильтрации геотекстильного материала до величины 0,06 м/сутки вследствие кольматажа, выполнить очистку щебеночного балласта при очередном капитальном или усиленном среднем ремонтах пути с укладкой слоя нового геотекстиля на глубину очистки  $0,4 \div 0,5$  м

Применение данного варианта позволит:

- улучшить условия работы балластной призмы;
- избежать затрат на изъятие отслужившего свой срок геотекстильного материала;
- продлить срок службы 1<sup>го</sup> слоя геотекстильного материала за счет укладки 2<sup>го</sup> слоя.

Вариант 2

Конструкция верхнего строения пути с геотекстилем между двумя слоями песка (сверху и снизу). Причем сверху должен быть песок расчетного гранулометрического состава, определяемый по специально разработанной и апробированной методике, а снизу вместо песка может использоваться балласт. Коэффициент фильтрации нижнего слоя должен быть не менее 100 м/сутки.

В дальнейшем при проведении капитальных ремонтных работ (К или УС) изымается часть балласта вместе с частью слоя песка верхнего слоя толщиной  $\approx 0,05$  м, который задерживает кольматирующие частицы и тем самым обеспечивает нормативный срок службы геотекстильного материала.

## ВПЛИВ СТРУКТУРИ ПОЇЗДОПОТОКУ НА МІЖРЕМОНТНІ СТРОКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОЛІЇ

Заяц М. А., Черняков М. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Influence of passenger and cargo movements on repair terms of railway track

Мережа українських залізниць є однією з найбільш розвинутих серед європейських країн, а залізничний транспорт забезпечує понад дві третини загального вантажо- та пасажирообігу. Планується, що надалі питома вага залізничних перевезень збільшуватиметься. Це пов'язано насамперед з тим, що відповідно до вимог Європейського Союзу необхідно зменшити шкідливий вплив автомобільного транспорту на навколишнє природне середовище. Але на даний момент резерви потужності залізничного транспорту вичерпані.

У грудні 2009 році схвалена “Стратегія розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року”, мета якої це розвиток галузі залізничного транспорту. Основними напрямками реалізації Стратегії є модернізація залізничних ліній за напрямками міжнародних транспортних коридорів; підвищення пропускної спроможності залізничних ліній; організації руху поїздів за напрямками, які будуть орієнтовані переважно на один вид перевезень (пасажирські або вантажні) та збільшення міжремонтних строків експлуатації залізничних колій.

Останнє можливе за умови спеціалізації напрямків під пасажирський або вантажний рух. За рахунок зміни параметрів колії під окремий вид руху, зменшується вплив на колію, а відповідно віддаляються строки ремонтів.

Для дослідження впливу структури поїздопотоків на міжремонтні строки були виконані розрахунки на ділянці Київ-Жмеринка-Шепетівка.

На даний момент на залізницях України проводяться такі основні види ремонтів як модернізація, середній та комплексно-оздоровчий ремонт. Період між модернізаціями приймався за терміном служби рейок. Термін служби визначався допустимим тоннажем вантажів, що пропустили. При даних умовах, коли баласт інтенсивно засмічується, доцільно прийняти таку форму утримання колії, при якій між модернізаціями будуть проводитися середні ремонти.

Варіанти порівнювались за сумарними приведеним витратам, які складались з капітальних витрат (кошторисна вартість модернізації колії, вартість середнього та комплексно-оздоровчого ремонту колії) та експлуатаційних витрат на поточне утримання колії і тягу поїздів, амортизаційні відрахування на реновацію елементів верхньої будови колії та ін., що приводились до одного вимірювача з використанням нормативного терміну окупності.

Результати розрахунків показали, що при суміщеному русі вантажних та пасажирських поїздів необхідність в модернізації колії виникає приблизно на 7...8 рік, а після розмежування поїздопотоків строк між модернізаціями збільшується до 14...15 років і більше. Відповідно у два рази скорочується кількість середніх та комплексно-оздоровчих ремонтів. Підраховані сумарні приведені витрати за 14 років експлуатації виявили ефективність розділення потоків в порівнянні з сумішеним рухом приблизно у 1,5 рази.



## СКЛАДОВІ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПОДІЛУ ВАНТАЖНИХ І ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Курган М. Б. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ),  
Торопов Б. І. (Київдіпротранс, м. Київ)

Directions of the decision of a problem of division of cargo and passenger streams on a network of railways under condition of maintenance of throughput, teamwork of parallel courses and rational work of a railway way are shown.

Сьогодні загострилися проблеми експлуатаційного і технічного характеру, що пов'язані із співвідношенням швидкостей вантажних і пасажирських поїздів, розладами верхньої будови колії, порушенням комфортабельності їзди на напрямках суміщеного руху поїздів. А тому для вирішення задачі розмежування вантажного та пасажирського руху необхідно увести спеціалізацію залізничних напрямків, яка б передбачала напрямки прискореного й швидкісного руху пасажирських поїздів, особливо вантажонапружені і напрямки сполученого руху пасажирських і вантажних поїздів.

Постановка і вирішення проблеми розмежування вантажного й пасажирського руху потребує системного підходу, що передбачає розв'язання наступних завдань:

1. Формування сумісної схеми оволодіння перевезеннями для паралельних залізничних напрямків. Прикладом необхідності вирішення такої задачі може бути напрямок Помічна-Колосівка-Одеса. Пропускної спроможності цього ходу у літній час недостатньо і частина вагонопотоку направлялась по одноколійній залізниці Долинська-Миколаїв-Колосівка. У поточному році на чотирьох перегонах побудували 52,2 км другої колії і на певний час вирішили проблему.

При дослідженні паралельних ходів враховується технічний стан обох залізничних напрямків. Поставлену задачу можна представити так: знайти  $ЧДП \rightarrow \max$  за умови  $\Gamma_I(t) + \Gamma_{II}(t) = \Gamma(t)$ , де  $\Gamma_I(t)$ ,  $\Gamma_{II}(t)$  – закони, за якими змінюється вантажонапруженість на паралельних ходах.

2. Дослідження впливу інтенсивності і структури перевезень на знос інфраструктури залізниці і експлуатаційні витрати. Великим недоліком на напрямках суміщеного руху є необхідність обгонів вантажних поїздів пасажирськими. Обгін вантажних поїздів пасажирськими супроводжується зупинками перших, яка приводить до додаткових витрат 120...150 кВт-год електроенергії (орієнтовною вартістю 60...80 грн.), або 20...25 кг дизельного палива (110...140 грн). Наприклад, на напрямку Львів-Жмеринка втрати від зупинок поїздів становлять більше 3 тис. грн. на добу.

При розмежуванні поїздопотоків умови роботи колії покращуються за рахунок рівномірного навантаження обох рейкових ниток. Практично виключаються обгони поїздів і часті зупинки, скорочується час руху за рахунок підвищення швидкості в кривих, покращується комфорт пасажирів.

За рахунок зниження осьового навантаження, зменшення напружень в елементах конструкції і кращих умов роботи колії періодичність призначення модернізації колії на таких ділянках становитиме 15...20 років.

3. Розробка технічних вимог до параметрів плану при спеціалізації напрямків залізниць. Проблема визначення параметрів кривих, перш за все мінімального радіуса і підвищення зовнішньої рейки, існує. Найбільш несприятливі наслідки складаються в порушенні раціонального співвідношення швидкостей руху вантажних і пасажирських поїздів.

Аналіз даних експериментів, проведених на російських залізницях, показав, що після посиленого капітального ремонту колія нормально експлуатується не більш чотирьох років, пропускаючи всього 200...250 мільйонів тонн вантажу. Після цього в кривих радіусом

600...650 метрів бічний знос досягає граничної величини 15...17 мм. При підвищеннях, встановлених у кривих для пасажирських поїздів, щорічні втрати на ремонт колії складають до 50-60 тис. грн. на кожен кілометр кривої. При рівномірному завантаженні рейкових ниток колія стабільна, однак, у цьому випадку максимальна швидкість для пасажирських поїздів устанавлюється по величині підвищення, визначеного для вантажних поїздів, і організація швидкісного руху в такому випадку неможлива.

Проведені на кафедрі проектування і будівництво доріг ДПТУ дослідження показали, що для впровадження швидкісного руху на залізницях України необхідно вирішити комплекс взаємопов'язаних задач, основною з яких є перерозподіл перевезень між паралельними ходами з урахуванням впливу поїздопотоків на залізничну колію.

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗМЕЖУВАННЯ НАПРЯМКІВ ПАСАЖИРСЬКОГО ТА ВАНТАЖНОГО РУХУ ЗА КРИТЕРІЄМ ВИТРАТ НА УТРИМАННЯ ТА РЕМОНТ КОЛІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Курган М. Б., Найдьонова В. О. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ),  
Торопов Б. І. (Київдіпротранс, м. Київ)

Possibility of switching of a part of trains on parallel a course is investigated and the expenses connected with use of various schemes of periodicity of repairs of a way at division cargo and a passenger service are estimated

Суміщений рух пасажирських і вантажних поїздів негативно впливає на умови експлуатації і плавність руху, сприяє інтенсивному розладу верхньої будови колії. Переключення частки потоку вантажних поїздів на паралельний хід призводить до зміни витрат на ремонт колії, іншої інфраструктури та періодичність цих ремонтів.

На сьогоднішній день потребує розв'язання задача визначення обґрунтованих норм періодичності ремонтів колії то з урахуванням розмежування вантажного й пасажирського руху і погіршення стану колії з часом в процесі експлуатації.

Після певного часу експлуатації виникає потреба в коштах на ремонт або модернізацію колії. Ремонт не забезпечує відновлення первісного стану колії. Початковий стан можна отримати тільки після проведення модернізації колії.

Для визначення раціональної послідовності проведення ремонтних робіт розглянута ділянка, на якій вантажонапруженість бруто змінюється за законом  $G_{до} = 0,0621t^2 + 1,876t + 53$ . Після відхилення транзитних поїздів на паралельний напрям вантажонапруженість зменшилась вдвічі і змінюється за законом  $G_{після} = 0,0305t^2 + 0,921t + 26$ .

Встановлено, що при відомих розмірах пропущеного тоннажу за двадцятирічний термін слід провести дві модернізації колії, два середніх ремонти і чотири комплексно-оздоровчих. Після часткового переключення вантажопотоку на паралельний хід, що привело до зменшенні пропущеного тоннажу вдвічі, пропонується провести одну модернізацію колії, два середніх ремонти, один з них посилений, і три комплексно-оздоровчі.

Порівняння варіантів виконувалось по сумі щорічних експлуатаційних витрат і одноразових капітальних витрат в рік  $t$  з урахуванням повернення залишкової вартості основних фондів.

Вартість ремонтів прийнята середньою за даними Львівської і Придніпровської залізниць.

Аналіз отриманих результатів дозволив зробити такі висновки:

1. Проблеми експлуатаційного і технічного характеру, що виникають при сумісному русі, пов'язані перш за все з розладами верхньої будови колії
2. При розмежуванні вантажного й пасажирського руху слід визначати сумарний ефект по кожному напрямку окремо. Як показали розрахунки, за рахунок зниження осьового навантаження, зменшення напружень в елементах конструкції і кращих умов роботи колії періодичність призначення модернізації колії на пасажирських ходах становитиме 15-20 років проти 8-10 років на вантажонапружених ділянках залізниць.
3. На ділянках пасажирського руху умови роботи колії покращуються за рахунок рівномірного навантаження обох рейкових ниток, що приводить до зменшення зносу колії і рухомого складу. Так як підвищення зовнішньої рейки в кривих встановлюється для пасажирських поїздів, то швидкість руху збільшується, що веде до скорочення часу і покращенню комфорту пасажирів.
4. На ділянках вантажного руху умови роботи колії покращуються за рахунок рівномірного навантаження обох рейкових ниток, так як підвищення зовнішньої рейки в кривих встановлюється по швидкості вантажних поїздів,
5. На пасажирських і вантажних напрямках значно скорочується кількість обгонів поїздів, що призводить до зменшення експлуатаційних витрат, пов'язаних з гальмуванням, зупинками і розгоном поїздів.
6. Запропонований підхід дозволяє враховувати можливість переключення частки поїздів на паралельні ходи і оцінити витрати, пов'язані з застосуванням різних схем періодичності ремонтів колії при розмежуванні вантажного й пасажирського руху.

## ВПЛИВ СТРУКТУРИ ПОЇЗДОПОТОКУ НА ПРОПУСКНУ СПРОМОЖНІСТЬ ТА ЗНОС КОЛІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Курган М. Б., Заяц М. А., Черняков М. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Change of size of factor of removal and throughput of a site is investigated at division of passenger and cargo movement.

Відповідно до "Державної цільової програми розвитку пасажирських перевезень на залізничному транспорті України до 2020 року" передбачається комплекс заходів щодо підвищення якості та ефективності пасажирських перевезень на залізничному транспорті України. Одним з основних шляхів підвищення ефективності пасажирських перевезень є виконання заходів щодо розмежування пасажирського та вантажного руху. Це пов'язано, насамперед, з необхідністю зменшення негативного впливу рухомого складу на колію, що має місце при суміщеному русі швидкісних пасажирських та значно повільніших вантажних поїздів. Так, різниця в співвідношенні швидкостей, масі поїздів (в 4...6 разів), навантаженні на вісь рухомого складу (в 1,4...1,6 разів) обумовлюють різні вимоги до конструкції та технічного обладнання інфраструктури, в першу чергу, колійної.

Проектом Програми передбачається організація руху пасажирських поїздів зі швидкостями до 160 км/год, на окремих ділянках до 200 км/год на напрямках Київ-Полтава-Красноград-Донецьк/Дніпропетровськ/Харків, Київ-Жмеринка-Львів/Одеса, для чого передбачена реконструкція інфраструктури зазначених напрямків.

Передбачається максимально можливе вивільнення цих напрямків від руху вантажних поїздів, з переведенням їх на інші (паралельні) напрямки. На переважно пасажирські напрямки з урахуванням посилення їх пропускних спроможностей планується перевести рух значної частини пасажирських поїздів. Це дозволить збільшити швидкості пасажирсь-

ких поїздів, скоротити терміни перевезень, зменшити експлуатаційні витрати та собівартість перевезень. До того ж така спеціалізація напрямків дасть змогу збільшити пропускну спроможність ліній за рахунок зменшення коефіцієнта зняття.

Згідно з «Інструкцією з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України» розрахунок коефіцієнту зняття залежить від графіку руху поїздів, системи СЦБ, швидкості пасажирських поїздів, кількості поїздів на ділянці та від співвідношення чистого часу руху пасажирського поїзда даної категорії до часу руху вантажного поїзда на розрахунковій ділянці ( $\Delta$ ). Спеціалізація потоків дає змогу зменшити коефіцієнт зняття для пасажирських поїздів за рахунок скорочення розриву швидкостей між вантажними та пасажирськими поїздами, тобто збільшити величину  $\Delta$ .

Для прикладу розглядалась ділянка Південно-Західної залізниці Київ-Фастів-Козятин, яка є однією з найбільш навантажених ділянок на залізницях України. Пасажирський рух становить близько 105 пар поїздів (разом з приміськими та літніми поїздами), а вантажний рух – 37 поїздів в прямому напрямку. При переключенні вантажопотоку на хід Київ-Коростень-Шепетівка або на третю та четверту колії, будівництво яких як один з варіантів розглядається на ділянці Фастів-Козятин, розрив між часом руху найшвидшого пасажирського та найповільнішого вантажного поїзду скоротиться. Це відбувається за рахунок того, що на вантажному напрямку залишаються переважно вантажні та пасажирські поїзди з невисокими швидкостями, а на пасажирському – швидкісні пасажирські та легкі вантажні поїзди. Так наприклад, при суміщеному русі перегін довжиною 15 км прискорений пасажирський поїзд долає за 7 хв, а вантажний – за 16 хв. Співвідношення часу пасажирського до часу вантажного ( $\Delta$ ) становить 0,4. Після розподілення на вантажному напрямку залишаться звичайні пасажирські поїзди, час яких складатиме вже близько 12 хв, відповідно  $\Delta$  збільшиться до 0,8. Таке зростання величини  $\Delta$  з 0,4 до 0,8 дає змогу зменшити коефіцієнт зняття з 2,2 до 1,6. Що у свою чергу позитивно впливає на пропускну спроможність лінії.

Як показали розрахунки розмежування поїздопотоків не тільки сприяє підвищенню пропускної спроможності лінії, але й призводить до зменшення витрат на утримання та ремонт колії та скорочення часу доставки пасажирів.

## ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ПОЇЗДОПОТОКІВ НА МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ

Курган Д. М., Заяц М. А.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The methods of rational distribution of passenger & cargo trains on a network of railways.

Однією з основних задач при модернізації міжнародних транспортних коридорів є відокремлення вантажного руху від пасажирського. Першим кроком до її вирішення була розроблена в 2007 році Укрзалізницею схема розмежування вантажного та пасажирського руху для підвищення швидкості пасажирських поїздів на окремих ділянках після їх реконструкції. Ідея такого розмежування базується на тому, що на мережі залізниць можна виділити станції, між якими існує декілька паралельних маршрутів курсування поїздів.

Дослідження виконано на мережі залізниць, що зв'язує Львів і Київ. Відповідно до графіку руху можна виділити три варіанта руху пасажирських поїздів: Львів-Жмеринка-Київ (південний варіант), Львів-Здолбунів-Шепетівка-Коростень-Київ (північний варіант), Київ-Козятин-Шепетівка-Здолбунів-Львів (проміжний варіант). У кожного з варіантів є як свої плюси, так і мінуси. Так північний хід майже на 60 км коротший від південного варі-

анту, але має досить складний план. До плюсів південного варіанту належить розташування на ньому багатьох обласних центрів. Крім цього після проведення реконструкції, ділянка від Києва до Жмеринки буде половиною готового шляху за напрямком від столиці до Одеси. Але недоліком цього варіанту є наявність вантажонапруженої ділянки Київ-Козятин, де зараз курсує більше 60 пар поїздів, що викликає необхідність в побудові третьої та четвертої колій. У всіх випадках має суміщений рух вантажних та пасажирських поїздів. Якому ж варіанту слід надати перевагу?

Щоб вирішити задачу оптимального розподілу поїздопотоків між початковим і кінцевим пунктами була розроблена методика, за якою мережа залізниць приймається у вигляді графа  $G(V, E)$ , де  $V$  – перелік міст мережі, а  $E$  – перелік ребер графа, які відповідають відрізням шляху між містами. Потік поїздів задається у вигляді матриці  $P_{ij}$ ,  $i, j = \overline{1, n}$ , де  $n$  – число міст, а  $P_{ij}$  – число поїздів з пункту  $i$  в пункт  $j$ .

Оптимізація в програмі може виконуватись за різними показниками: поїздо-кілометри, поїздо-години, механічна робота локомотива, тобто вирішуються задачі лінійного програмування. Крім цього є можливість вирішувати задачі векторної оптимізації у лінійній постановці, коли отримується раціональне рішення за мінімумом двох або трьох показників. Для розв'язання таких задач у просторі функціоналів  $(P_1, P_2)$  вводиться одиничний вектор  $u$  з координатами:  $u_1 = \cos \varphi$ ;  $u_2 = \sin \varphi$ . Розроблена програма дозволяє розглядати варіанти рішення у діапазоні від  $\varphi_1$  до  $\varphi_2$ . Де  $\varphi_1$  представляє відношення мінімального значення механічної роботи до часу ходу, а  $\varphi_2$  – механічна робота до мінімального часу роботи. Кількість таких варіацій залежить від кроку кута  $\Delta\varphi$ , який представляє собою співвідношення одного показника до іншого. В данному випадку це відношення механічної роботи до часу ходу.

Так як програма окремо вирішує задачу розподілу вантажних та пасажирських поїздів, то відповідно на окремих напрямках має місце накладання обох поїздопотоків, що звичайно є небажаним фактом. В таких випадках пропонується приймати остаточно рішення за економічним показником, тобто за мінімальними витратами на пропуск поїздів.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЛІНІЙ З ІНТЕНСИВНИМ РУХОМ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ

Курган М. Б., Фадєєв В. О. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ),  
Чернецький О. В. (Дніпродіпротранс, м. Дніпропетровськ)

It is investigated economic efficiency of railroad lines with heavy traffic of cargo trains

Згідно із Стратегією розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року передбачається технічне переоснащення об'єктів інфраструктури залізниць, зокрема підвищення пропускної спроможності залізничних ліній за напрямками Знам'янка-Долинська-Миколаїв-Херсон-Джанкой, подальша електрифікація залізничних ліній з інтенсивним рухом вантажних поїздів.

Так, у 2008 році електрифікована ділянка Користівка-Бурти і збудована друга головна колія (19 км). У 2010 році запланована електрифікація ділянки від Полтави до Кременчука (119 км).

В програмі розвитку напрямків, що ведуть до морських портів одним з „вузьких” місць є напрямок Знам'янка-Долинськ-Миколаїв з виходом на Колосівку, Херсон, Джанкой. Впровадження технологій енергозбереження при перевезеннях залізничним транспо-

ртом на цьому напрямку розглядається в контексті електрифікації залізниць України зі спорудженням другої головної колії.

Електрифікація Долинська-Миколаїв-Херсон-Джанкой передбачає вибір роду струму і станції стикування (змінний-постійний струм). Проведене дослідження показало, що електрифікацію дільниці доцільно виконувати на змінному струмі зі спорудженням станції стикування біля ст. Джанкой. При організації стикування на ст. Вадим або ст. Красно-перекопськ необхідно будівництво 4 або 5 тягових підстанцій постійного струму замість двох по рекомендованому варіанту. Крім того, при електрифікації дільниці на постійному струмі необхідно споруджувати живлячі ЛЕП упродовж усієї дільниці, що значно збільшує вартість будівництва, крім того трасувати лінію буде дуже складно в зв'язку з необхідністю додаткового відводу земель, та відсутності коридору для проходу.

В цілому, навіть з урахуванням виконання захисту ліній зв'язку від дії змінного струму, вартість електрифікації дільниці на змінному струмі приблизно на 30% нижча, ніж на постійному струмі.

Будівництво другої колії, електрифікація та модернізація систем сигналізації і зв'язку на напрямку Знам'янка-Долинська-Миколаїв-Херсон-Вадим-Джанкой забезпечать зростаючі обсяги перевезень, енергозбереження при перевезеннях залізничним транспортом, та зменшення експлуатаційних витрат. Підвищення пропускної спроможності напрямку буде сприяти подальшому розвитку не тільки підприємств району тяжіння напрямку, а і більшості галузей господарського комплексу України, та забезпеченню функцій транзиту по транспортних коридорах для країн-експортерів СНД і Прибалтики. Буде вирішено питання пропускної спроможності напрямку на віддалену перспективу.

Будівництво другої колії і електрифікації напрямку дозволяє не тільки освоїти зростаючі обсяги перевезень, підняти дільничну швидкість руху вантажних поїздів на 20...25 %, що дасть можливість скоротити термін доставки вантажів, а також суттєво зменшити експлуатаційні витрати, пов'язані із поліпшенням організації руху поїздів, уникнуть значної кількості гальмувань і розгонів при виконанні обгонів та схрещувань поїздів.

Електрифікація, крім підвищення швидкості руху й продуктивності праці, дозволить одержати значну економію дорогого дизельного палива й поліпшити екологічну обстановку в розглянутому регіоні за рахунок виключення шкідливих викидів (продуктів згоряння дизельного палива) в атмосферу по Придніпровській залізниці – 176421 т/рік, по Одеській залізниці – 589900 т/рік.

Зміна напрямку руху частки пасажирських поїздів скоротить їх маршрут на 130 км і зменшить час їх прямування в середньому на 2 год., дасть змогу суттєво скоротити експлуатаційні витрати у пасажирському русі поїздів, крім того дозволить частково розвантажити напрямок Запоріжжя – Мелітополь – Джанкой, особливо у період масових літніх пасажирських перевезень.

Техніко-економічні розрахунки підтвердили доцільність реконструкції напрямку Знам'янка-Долинська-Миколаїв-Херсон-Джанкой при строку окупності капітальних вкладень 5,3 років. Крім того, додатково буде створено більш 1400 кваліфікованих робочих міст.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ ХРЕСТОВИН

Ковальчук В. В., Орловський А. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Стрілочні переводи, являються невід'ємною частиною залізничного транспорту, які одночасно є одними із слабких компонентів колії, оскільки їх конструкція включає рухомі

елементи та хрестовину, більш складним елементом є хрестовина на яку діють великі динамічні сили, що викликано її поздовжнім та поперечним профілями.

В результаті аналізу статичних даних по пропущеному тоннажу було виявлено, що діючий профіль ГОСТ 28370-89 не являється абсолютно ідеальним, оскільки середнє напруження хрестовин на всіх дослідних напрямках Укрзалізниці не досягає терміну напруження на відмову практично вдвічі.

Як показали натурні обміри поздовжнього профілю хрестовин на напрямку Дніпропетровськ-Київ по головному ходу, поздовжній профіль сердечника в перерізі 12 мм знаходиться у межах від -2,1 мм до -3,8 мм при нормі -2,0 мм з допусками +1,5 мм та -0,5 мм по ОСТ 32.89-97.

Дослідженням було встановлено, що застосування типового поздовжнього профілю для жорстких хрестовин, які укладаються на залізобетонних брусах, у зв'язку з підвищеною жорсткістю колії приводить до збільшення динамічних сил взаємодії.

У зв'язку з цим поздовжній профіль хрестовин на залізобетонних брусах повинен мати більш пологі уклони. Точку падіння поздовжнього профілю вусовиків на нуль, потрібно здійснювати у перерізі 60 мм, а у перерізі 20 мм висоту вусовика понизити до 4,0 мм проти 6,7 мм, який має поздовжній профіль ГОСТ 28370-89, що дасть змогу досягти більш пологих ухилів при русі рухомого складу по хрестовині.

Для дослідження даного профілю була розроблена модель розрахунку в Scilabi. При тих одних і тих же самих вихідних параметрах рухомого складу та колії на базі вертикальних траєкторій руху по хрестовині у вертикальній площині визначалися динамічні сили, які виникають у стандартного профілю ГОСТ 28370-89, зношеного та у запропонованого. По результатах динамічних сил, виявилось, що їх величина у запропонованого профілю є значно меншою, ніж у типового профілю ГОСТ 28370-89.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПЛАНУ ЛІНІЇ НА ВЕЛИЧИНУ ВІДЦЕНТРОВИХ НЕПОГАШЕНИХ СИЛ

Курган М. Б., Корженевич І. П., Хмелевська Н. П.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Influence of parametres of curves on size of centrifugal forces which cause frustration and deterioration of a way is considered

Одним із завдань, що поставлені перед залізничним транспортом на період до 2020 року є збільшення міжремонтних строків експлуатації залізничних колій. Його вирішення залежить від заходів, які дозволяють зменшити загальну дію рухомого складу, що призводить до зносу колійної інфраструктури. Якщо загальну дію рухомого складу на колію представити як суму поздовжньої, поперечної і вертикальної робіт, то очевидно необхідно зменшити всі складові, або якісь з них.

Один із способів зменшення бокового зносу в кривих полягає в тому, щоб при проектуванні встановити таке підвищення, при якому сумарний вплив поперечних сил від усіх категорій поїздів був мінімальним. В цьому випадку підвищується стабільність положення верхньої будови колії, що призведе до збільшення міжремонтних періодів.

Для оцінки ефекту від зменшення розладу і зносу колії був застосований умовний показник – робота поперечних (відцентрових) сил. Для визначення цих сил необхідно для кожного типу рухомого складу, що обертається на ділянці, помножити його масу на відповідне прискорення в окремих точках. Щоб отримати умовну роботу, знайдена сила помножалась на відстань упродовж кривої. Сума таких умовних робіт по всій ділянці і для

всіх типів рухомого складу і служить показником, за яким визначався ефект від зменшення непогашених поперечних прискорень.

Розрахунки умовної роботи і визначення підвищення зовнішньої рейки в кривих, які були б оптимальними за критерієм мінімуму цієї роботи, передбачені у програмі RWPlan. У програмі RWPlan задаються поїздопотоки для існуючого стану. Швидкості поїздів в окремих точках колії визначаються за результатами тягових розрахунків.

Щоб дослідити, від яких факторів залежить сумарна величина відцентрових сил, що діють на колію, були виконані розрахунки для ділянок Київ-Коростень, Київ-Козятин, Козятин-Шепетівка і Шепетівка-Коростень, які відрізняються параметрами плану і поздовжнього профілю. На першому етапі розрахунки виконувались для потоку поїздів при існуючому підвищенні зовнішньої рейки в кривих. У якості характеристик плану лінії розглядалися сума кутів повороту кривих, віднесених до 1 км довжини ділянки  $\alpha_0$ , середній радіус кругових кривих  $R_{сер}$  і середня кривизна (з урахуванням перехідних)  $\frac{1}{\rho_{сер}}$ . Була

розрахована робота відцентрових сил  $R_\phi$  для різних мас рухомого складу для існуючого і проектного стану колії. При зростанні вантажонапруженості кількість поїздів збільшується і сумарна дія відцентрових сил на колію в кривих також змінюється за лінійним законом.

Були отримані наступні математичні залежності:  $R_\phi = f(\alpha_0, \frac{1}{\rho})$  і  $R_\phi = f(\alpha_0, R_{сер})$ .

Встановлено, що основними впливовими факторами, від яких залежить робота відцентрових сил, є радіуси кругових кривих і їх довжина (кути повороту). Вплив перехідних кривих відбивається на роботі поперечних сил не настільки суттєво.

Розрахунки показали, що влаштування підвищень за умови мінімуму роботи поперечних сил (навіть без розмежування потоків) дозволяє для ділянок, що розглядалися, зменшити цю роботу на 30-50 %. Все це вказує на необхідність більш ретельного підходу в дистанціях і службах колії до визначення підвищень зовнішньої рейки в кривих з урахуванням реального поїздопотоку.

## ДОДАТКОВІ НЕПОГАШЕНІ ПРИСКОРЕННЯ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ВІДСТУПАХ ВІД НОРМ УТРИМАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Патласов О. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

У відповідності до нормативних документів (ЦП-0056, ЦП-0138) розрахункове підвищення може встановлюватися в межах від мінімального розрахункового значення до максимального. При цьому мінімальні та максимальні розрахункові значення визначаються за умови не перевищення норми непогашених прискорень.

Під час експлуатації в стані колії виникають відхилення від нормативних значень як за рівнем так і в плані. Згідно ЦП-0020 плавні відхилення підвищення однієї рейкової нитки відносно іншої в залежності від величини відхилень поділяються на ступені. При цьому відхиленні підвищення до 20 мм не вимагають обмеження швидкості руху однак вини можуть викликати появу додаткового непогашеного прискорення до  $0,122 \text{ м/с}^2$ .

При відхиленні стріли вигину колії в плані від середини двадцятиметрової хорди до 25 мм радіус кривої може змінитися як в сторону зменшення так і збільшення. Так для кривої з проектним радіусом 1000 м фактичне значення радіуса може знаходитись в межах від 667 до 2000 м, а для кривої з проектним радіусом 400 м – в межах від 333 м до 500 м.



Зміна радіусу призводить до появи додаткового непогашеного прискорення в залежності від швидкості руху поїздів.

При максимальній швидкості руху поїздів – 80 км/год відхилення у стрілах 25 мм можуть призвести до появи додаткового непогашеного прискорення  $0,25 \text{ м/с}^2$ , а при встановленій максимальній швидкості руху поїздів – 140 км/год відхилення у стрілах 25 мм можуть призвести до появи додаткового непогашеного прискорення  $0,76 \text{ м/с}^2$ .

З урахуванням додаткових непогашених прискорень, що можуть виникнути за рахунок максимального допустимого відхилення підвищення при якому не вимагається обмеження швидкості загальні значення додаткового непогашеного прискорення при встановленій швидкості руху поїздів 140 км/год при відхиленні стріли 25 мм (не вимагається обмеження швидкості руху поїздів) можуть досягати  $0,88 \text{ м/с}^2$ , а абсолютне значення непогашеного прискорення може досягати  $1,58 (1,88) \text{ м/с}^2$ .

Ці значення не є максимально допустимими по причині того, що наприклад для розрахунку швидкостей руху Пендолино нормативне значення непогашеного прискорення приймається  $1,8 \text{ м/с}^2$ . Можливо при розрахункових швидкостях для Пендалино граничні відхилення в стані колії мають менші значення, але вони в будь-якому разі будуть виникати під час експлуатації колії.

## ВПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ РОЗМЕЖУВАННІ ВАНТАЖНОГО Й ПАСАЖИРСЬКОГО РУХУ

Курган М. Б., Хмелевська Н. П., Черняков М. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Change of expenses of the electric power on draught of trains depending on an average bias of a profile and weight of a rolling stock is investigated

В Україні прийнята Стратегія розвитку залізничного транспорту до 2020 року, яка передбачає наряду з основними стратегічними напрямками розвитку залізничного транспорту зниження питомих витрат енергоресурсів.

Використання електричної тяги при перевезенні вантажів і пасажирів за останні десять років складає від 83 до 86 % у вантажному русі і близько 80 % у пасажирському русі. При цьому спостерігається стабільне зниження питомих витрат на одиницю роботи на електрифікованих напрямках залізниць.

Аналіз витрат колійного електропостачання показує, що питома вага в загальній сумі експлуатаційних витрат по колійному господарству складає від 15,4 % (Придніпровська й Південна залізниця) до 21,2 % (Львівська залізниця). Одними з заходів скорочення витрат повинні бути зменшення затримок і кількості неграфікових зупинок поїздів, велика частка яких приходилась у 2008 році на колійне господарство (відповідно 35,3 % і 17,8 %).

Авторами запропоновано системний підхід до вирішення задачі енергозбереження, який включає діагностику для визначення фактичного стану колійної інфраструктури, параметрів плану, поздовжнього профілю, наявності постійних і тимчасових обмежень швидкості руху та моніторинг з послідовним прогнозуванням зміни системи (положення кривих, поздовжнього профілю, усунення обмежень швидкості, зміна співвідношення швидкостей руху вантажних і пасажирських поїздів, осового навантаження. ).

Дослідження виконано для мережі залізниць, що зв'язує Львів і Київ (північний хід через Здолбунів і південний – через Жмеринку). Керівний ухил в обох напрямках близько 8 ‰. Розрахунки виконувались за допомогою програми MovRW для різних мас рухомого

складу на різних за складністю ділянках поздовжнього профілю, що дає можливість визначити вплив основних факторів на величину спожитої електроенергії.

Аналізуючи різні технології енергозбереження, автори прийшли висновку, що одним із основних шляхів скорочення витрат на тягу поїздів є зменшення складових частин, що входять до формули, яким описується рівняння руху поїзда, тобто сил основного опору руху і додаткового опору руху відповідно від ухилів і кривизни колії.

За результатами розрахунків встановлено, що при постійній масі поїзда витрати електроенергії ( $A$ ) в залежності від середнього ухилу ( $i$ ) можна описати поліномом другої степені. За знайденими на кожному напрямку аналітичними залежностями  $A = a i^2 + b i + c$  визначені витрати електроенергії для різних середніх значень ухилів і встановлено, що північний хід Львів-Здолбунів-Київ за параметрами плану й профілю дещо складніший і потребує більших витрат електричної енергії, що повинно бути враховано при вирішенні задачі розмежування вантажного й пасажирського руху і спеціалізації напрямків.

Також показано, що крім параметрів профілю й плану на витрати електроенергії впливає маса і кількість поїздів. При збільшенні маси рухомого складу витрати електроенергії зростають за лінійним законом, але при цьому зменшується загальна кількість поїздів. І якщо це зменшення відбувається більш інтенсивно, то загальні витрати електроенергії зменшуються.

На основі проведеного дослідження представлено моніторинг по колійному господарству, що дозволяє впроваджувати конкретні заходи і передбачати очікуваний результат з енергозбереження.

#### ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИТРАТИ ЗАЛІЗНИЦІ, ПОВ'ЯЗАНІ З МАСАМИ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ, НА ДІЛЯНКАХ З ДІЮЧИМИ ОБМЕЖЕННЯМИ ШВИДКОСТІ

Курган М. Б., Чернишова О. С.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The technique by definition of influence of weight of cargo trains on operational railway expenses is offered.

Головний показник продуктивності роботи залізниці – її провізна спроможність, яка визначається двома параметрами: масою вантажних поїздів та пропускною спроможністю залізниці у вантажному русі. Обмеження швидкості руху поїздів не сприяють ефективному використанню пропускної і провізної спроможності ділянок та раціональному застосуванню рухомого складу. Маса вантажних поїздів на ділянках залізниць встановлюються:

- для повновагового рухомого складу;
- для повноскладового – за довжиною приймально-відправних колій;
- за величиною обмежувачого ухилу.

Відомо, що при визначенні маси рухомого складу необхідно дотримуватися такої умови: найменша швидкість руху не повинна бути меншою за розрахункову швидкість, що встановлена для даного типу локомотива. Якщо ж швидкість, що обмежує рух, менша за розрахункову, то маса поїзда повинна зменшуватись.

За результатами виконаних тягових розрахунків було встановлено ділянки, на яких виникнення обмежень швидкості впливає на масу рухомого складу вантажного поїзда. Це ділянки, на яких розгін після проходження поїздом обмеження швидкості відбувається на підйомі. При цьому швидкість, якої при розгоні досягає вантажний поїзд, у деяких випадках менша за розрахункову, що вимагає коригування маси вантажного поїзда або уведення штовхачів. Отримані результати дозволяють встановлювати ділянки, на яких обмежен-

ня швидкості впливають на масу рухомого складу вантажного поїзда, за параметрами поздовжнього профілю. У якості вихідних даних обрано ділянки залізниці з ухилами поздовжнього профілю від 2 до 10 % та масами вантажних поїздів від 3 000 до 6 000 т. Так, наприклад, на ухилі 8 % при виникненні обмеження швидкості 25 км/год максимально допустима маса поїзда 4 200 т за відсутності штовхачів, а на ухилі 10 % – 3 600 т. Отримані залежності дозволили визначати серед дослідних ділянок, такі, на яких виникнення обмежень швидкості потребує використання штовхачів, або коригування маси вантажного поїзда. При цьому виникають додаткові витрати. Це витрати на роботу додаткових локомотивів (штовхачів), локомотивних бригад, що їх обслуговують, та підвищене споживання паливо-енергетичних ресурсів. Також виникають додаткові витрати, що пов'язані із зупинкою поїзда на станціях, де вантажному поїзду надається штовхач та виконується відчеплення штовхача. На величину додаткових витрат впливає інтенсивність руху на ділянці та її довжина.

В існуючій методиці оцінки економічної ефективності усунення обмежень швидкості враховується скорочення часу руху поїздів та витрати паливо-енергетичних ресурсів. Але проведені дослідження показали, що в деяких випадках потрібно враховувати додаткову складову, що пов'язана з масами вантажних поїздів. Отримані результати рекомендується враховувати при визначенні загального економічного ефекту від усунення обмежень швидкості та встановленні раціональної послідовності виконання ремонтно-колійних робіт.

## ДОДАТКОВІ ВИТРАТИ ЗАЛІЗНИЦІ, ЗУМОВЛЕНІ ВИНИКНЕННЯМ ОБМЕЖЕНЬ ШВИДКОСТІ

Курган М. Б., Чернишова О. С.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The technique by definition of additional expenses of the railways caused by restrictions of speed of movement of trains is offered.

В Укрзалізниці розроблено Стратегію розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, згідно з якою, враховуючи вимоги Європейського Союзу, питома вага залізничних перевезень буде збільшуватись. Але на сьогодні резерви технічних потужностей залізничного транспорту, його провізної спроможності практично вичерпані, що ставить під загрозу можливість безперебійного задоволення зростаючих потреб суспільства у транспортному обслуговуванні. Для вирішення цих проблем розроблено основні напрями реалізації стратегії, одним з яких є модернізація залізничних ліній за напрямками міжнародних транспортних коридорів. Окрім того, на залізницях України є поширеним таке явище, як обмеження швидкості руху поїздів, більшість з яких введено через стан залізничної колії: непридатність і дефектність елементів верхньої будови колії та земляного полотна, несвоєчасне виконання ремонтів (прострочені кілометри) та ін. Наявність обмежень швидкості руху поїздів на ділянках залізниці призводить до додаткових експлуатаційних витрат залізниці. Тому виникло питання щодо встановлення першочергових ділянок, на яких дія обмежень швидкості призводить до найбільших втрат залізниці, а отже потребує виконання ремонтно-колійних робіт у першу чергу.

Дослідження проводилися за даними Львівської та Придніпровської залізниці. На базі проведеного аналізу та виконаних розрахунків було встановлені такі причини, що зумовлюють додаткові витрати:

- зростання часу руху поїздів;

- підвищене споживання паливо-енергетичних ресурсів;
- зростання витрат на поточне утримання колії на ділянках з простроченими ремонтами;
- зростання витрат, пов'язаних з опором руху поїздів на ділянках з невиконаними ремонтами колії;
- зростання витрат, обумовлене масою вантажних поїздів (на деяких ділянках введення обмежень швидкості може призвести до необхідності коригування маси вантажних поїздів або надання штовхачів на затяжних підйомах, що, в свою чергу, й призводить до додаткових витрат).

За результатами проведених досліджень з використанням методу структурного моделювання розроблено методику, що дозволяє встановлювати найнесприятливіші ділянки з діючими обмеженнями швидкості з точки зору фінансових втрат залізниці. А також розв'язано задачу щодо раціональної послідовності усунення обмежень швидкості руху поїздів, зумовлених станом залізничної колії. Застосування розробленої методики дозволило встановлювати додаткові витрати залізниці від дії кожного обмеження швидкості та призначати раціональну послідовність виконання ремонтно-колійних робіт на таких ділянках, що забезпечить скорочення витрат залізниці та раціональне розподілення коштів. Особливо важливе значення дані результати набувають в умовах обмеженого фінансування залізниць України.

## ПРИНЦИП ТРАСУВАННЯ І ПАРАМЕТРИ ТРАНЗИТНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ В СКЛАДНИХ УМОВАХ

Малишев Ю. В., Новік Р. Б.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Two tracing principles are studied. First of them is a “traditional” principle, that is maximal inscribing into the relief. Second one is an “alternative” principle, i.e. maximal reduction of trace length. Greatest grade is chosen as the basic parameter.

Розглянуто два принципи трасування – «традиційний» та «альтернативний». Суть «традиційного» принципу полягає в укладанні траси «під циркуль», тобто максимальне вписування в рельєф місцевості, а «альтернативного» – в максимальному скороченні довжини траси і площі землі, яку займає залізниця.

За головний параметр було прийнято найбільший ухил трасування, який мав значення 10, 20, 29 і 35%.

Вказаними ухилами було запроектовано 4 відповідних варіанти траси між станціями Котовськ і Колосівка.

Ділянка Котовськ – Колосівка може стати в майбутньому продовженням широтного транзитного ходу Керч – Джанкой – Херсон – Миколаїв – Колосівка. Цей хід може створити новий міжнародний сухопутний транспортний коридор у зв'язках Європа – Азія за умови будівництва мостового переходу або підводного тунелю через Керченську протоку.

Район проектування знаходиться в Одеській області, має високу щільність забудови, розвинену мережу автошляхів, велику кількість постійних водотоків, крім цього район місцевості ускладнений великою кількістю балок глибиною до 80 метрів.

Варіанти траси з найбільшими ухилами 10 і 20% запроектовано з використанням «традиційного» принципу, а варіанти з найбільшими ухилами 29 і 35% – «альтернативного» принципу.

Довжина повітряної лінії Котовськ – Колосівка становить біля 123 км. Довжина варіантів складала 157; 141; 140 і 133 км відповідно.

Крім значного скорочення довжини траси, «альтернативні» варіанти мають і інші переваги. Так, довжина ділянок в кривих зменшилась з 21 до 19%, середньозважений радіус кривих збільшився з 1044 до 1838 м. За рахунок широкого використання естакад і віддуків зменшилась кількість малих водопропускних споруд з 49 до 18 штук, а також зменшилась майже на 20% площа землі, яку займають насипи та виїмки.

Аналіз наведених та інших показників варіантів дозволив зробити висновки, що в складних топографічних умовах може бути рекомендований «альтернативний» принцип трасування із застосуванням найбільших ухилів в межах від 20‰ до 30‰.

## ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ВЕРТИКАЛЬНИХ ТА БІЧНИХ СИЛ ВІД КОЛЕС РУХОМОГО СКЛАДУ НА БІЧНІ ВІДТИСНЕННЯ ГОЛОВКИ РЕЙКИ ПРИ ПІДРЕЙКОВІЙ ОСНОВІ З ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ШПАЛАМИ

Новіков В. В.  
(УкрДАЗТ, Харків, Україна)

Для найбільше поширеної прогресивної конструкції – безстикової колії з залізобетонними шпалами та проміжними рейковими скріпленнями типу КБ важливо визначити такі умови стану скріплень, які є найбільше небезпечними для умов бічного відтиснення головки рейки. Для вирішення цієї задачі було проаналізовано графічну залежність зміни величини зусиль притиснення рейкової плітї клемними та закладними болтами від напруження пропущеного по колії тоннажу та виконано їх порівняння з нормативними вимогами згідно технічних умов ЦП/0081.

Виконаний аналіз дозволив визначити саме такі мінімальні величини зусиль клемних та закладних болтів які притискують рейку напередодні наступного суцільного підкріплення їх згідно норм проведення цих робіт в залежності від вантажонапруженості ділянки залізничної колії. Для цього було розглянуто діапазон вантажонапруженості ділянок від 5 млн. т км бруто/км рік до 80 млн. т км.бруто/км рік з кроком через 5 млн. т км бруто/км рік.

Отримані результати були згруповано по двох діапазонах вантажонапруженості. Перший діапазон – до 40 млн. т км бруто/км рік, другий діапазон – до 80 млн т км бруто/км рік. Кількість вибраних діапазонів була обумовлена можливістю створення необхідного рівня зусиль за допомогою динамометричного ключа конструкції ПКТЬ ЦП МШС СРСР, який має індикатор часового типу ІЧ-1, що показує саме величину зусилля, яке прикладається до рукоятки ключа.

Остаточно отримано для першого діапазону (до 40 млн. т км бруто/км рік) - крутильний момент для клемних болтів  $M_{кл}=91$  НМ, для закладних болтів  $M_{зб}=63$  НМ. Для другого діапазону (від 41 до 80 млн. т км бруто/км рік) - крутильний момент для клемних болтів  $M_{кл}=39$  НМ, для закладних болтів  $M_{зб}=67$  НМ.

Отже, отримано умови проведення експериментальних досліджень впливу вертикальних та бічних сил від колес рухомого складу на бічні відтиснення головки рейки при підрейковій основі з залізобетонними шпалами та проміжними рейковими скріпленнями типу КБ.

При одночасному вертикальному навантаженні (50 КН, 80 КН, 100 КН) створювались бічні навантаження на головку рейки за допомогою гідравлічного приладу (від 10 КН до 50 КН) з одночасним контролюванням величини бічного відтиснення головки рейки з використанням індикатора часового типу ІЧ-1, який жорстко закріплювали на спеціальній металевій рамі, що жорстко приєднувалась до кінця залізобетонної шпали. Що стосується

вертикальних навантажень на головку рейки, то це було досягнуто завдяки використанню спеціального гідравлічного обладнання, яке дозволяло передавати навантаження від рами пасажирського цільнометалевого вагону.

Таким чином вперше були відтворені реальні умови експлуатаційного впливу рухомого складу на рейкову колію при статичному навантаженні вертикальними та бічними силами при безумовному виконанні вимог технічних умов ЦП/0081.

Дослідження впливу вертикальних та бічних навантажень рухомого складу на бічні відтиснення головки рейки при проміжних рейкових скріпленнях типу КБ є складовими у дослідженні небезпечного найбільшого розміру ширини рейкової колії для кожного напрямку залізничної колії в залежності від поточного етапу її експлуатації.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СТІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ ПРОЕКТУ КС1002.00.000. У БЕЗСТИКОВІЙ КОЛІЇ

Рибкін В. В., Лисак В. А. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ),  
Бурдюжа О. Л. (ВАТ «КСЗ», м. Керч, Україна)

There is research durability of a buck join cross grade 1/11 on a cut in the article.

Стрілочний перевід типу Р65 марки 1/11 проекту КС1002.00.000 на залізобетонних брусах розроблено ВАТ «Керченський стрілочний завод» для застосування на ділянках з безстиковою конструкцією колії має хрестовину з подовженим заднім вильотом, який з'єднуються з рейковою колією нестандартним косим з'єднанням. Тому виникає небезпека зрізу болтів під дією температурних сил, при недотриманні існуючих інструкцій по утриманню зрівнюючих прольотів безстикової колії.

Метою роботи є визначення параметрів міцності дослідного стрілочного перевodu типу Р65 марки 1/11 проекту КС1002.00.000 на залізобетонних брусах за умови забезпечення безпеки руху поїздів, та міцності хвостового скріплення хрестовини під дією осьових температурних сил. Для досягнення мети, створено дослідну модель дії температурної сили на задній стик стрілочного перевodu, виконано багатоваріантний розрахунок на міцність даного з'єднання, складено практичне заключення про можливість улаштування стрілочного перевodu типу Р65 марки 1/11 проекту КС1002.00.000 на залізобетонних брусах в безстиковій колії.

В ході роботи були досліджені такі питання:

- вплив сили тертя на коефіцієнт запасу по міцності;
- вплив класу міцності болтів на коефіцієнт запасу по міцності;
- вплив максимальної зміни температури відносно температури закріплення на коефіцієнт запасу по міцності;

Розрахунок хвостового з'єднання хрестовини зводиться до розрахунку болтів на зріз. При чому, найбільш небезпечним є випадок вичерпання зазору між отворами та болтами. Основним принципом розрахунку є визначення коефіцієнта запасу міцності, який визначається як відношення утримуючих сил до зрізаючих.

Очевидно, що найнебезпечнішим варіантом буде момент часу найбільшої різниці температур між температурою закріплення пліти на шпалах та існуючою температурою рейок на момент виміру. Тому коефіцієнт запасу міцності визначали для різних класів сталі при максимально можливому підвищенню температури рейки в порівнянні з температурою закріплення.

В результаті виконання дослідження, були зроблені такі висновки:

- коефіцієнт запасу міцності нелінійний з непостійним приростом при зміні класу сталі, з якого виконані болти, що доводить неможливість перерахунку даного параметру шляхом добутку на сталий коефіцієнт.
- міцність заднього стика хрестовини, при використанні болтів класів 5.6, 5.8, 6.6, знаходяться у одному температурному діапазоні, а результати визначення коефіцієнту запасу міцності є тотожними для діапазону температури рейок України.
- вплив сили тертя зменшується зі збільшенням різниці температур рейки та температури закріплення пліті, тому при невеликій різниці згадуваних температур сила тертя має суттєвий вплив на коефіцієнт запасу міцності.

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СТІЙКОСТІ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ ЧИСЕЛЬНИМИ МЕТОДАМИ

Рибкін В. В., Лисак В. А.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

This work is devoted stability research long-welded rail by numerical methods. It includes comparisons of method and models of this calculation.

В умовах підготовки до Євро-2012, виникає необхідність перевезення великої кількості пасажирів з країн Європи до України. Суміщена колія є перехідною ланкою між залізницями України та Європи. На залізницях України безстикова колія є найбільш прогресивною і основною конструкцією колії, яка зменшує опір руху поїздів та витрати на ремонт колії і рухомого складу. Але впровадження безстикової колії створює і деякі складності: в плітях в спекотну літню погоду можуть виникати настільки великі поздовжні температурні зусилля, що можуть призвести до втрати стійкості безстикової колії (викиду колії).

При моделюванні викиду безстикової колії методом «повних рішень» необхідно вирішувати інтеграли складених степеневих та тригонометричних функцій, які неможливо взяти аналітичними методами. Тому, для подальшого уточнення моделі викиду безстикової колії, виникає необхідність розрахунку чисельними методами просторової моделі.

Беручи до уваги передумови методу «повних рішень», були записані інтегральні залежності робіт, які виконуються при викиді колії. Ґрунтуючись на методі «можливих переміщень» була знайдена залежність температурної сили у рейках від довжини нерівності колії, її амплітуди та параметрів, які характеризують стан на конструкцію верхньої будови колії. Після проведення багатоваріантного розрахунку, були визначені величини температурних сил, при яких може статися викид колії. З отриманих результатів було визначено найменше значення та, по відомим формулам, знайдено різницю температур рейки та температури закріплення колії, при якій відбудеться викид колії. Подібні розрахунки проводилися для різних величин поздовжнього та поперечного опору руху шпали, моментах інерції рейкошпальної решітки.

Модель була створена на основі програмного забезпечення SciLab 5.1.1, і відображає процес просторового викиду безстикової суміщеної колії з урахуванням передумов методу «повних рішень». Але для кожної нової створеної моделі, потрібно вказувати межі її застосування та перевіряти сходиність отриманих результатів. Для вирішення цієї задачі були використані дані, отримані в результаті проведення експериментів з викиду колії під керівництвом Е. М. Бромберга. Для визначення точності розрахунку чисельними методами в вільному програмному забезпеченні SciLab 5.1.1, була створена плоска модель вики-

ду звичайної безстикової колії, в якій враховувалися передумови, взяті С. П. Першиним, для дослідження її стійкості.

За результатами розрахунків встановлені наступні висновки:

- О програмне забезпечення SciLab 5.1.1 забезпечує достатню точність розрахунку стійкості безстикової колії;
- О результати розрахунку мають хорошу схожимість з результатами експериментів, що проводили під керівництвом Е. М. Бромберга;
- О момент інерції рейкошпальної решітки у поперечному напрямку слабо впливає на стійкість безстикової колії;
- О Величина опору переміщенню шпали суттєво впливає на стійкість безстикової колії;
- О температурний інтервал закріплення суміщеної безстикової колії скоротиться у порівнянні зі звичайною безстиковою колією;

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ВАНТАЖНОГО ВАГОНУ ПО ПРУЖНІЙ КОЛІЇ

Рибкін В. В., Панченко П. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

On the basis of long-term experience, researches and also works of scientists V. A. Lazarjan, M. M. Sokolov, A. A. Lvov, V. O. Pevzner, L. O. Grachova, V. D. Husidov, V. V. Ribkin, V. D. Danovich was received mathematical model of the goods car on the elastic basis. On the basis of model has been made the comparative estimation theoretical and practical results

Для вирішення різноманітних задач взаємодії колії і рухомого складу використовують практичні та теоретичні методи дослідження. Відомо, що математичне моделювання відноситься до теоретичної частини і є однією з необхідних складових дослідження. Тому для теоретичної оцінки впливу на колію рухомого складу і навпаки необхідне якісне математичне моделювання як колії так і рухомого складу. Саме цьому за мету обрано розробку математичної моделі вантажного вагону.

При розробці моделі зроблені наступні припущення: колія розглядається у вигляді рейок на суцільній пружній дисипативній основі; боковини та колісні пари з'єднані між собою шарнірно; жорсткість елементів між колесами та колією отримується деформаціями диска колеса та шийки, а також деформаціями в зоні контакту рейки та колеса; сили діючі між колесами та рейками в площині контакту отримані по теорії псевдоковзання; рух вагона розглядається без врахування сил тяги; колісні пари та рама візка приймається абсолютно жорсткими.

Модель базується на багаторічному досвіді, спостережень та на працях таких вчених, як В. А. Лазарян, М. М. Соколов, А. А. Львов, В. О. Певзнер, Л. О. Грачова, В. Д. Хусідов, В. В. Рибкін, В. Д. Данович, Ю. С. Ромен, В. Ф. Ушкалов, С. В. Вершинський та інші.

Розробка математичної моделі складалась з наступних етапів: вибір розрахункової схеми в якій положення кожного елемента задано координатами; складання рівняння динамічної рівноваги кожного елемента розрахункової схеми, складених з інерційних сил, реакцій та зовнішніх навантажень; складання геометричних залежностей між деформаціями зв'язків та координатами розрахункової схеми; описання фізичних залежностей між реакціями зв'язків та їх деформаціями; розробка аналітичних залежностей, описуючих збудження, діючі на вагон в колії; розрахункові методи, використані при аналізі диференціальних рівнянь моделі.



Особливістю даної моделі є: візуалізація руху вантажного вагона по колії на основі сучасного програмного забезпечення; моделювання руху вагона як по стрілочному переводі так і по колії; можливість дослідити вплив різних відступів в утриманні стрілочних переводів у профілі на безпеку руху вантажного вагона; можливість зменшення витрат на практичний експеримент.

На підставі розробленої моделі планується:

- визначити вплив відступів в утриманні стрілочних переводів на безпеку руху поїздів та їх швидкість;
- визначити вплив відступів в утриманні стрілочних переводів на їх напружено-деформований стан;
- вдосконалити нормативи утримання стрілочних переводів у вертикальній площині;
- удосконалення взаємодії рухомого складу с колією в горизонтальній площині;
- поєднання деталізованої моделі колії (інерційної) з деталізованою моделлю вагона;
- визначення місць контактування колісної пари з рейкою та хрестовиною.

Завдяки розробленій моделі була зроблена порівняльна оцінка теоретичних результатів взаємодії колії та вантажного вагону за результатами наукових досліджень.

## ДО УДОСКОНАЛЕННЯ СКРІПЛЕННЯ ТИПУ КБ ТА СКД

Настечик М. П., Губар О.В., Маркуль Р. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Material is devoted development of the shurupno-dyubel'nogo fastening for fastenings as KB and SKD.

Практика експлуатації скріплень типу КБ в колії із залізобетонними шпалами виявила ряд їх недоліків. Один з них це недосконала конструкція вузла закладного болта. По перше при експлуатації колії спостерігається злам закладних болтів в тілі шпали. Це призводить до передчасного виходу шпали з ладу. Щоб замінити зламаний болт на новий, необхідно вилучити із тіла шпали Т-подібний залишок болта, що майже завжди виконати не можливо.

Також трапляються випадки, коли закладний болт не вступає в конструктивний зачеп із закладними деталями шпали. Або після тривалої експлуатації болт при монтажі прокручується, не утримуючи монтажного зачепу. Це приводить до передчасного вилучення шпали із експлуатації і унеможливорює її використання за призначенням.

З метою продовження терміну служби таких шпал, пропонується вмонтувати в тіло шпали ремонтний дюбель. З метою проектування конструкції дюбеля були виконані масові обстеження та необхідні виміри вхідного отвору для закладного болта шпал різних заводів виробників. Виміри показали, що розміри прямокутного вхідного отвору шпали не є однаковими та різко відрізняються від номінальних розмірів. Наприклад, ширина отвору змінюється на: Гніванський завод – 4мм, Кременчуцький завод – 4мм, Коростенський завод – 5мм, Запорізький завод – 4мм. Номінальні отвори вхідного отвору шпали різних заводів виробників теж сильно відрізняються аж на 14мм. Обсадка отворів яка необхідна для виготовлення шпали має різну конструкцію та матеріал. Дуже часто спостерігаються бетонні напливи, що спотворюють прямокутну форму вхідного отвору.

Таким чином створення універсальної конструкції ремонтного дюбеля для шпал в такому стані, просто не можливе, якщо використовувати механічне тобто за рахунок сил тертя його закріплення. Використання клеючих сумішей для закріплення дюбеля у вхідному отворі буде проблематичним, оскільки поверхня вхідного отвору дуже забруднена в

тому числі жировими матеріалами. Тому авторами пропонується створити конструкцію ремонтного дюбеля з регулювальним пристроєм, для механічного закріплення його в тілі шпали.

Конструкція дюбеля розроблена і в даний час проходить стадію патентування.

## РЕЗУЛЬТАТИ НАТУРНОГО ВИПРОБУВАННЯ НА МІЦНІСТЬ СТІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ ТИПУ Р65 МАРКИ 1/11 ПРОЕКТУ ДН 345.00.000-08; (-09)

Мойсеєнко К. В., Рибкін В. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

There are results of natural research cross grade 1/11 and type P65 and project Дн 345.00.000-08; (09) on durability in the article

Стрілочний перевід типу Р65 марки 1/11 проекту Дн 345.00.000-08; (-09) на залізобетонних брусах розроблено ВАТ «Дніпропетровський стрілочний завод» для застосування на ділянках з безстиковою конструкцією колії. Проектна швидкість руху поїздів по прямому напрямку – 160 км/год, по боковому – 50 км/год.

Метою випробувань переводу було визначення допустимих швидкостей руху поїздів по ньому. Для цього досліджувались: напруження в кромках рамних рейок, гостряків, рейок перевідної кривої і контррейок; вертикальні та горизонтальні (поперечні) сили, що діють на перевід; вертикальні та горизонтальні переміщення рейкових елементів переводу; горизонтальні переміщення брусів. По прямому напрямку переводу було встановлено 85 приладів, по боковому – 100. Показники, що досліджувалися, визначалися під час руху по переводу спеціального дослідного поїзда, до складу якого входили електровози серій ВЛ11 і ЧС7, 2 пасажирські вагони та 4 піввагони, завантажені щебенем (23,5 т/вісь). По прямому напрямку поїздки здійснювалися зі швидкостями 5...160 км/год (для вантажних локомотивів та вагонів – 5...80 км/год), по боковому – 5...60 км/год.

Аналіз одержаних результатів дозволяє стверджувати, що за швидкостей дослідного поїзда (включно) до 150 км/год по прямому напрямку та 50 км/год по боковому всі показники напружено-деформованого стану переводу відповідають допустимим та рекомендованим величинам, а за швидкостей 160 км/год по прямому та 60 км/год по боковому напрямках максимальні напруження, що спостерігаються у підшвах прямого та криволінійного гостряків під час руху електровозів, допустиму величину перевищують, а напруження у контррейках – практично їй дорівнюють. У випадку руху дослідного поїзда по боковому напрямку це можна пояснити конструктивними особливостями дослідного переводу (радіус та особливості вертикального стругання гостряка, конструкція рамної рейки, можливо, недостатня довжина відведеної частини контррейки), тоді як для прямого напрямку є підстави вважати причиною цього різке погіршення ходових якостей електровоза серії ЧС7 у разі руху зі швидкістю 160 км/год.

Якщо під час руху пасажирського вагона по дослідному переводу величини горизонтальних сил, що діють на перевід, зі збільшенням швидкості не змінюються, то для ЧС7 за швидкостей до 80 км/год включно вони не відрізняються від сил, одержаних для пасажирського вагона, а починаючи із 120 км/год – ростуть і за швидкості 160 км/год досягають свого максимуму, що більш ніж у 5 разів перевищує силу, зареєстровану для пасажирського вагона. Це дозволяє стверджувати, що динамічні (у горизонтальній площині) ходові якості пасажирських вагонів, що ввійшли до складу дослідного поїзда, практично не залежать від швидкості, тоді як ходові якості електровоза серії ЧС7 за швидкості

160 км/год суттєво гірші, ніж за швидкості 80 км/год і менше, і, можливо, не відповідають нормативам.

Виконані випробування дали змогу розробити рекомендації стосовно допустимих швидкостей руху поїздів по дослідному переводу та рекомендувати для визначення причин перевищення допустимих напружень у разі руху електровоза серії ЧС7 зі швидкістю 160 км/год виконати дослідження його ходових якостей під час руху по дослідному переводу разом з повторним випробуванням переводу на міцність за скороченою програмою (напруження в прямому гостряку та контррейці).

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПОТОКА

Царенкова И. М., Масловская Е. М.  
(БелГУТ, г. Гомель, Республика Беларусь)

To optimization the work logistical system of the road-building enterprise may change parameterizes logistical flows in different reciprocal pack. During execution of works on object reveal optimum direction of move road-structure technology, which transformaintion to transport logistical road-structure torrents.

Основной задачей анализа является выявление соответствия между достигнутыми и запланированными показателями его работы, а также установление факторов, повлиявших на полученные отклонения.

Вопросы оптимизации сроков строительства и организации производства решаются с применением методов календарного и сетевого планирования. Однако данные методы позволяют рассматривать только обособленные виды ресурсов, без учета их взаимодействия в процессе дорожного строительства, содержания, ремонта и реконструкции. Например, при календарном планировании определяются сроки выполнения основных дорожно-строительных работ за период, определенный нормативным или расчетным сроком производства работ. При этом период организационной подготовки строительства, который содержит большие резервы для логистической оптимизации, не включается в общую продолжительность строительства, а, следовательно, выпадает из рассмотрения при оптимизации методами календарного и сетевого планирования.

В организационный период происходит поиск деловых партнеров, разработка и утверждение проектной документации, проведение подрядных торгов, заключение контрактов и другие работы, без которых в дальнейшем невозможно строительство, содержание, ремонт или реконструкция объекта, что способно значительно растягивать его продолжительность и может привести к необходимости пересмотра проектно-сметной документации и дополнительным затратам финансовых ресурсов. Кроме того, при календарном и сетевом планировании состояние объекта и данные о ресурсах рассматриваются в конкретные моменты времени, без учета их изменения на определенном временном интервале, в то время как логистический поток позволяет управлять ресурсами с момента включения их в поток и до момента выхода готовой продукции, путем сплошного контроля их движения по всей логистической цепи.

При календарном и сетевом планировании основными объектами оптимизации выступают механизированные отряды, специализирующиеся на выполнении отдельных видов работ, на основе общности технологических операций, применяемых машин и механизмов. Поточный метод строительства способствует непрерывной связи отдельных процессов в общем комплексе работ, одновременному производству разнотипных работ и требует более четкого планирования организации работ с учетом взаимосвязи основных и вспомогательных процессов.

Все вышесказанное относится к организации выполнения работ на объекте с учетом технологии производства работ. Процессы производства материалов, их доставки на строительную площадку, складирования, обеспечения строительства финансовыми ресурсами, информационное обеспечение строительства, выпадают из поля зрения календарного и сетевого планирования. Логистика позволяет рассмотреть все составляющие процессов строительства, содержания, ремонта и реконструкции автомобильных дорог, с момента выдачи задания на проектирование объекта и до сдачи готовой автомобильной дороги в эксплуатацию, путем сквозного управления потоками. Одним из способов, облегчающих данный процесс, является моделирование логистических потоков.

Процедура моделирования позволяет провести оценку работы логистической системы в целом на любом требуемом уровне изучения предприятий дорожной отрасли – сложной организационно-экономической системы, состоящей из элементов, взаимосвязанных в едином процессе производственной и финансово-хозяйственной деятельности материальными и сопутствующими им финансовыми и информационными потоками. Все потоки представляют собой упорядоченную последовательность определенных операций и процессов в различных формах их проявления. Структура и величина материального потока логистической системы дорожно-строительного предприятия зависит от специфики его производственной деятельности, т. е. от того, на выполнении каких видов дорожных работ специализируется данное предприятие.

## ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

Царенкова И. М., Довгелюк Н. В.  
(БелГУТ, г. Гомель, Республика Беларусь)

Purpose that to value effect of the work logistic system road economy may at the expense of importance for road organizations, enterprise of motor transport complex and state. Integral exponent calculate on parameters, which characterize effect of use the logistical for the consumer and executor of works.

Эффективность логистической системы представляет собой степень соответствия результатов ее работы целям, которые были поставлены при формировании логистической системы. Использование логистических систем позволяет получать эффект от логистической организации деятельности дорожного хозяйства на всех стадиях воспроизводства, причем при итоговой оценке эффективности учитываются все составляющие и сводятся к единому показателю, позволяющему оценить значимость функционирования логистических систем для народного хозяйства:

- для дорожных организаций, являющихся основными объектами реализации разработанного механизма;
- для предприятий автотранспортного комплекса, являющихся основными потребителями продукции дорожного хозяйства;
- для государства, выступающего главным инвестором дорожной отрасли.

Проводится сравнение фактического состояния процесса планирования с логистическим процессом, который должен соответствовать качественному выполнению поставленных задач не только в настоящий момент времени, но и на протяжении всего расчетного периода. На выходе и в том и в другом случае формируется программа работ, но каждому варианту будет соответствовать свой уровень эффективности. В данном случае мы имеем дело с многокритериальной задачей оценки эффективности. Эффективность разработанного плана можно оценивать по различным критериям, каждый из которых может

быть главным, но нельзя однозначно сказать какой именно. Существуют различные способы решения многокритериальных задач оценки эффективности, однако все они могут быть сведены к трем основным.

Первый вариант нахождения оптимального решения по нескольким критериям эффективности заключается в ранжировании критериев. Проранжировав критерии, приступают к поиску решения, оптимального по наиболее важному из них. После этого, задавшись допустимой величиной изменения первого критерия, ищут решение по второму критерию – наилучшее в полученной таким образом области. Очевидно, что порядок значимости и допустимые диапазоны их изменения выбираются при этом произвольно. Поэтому данный метод не лишен субъективизма и требует от исполнителя углубленных знаний и опыта работы с решением подобного рода задач.

Второй вариант решения многокритериальных задач – превращение всех целевых функций, кроме одной, в ограничения. В математической обработке задача представляет собой нахождение функции главного критерия, ограниченной различными системами неравенств. Однако при решении этой задачи, как и в предыдущем случае, возникает вопрос выбора главного критерия. Очевидно, что при оценке уровня эффективности по одному критерию нельзя добиться объективной оценки исследуемых мероприятий. Наиболее перспективным в этом случае представляется третий вариант, предусматривающий сведение многокритериальной задачи к однокритериальной.

Третий вариант заключается в построении единого (интегрального) критерия эффективности посредством суммирования произведений имеющихся критериев на некоторые «весовые» коэффициенты (коэффициенты важности критериев). Наибольшая сложность реализации этого варианта связана с назначением весовых коэффициентов, определяющих относительную важность частных критериев эффективности.

На стадии планирования можно добиться рационального распределения ресурсов и назначения ремонтных и реконструктивных мероприятий. Эффективность данных мероприятий для дорожного хозяйства оценивается, используя показатели эффективности инвестиционных проектов: чистый дисконтированный доход; индекс доходности; внутренняя норма доходности; срок окупаемости.

С помощью показателя чистого дисконтированного дохода дается прогнозная оценка изменения экономического потенциала логистической системы в случае использования данного проекта, либо другого. Чистый дисконтированный доход разных проектов суммируется, так как этот показатель аддитивен в пространственно-временном аспекте. Данное свойство позволяет использовать показатель чистого дисконтированного дохода в качестве основного при анализе оптимальности развития логистической системы.

Эффект, получаемый предприятиями других отраслей народного хозяйства будет состоять в снижении уровня транспортных затрат, связанных с плохими дорожными условиями. В свою очередь это влечет повышение рентабельности работы автотранспортных предприятий. Показатель рентабельности характеризует эффективность возврата инвестиций в перевозочный процесс. Но так как не представляется возможным для конкретного участка автомобильной дороги определить автотранспорт каких организаций перемещается по дороге, то для определения эффективности механизма приняты другие критерии. Среди наиболее важных выделяются затраты автотранспортных организаций, связанные с осуществлением перевозок и затраты других отраслей народного хозяйства, связанные с неблагоприятными дорожными условиями.

Снижение затрат связано с ускорением оборачиваемости оборотных фондов, что в свою очередь влияет на увеличение доходности и будет способствовать росту объемов выполняемой транспортной работы, а следовательно и повышению налоговых поступлений в бюджет страны.

Как отмечалось ранее, автомобильные дороги являются социальными объектами, от технико-эксплуатационного состояния которых зависят затраты других отраслей народного хозяйства. Поэтому, важным аспектом эффективности механизма необходимо считать его положительное воздействие на вышеназванные затраты.

## ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ В ФОРМИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ–СТРОИТЕЛЯ

Этин Ю. М.

(БелГУТ, г. Гомель, Республика Беларусь)

The use of business games with the purpose of education and teaching of students allows considerably more effectively to use time, especially at the study of operations processes management. Education and teaching of future specialists becomes creative.

Одним из наиболее эффективных методов активного воспитания и обучения студентов являются деловые игры. Новые формы и методы хозяйствования требуют постоянного их совершенствования, а комплекс решаемых при этом вопросов должен быть таким, чтобы возможно было максимально рассмотреть актуальные задачи, возникающие в организациях транспортного строительства, путевого хозяйства, а также в деловом общении работников. Использование деловых игр с целью воспитания и обучения студентов позволяет значительно эффективнее использовать время, особенно при изучении процессов управления производством. Воспитание и обучения будущих специалистов становится творческим, увлекательным. Активность студентов в деловых играх проявляется ярко и носит продолжительный, а не эпизодический характер. При этом можно говорить о «вынужденной активности», т. к. сама обстановка деловой игры заставляет ее участников быть более активными, чем обычно. Деловая игра представляет собой имитационную модель определенной хозяйственной деятельности строительной или путевой организации в искусственно созданной обстановке. Основными признаками деловой игры следует считать: учет вероятностного характера производства; активное взаимодействие участников игры, наделенных вполне определенными функциональными возможностями; наличие общей цели в процессе игры при одновременном различии интересов ее участников; возможность воспроизведения не самого процесса производства, а системы его управления; наличие конкретного объекта игрового моделирования; возможность изменения в процессе игры масштаба времени; возможность самооценки действий игроков посредством конкретной системы стимулирования; реализация всех возможных управленческих решений с учетом их последовательности и преемственности; возможность изменения в процессе игры ее участниками своих решений с целью имитации возможных альтернатив. Рациональной областью использования деловых игр является планирование организационно-управленческих процессов в производстве с их технико-экономическим обоснованием. Важнейшим этапом подготовки деловой игры следует считать этап ее разработки. Специфические черты процессов, происходящих в транспортном строительстве и путевом хозяйстве, обычно требуют различных подходов при формировании имитационных методов активного воспитания и обучения. К ним следует отнести метод анализа конкретных ситуаций, метод разыгрывания ролей, а также метод имитационных упражнений и метод тренажа. В качестве тренажера в настоящее время целесообразно использовать персональные компьютеры с программным обеспечением, предусматривающим различные производственные ситуации. Интерес представляет работа студентов на ПК, объединенных в локальную сеть. Деловые игры являются адекватными моделями структур, процес-

сов и механизмов управления производством, а не самого производства. В промежутках между воздействиями управленческих решений на объект осуществляются деловое общение и совместная деятельность участников игры, благоприятно влияющая на процессы воспитания и обучения. Использование деловых игр для обучения студентов строительного факультета БелГУТа по специальности «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» позволило обеспечить эффективную подготовку высококлассных специалистов для транспортного строительства и путевого хозяйства нашей страны.

Секція 7  
«Транспортное строительство»

ВИКОРИСТАННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕТОДИКИ ФОРМОУТВОРЕННЯ  
ДЛЯ БУНКЕРНИХ ЄМНІСНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Банніков Д. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The main results of practical usage of shape-formation designing method are presented.

Досвід багаторічних теоретичних та експериментальних досліджень роботи сталевих ємнісних будівельних конструкцій для сипучих матеріалів дозволив розробити теорію формоутворення таких споруд та на її основі запропонувати інженерну методику їх формоутворення. Методика набула самостійного практичного значення, адже дозволяє виконувати раціональний вибір основних конструктивних параметрів таких споруд, уникаючи прояву небажаних специфічних ефектів під час їх експлуатації (Банников Д.О. Руководство по проектированию вертикальных стальных емкостных конструкций для сыпучих материалов / Д. О. Банников. – Днепропетровск: Новая идеология, 2009. – 56 с.).

З метою практичної ілюстрації ефективності даної методики було виконано перепроектування ємнісної конструкції з плоскими стінками (бункерного типу). В якості базового конструктивного варіанту, спроектованого відповідно до рекомендацій традиційного підходу, була використана бункерна ємність для зберігання вугілля (Руководство по расчету и проектированию железобетонных, стальных и комбинированных бункеров / Ленпромстройпроект. – М.: Стройиздат, 1983. – 200 с.).

Даний конструктивний варіант був перепроєктований у відповідності до рекомендацій розробленої автором теоретичної концепції формоутворення. В результаті чого було дещо змінено геометричні співвідношення окремих частин споруди, кут нахилу воронки та обшивку з ребрами замінено на панелі із використанням гофрованих листів.

Дані порівняльного співставлення основних конструктивних показників та показників напружено-деформованого стану (НДС) обох варіантів, отриманих за допомогою чисельного моделювання на основі методу скінчених елементів (використовувався проектно-обчислювальний комплекс SCAD), наведено в представленій таблиці.

| № п/п | Показник, одиниці виміру                   | Базовий варіант | Новий варіант |
|-------|--------------------------------------------|-----------------|---------------|
| 1.    | Екв. напруження в ребрі прольоту, МПа      | 205             | 153           |
| 2.    | Екв. напруження в ребрі кутової зони, МПа  | 360             | 230           |
| 3.    | Екв. напруження в стінки прольоту, МПа     | 105             | -             |
| 4.    | Екв. напруження в стінки кутової зони, МПа | 145             | -             |
| 5.    | Прогин стінки, мм                          | 32              | 12            |
| 6.    | Перша власна частота коливань, Гц          | 10,93           | 18,32         |
| 7.    | Друга власна частота коливань, Гц          | 11,45           | 22,06         |
| 8.    | Коефіцієнт запасу стійкості                | 3,55            | 2,51          |
| 9.    | Довжина зварних швів, м                    | 93,1            | 58,7          |
| 10.   | Маса, кг                                   | 9020            | 9130          |
| 11.   | Об'єм, м <sup>3</sup>                      | 128             | 137           |

З аналізу даних таблиці видно, що НДС нового конструктивного варіанту ємності є більш рівномірним, ніж для базового варіанту. При цьому рівень напружень виявляється приблизно в 1,5 нижчим, а деформацій – майже в 3 рази нижчим. Підвищується загальна жорсткість конструкцій, що відмічено у збільшенні власних частот коливань. При цьому



маса та об'єм споруди залишилися практично без змін, а довжина зварних з'єднань зменшилась майже вдвічі.

## К ВОПРОСУ О ПЕРИОДАХ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ НЕСИММЕТРИЧНЫХ НЕРАЗРЕЗНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ

Железняк Г. С.  
(Днепропроектстальконструкция)

In work the forms and frequencies of own vibrations of asymmetrical no-cut structures of bridges are certain.

В широком диапазоне типовых пролетных строений ферм железнодорожных мостов (от 33 до 154 м), неразрезные пролетные строения представлены схемами 2×110 м, 2×132 м, 110+132+110 м и 132+154+132 м. Для обеспечения необходимого габарита пропуска судов ДСТУ Б В.2.3-1-95 устанавливает ширину подмостовых габаритов в зависимости от класса реки от 30 м (для 7 класса) до 140 м (для 1 и 2 класса), при этом достаточно выдержать габариты двух пролетов. Если обратиться к трехпролетным фермам, то требования к величине третьего пролета не устанавливаются, а следовательно, он может иметь и иную длину. В большей степени данное исследование относится к мостам, где одна или две неразрезные фермы перекрывают русловые участки, в то время как пойменные участки перекрыты обычными балочными разрезными пролетными строениями.

Сечения поясов ферм (в том числе и неразрезных) на протяжении всей длины остаются постоянным, что позволяет изменить длину одного из крайних пролетов путем уменьшения количества панелей. Данное уменьшение длины одного из пролетов (крайнего), теоретически имеет смысл, если необходимо изменить собственные частоты колебаний фермы. Возможна и обратная задача, когда в силу тех или иных причин, характера реки, изменчивости фарватера в зависимости от времени года (полноводности реки), необходимо обеспечить круглогодичное судоходство. И как один из вариантов, возможно рассмотреть увеличение одного из крайних пролетов (двухпролетные неразрезные), приводящее схему к неразрезной несимметричной.

В данном исследовании были рассмотрены собственные колебания неразрезных пролетных строений мостов по схеме 110+132+110 м и 132+154+132 м. Расчетная схема представляет собой трехпролетную балку на жестких опорах.

Изменяя крайний пролет в диапазоне 55...132 м для схемы 110+132+110 м и 55...154 м для схемы 132+154+132 были получены частоты и периоды собственных колебаний, построены формы.

Полученные результаты сравнивались с частотами при исходной симметричной схеме а также был подобран пролет для трехпролетного регулярного пролетного строения, при котором собственные частоты по первым трем формам находятся в пределах допустимой инженерной погрешности. Так для пролетного строения 110+132+110 м искомый пролет равен 120 м для частоты по первой и третьей форме, и 110 м для частоты по второй форме. Для пролетного строения 132+154+132 м для частоты по первой и третьей форме пролет равен 142,5 м, и для частоты по третьей форме 135 м.

Периоды собственных колебаний в горизонтальной плоскости для всех проанализированных схем не находятся в интервале 0,9...1,2 с, ограниченном СНиПом. В вертикальной плоскости период собственных колебаний по первой форме для исходной схемы 110+132+110 м находится в диапазоне 0,45...0,60 с и равен 0,492 с, также находится в указанном диапазоне период колебаний по второй форме для исходной схемы 132-154+132 м

– 0,4817 с. Увеличение длины крайнего пролета приводит к уменьшению частоты собственных колебаний пролетного строения, при этом период колебаний соответственно увеличивается.

Таким образом, можно отметить, что в случае увеличения или уменьшения одного из пролетов наряду с выходом на первый план вопросов прочности, экономической составляющей проекта, условий местности должен возникнуть вопрос о периодах собственных колебаний, изменение которых влечет за собой существенное изменение характера действительной работы конструкций под подвижной нагрузкой.

Выполненное исследование позволяет также сделать вывод о возможности и целесообразности проектирования неразрезных двух- и трехпролетных ферм несимметричных как более эффективных с точки зрения их поведения под динамической нагрузкой. К тому же это позволяет уменьшить один из пролетов, которые предусмотрены для ширины подмостовых габаритов.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЭКИПАЖЕЙ И МОСТОВ: НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Михеев Г. В., Круговова Е. А., Ковалев Р. В.  
(Брянский государственный технический университет, Россия)

Some approaches and applications of railway vehicle and bridge interaction are presented. Results of computer simulation are considered.

В настоящей статье рассмотрен подход к моделированию железнодорожных экипажей и мостов [3, 5, 6]. Подход реализован в программном комплексе «Универсальный механизм». Железнодорожные мосты рассматриваются с учетом их упругости.

Упругие перемещения за счет деформаций предполагаются малыми и в системе координат, связанной с телом, могут быть адекватно описаны методом конечных элементов (МКЭ), использующим геометрически линейную теорию. Для моделирования упругих тел применяется модальный подход, в соответствии с которым малые упругие перемещения представляются преобразованным набором собственных и статических форм упругого тела. Конечно-элементные модели упругих мостов импортируются из программ ANSYS и MSC.NASTRAN. Математическая модель упругого тела строится с использованием метода присоединенной системы координат [4] и метода связанных подструктур (Крэйга-Бэмптона) [1, 2].

Контактные силы между колесом и рельсом прикладываются к упругому мосту как бегущая нагрузка. Учитываются как вертикальная, так и поперечная компоненты контактной силы. Так как конечно-элементный (КЭ) подход предполагает приложение сил только в узлах КЭ сетки, был разработан простой алгоритм разложения контактных сил между ближайшими узлами КЭ сетки.

Обсуждаются результаты моделирования для мостов с различным числом упругих степеней свободы. Показана зависимость напряжений и деформаций упругого моста от массы и скорости движения железнодорожного экипажа.

Железнодорожные мосты и эстакады часто бывают довольно протяженными. Обсуждается вопрос возможности уменьшения длины рассматриваемой модели упругого моста при сохранении точности решения. Также рассматривается отношение между длиной поезда и рекомендуемой длиной эстакады с повторяющейся структурой.

На рис. 1 и 2 даны примеры рассматриваемых объектов.

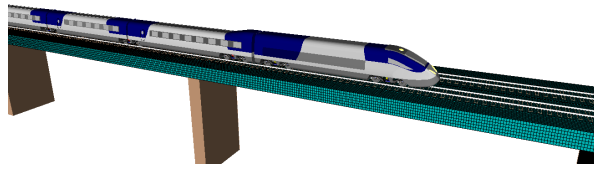


Рис. 1. Моделирование движения скоростного пассажирского поезда на двухпутной эстакаде

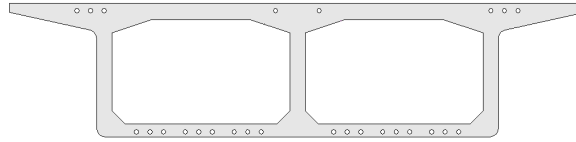


Рис. 2. Поперечное сечение двухпутной эстакады

Исследования проведены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 08-01-00677-а.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] CRAIG, R.R. JR. AND BAMPTON, M.C.C. Coupling of substructures for dynamic analysis // AIAA Journal. – 1968. – Vol. 6, No. 7. – P. 1313-1319.
- [2] CRAIG, R.R. JR. Coupling of substructures for dynamic analysis: an overview. In AIAA Paper, No 2000-1573, AIAA Dynamics Specialists Conference, Atlanta, GA, April 5, 2000.
- [3] GONG, L., AND CHEUNG, M. S. Computer simulation of dynamic interactions between vehicle and long span box girder bridges // Tsinghua Science And Technology. – 2008. –Vol. 13, Number 81.
- [4] SHABANA, A.A. Flexible multibody dynamics: review of past and recent developments // Multibody System Dynamics. – 1997. №1. – P. 189-222.
- [5] XIA, H., ZHANG, N. AND DE ROECK, G. Dynamic analysis of high speed railway bridge under articulated trains. Computers and Structures 81 (2003). – P. 2467-2478.
- [6] YANG, Y. B., YAU, J. D. AND WU Y. S. Vehicle-Bridge Interaction Dynamics. – World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2004.

#### РОЗРАХУНОК НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАСИПУ ІЗ ВАРІАНТАМИ ПІДСИЛЕННЯ ЙОГО КОНСТРУКЦІЇ

Петренко В. Д., Ахмад Алхдур  
(ДНУЗТ, г. Дніпропетровськ)

In the article the results of influencing of deformation descriptions of strengthening layer on the tensed and deformed state of railway embankment are represented.

Найбільшою мірою поширені дефекти, деформації і пошкодження земляного полотна і руйнування земляного полотна відбувається в більшості випадків в результаті його позамежної деформації. При цьому дефекти, деформації і пошкодження призводять до обмеження швидкостей руху. В той же час ремонт і будівництво залізниць часто утруднені через складність підбору ґрунтів, по своїх властивостях придатних для відсіпання надійного земляного полотна, а також недостатньої розробки нових конструкцій для його зміцнення.

Розроблені типи підсилюючих елементів земляного насипу, полотна та основи, які базуються на зміні фізико-механічних властивостей ґрунту, не мають детальних досліджень їх впливу на напружено-деформований стан земляного полотна. Проведення таких досліджень повинно виконуватися для того, щоб з'ясувати який варіант підсилення є найбільш оптимальним. В даний час підвищення експлуатаційної надійності земляного поло-

тна здійснюється шляхом влаштування дренажних і підсилюючих конструкцій.

Одним із способів стабілізації земляного полотна є спосіб створення шарів з дренажних ґрунтів, в яких розміщується геосинтетичні матеріали. Але крім цього також розроблені варіанти підсилення конструкції насипу та земляного полотна на основі шарів із меншими деформаційними характеристиками. Це дозволяє зменшити вертикальні та горизонтальні переміщення верхньої будови колії та збільшити міжремонтні терміни.

Проведене обґрунтування двох варіантів підсилення конструкції земляного полотна, для чого проведено серію числових розрахунків з метою з'ясування варіанту із найбільш оптимальними характеристиками та найбільшою стійкістю, міцністю та стабільністю залізничного насипу. В якості першого варіанту для дослідження узято варіант зміни конструкції земляного полотна із розміщенням в ньому шару з більшими на відміну від матеріалу масиву деформаційними характеристиками, наприклад, щебеню із бітумним просочуванням; в якості другого – варіант зміни конструкції земляного полотна із розміщенням в ньому шару більш міцного ґрунту з більшими деформаційними характеристиками.

Із проведеного аналізу можна зробити наступні висновки. Порівняльний аналіз напружено-деформованого стану варіантів свідчить про те, що введення в тіло насипу шару з більшими на відміну від матеріалу земляного полотна деформаційними характеристиками змінює картину вертикальних переміщень, дещо їх зменшуючи, але така зміна незначно покращує загальний НДС насипу, тобто такий тип підсилення не має позитивного впливу. Таким чином, слід продовжити розробку варіантів підсилення земляного полотна, наприклад, із застосуванням принципово нових елементів. Такими елементами можуть бути вертикальні цементно-ґрунтові палі, які створюються за буро-змішувальною або буро-ін'єкційною технологіями.

## ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОТЕКСТИЛЮ ДЛЯ АРМУВАННЯ ПІДХІДНИХ НАСИПІВ ПЕРЕД МОСТОВИМ ПЕРЕХОДОМ

Петренко В. Д., Гузченко В. Т.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

In work the solution for the reinforcement of approach embankments before bridge transition for extinguishing of train dynamics which rides into on a bridge is offered.

Частіш усього мости зупиняють на реконструкцію у зв'язку із значними горизонтальними деформаціями біля берегових стоянів. Причиною деформацій балок є деформації стоянів вбік балки під впливом ґрунтового масиву насипів значної висоти (16 і 19 метрів) і динамічних навантажень від поїздів.

Руйнування земляного полотна перед мостовим переходом відбувається в результаті його позамежної деформації, особливо при зволоженні ґрунтів в комплексі із значним динамічним впливом потягу. При цьому дефекти, деформації і пошкодження призводять до обмеження швидкостей руху і, як наслідок, до великих економічних витрат. В той же час ремонт і будівництво залізниць та штучних споруд часто утруднені через складність підбору ґрунтів, по своїх властивостях придатних для відсіпання надійного земляного полотна, а також недостатньої розробки нових конструкцій для його зміцнення.

Згідно з проектом реконструкції передбачається посилення берегових стоянів шляхом розміщення нових пальових фундаментів і залізобетонного ростверку. Для зменшення деформацій вхідних дільниць на міст пропонується посилення земляного полотна шляхом заміни ґрунту на відстані 25 м перед мостом на щебінку кусковатістю 25...40 мм. Щебінку укладається шарами товщиною 50...60 см з коефіцієнтом ущільнення 1,03 для верхнього

шару і 0,98...1,0 для шарів, що розміщуються нижче. Шари щебеню розміщують між геосітками і потім ущільнюють до модуля деформації  $E_d=100\ldots120$  МПа. Рекомендується використовувати геосітки з міцністю на розрив в двох напрямках не менше 80 кН/м і розмірами вічок 40...50 мм шириною 5 м. Загальна кількість шарів – не менше п'яти (2,0...2,5 м по глибині).

Нижню геосітку вкладають на геотекстиль, розташований поверх ущільненого до 40...45 МПа ґрунту основного масиву.

Для відводу води із тіла земляного полотна за задніми стінками стоянів влаштовується дренаж, а нова поверхня основної площадки повинна мати ухил 0,04 в польову сторону.

Застосування такої технології армування насипу перед мостовим переходом дозволяє зменшити його деформації, які викликаються динамічною дією потягу, який прямує на мостовий перехід.

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗТРАНШЕЙНОГО УЛАШТУВАННЯ КОМУНІКАЦІЙ

Посмітюха О. П., Главацький К. Ц.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Приведены, сопоставлены и проанализированы варианты выполнения земляных работ, связанные с прокладкой коммуникаций в пределах города с акцентом на бестраншейное горизонтально направленное бурение.

При прокладанні нових та ремонтуванні старих підземних комунікацій, укладанні електричних кабелів, прокладці водо- та газопроводів, телефонних мереж, в місцях їх перетину з наземними перепонами можливі два основні способи виконання робіт – відкритий та закритий (бестраншейний).

Традиційний (відкритий) метод виконання робіт широко використовується, хоч і передбачає велику кількість земляних робіт по відкопуванню траншеї, її підготовки до укладання комунікацій, засипанням інертними матеріалами, ущільнення ґрунту та відновлення зруйнованих територій. Цей метод унеможливує роботи в історичних місцях, при перетині з залізницями та водними перепонами. Також слід відмітити негативні наслідки розкопування доріг, що призводить до появи просідань, провалів та тріщин.

Бестраншейний спосіб дає можливість виконати всі роботи без суттєвих матеріальних затрат та з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Існує декілька основних способів отримання отворів у ґрунті: горизонтальне шнекове буріння, горизонтально направлене буріння, ударно-імпульсне та статичне проколювання, гідропроколювання струменем води, розкочуванням отворів.

Горизонтальне шнекове буріння дозволяє отримати отвори у ґрунтах 1-5 категорії довільних діаметрів з невеликими зусиллями довжиною до 100 м.

Ударно-імпульсним проколюванням можна отримати отвори діаметром від 40 до 1400 мм та довжиною до 100 м.

Статичне проколювання в ґрунтах 1-4 категорії, рекомендоване для труб діаметром до 500 мм та довжиною до 80-100 м, що є основним недоліком способу.

Гідропроколювання струменем води дає можливість прокладати трубопроводи діаметром від 50 до 500 мм (і більше) зі швидкістю від 0,1 до 10 м/хв.

Основними недоліками даних способів є необхідність видалення ґрунту із свердловини, використання великої кількості води, що може вплинути на сусідні комунікації, значне відхилення реального отвору від проектного та значний обсяг підготовчих робіт

Горизонтально направлене буріння (ГНБ) отворів спеціальними буровими машинами з відповідним буровим інструментом є найбільш простим та універсальним методом безтраншейного утворення порожнин у ґрунті на різній глибині, по криволінійних траєкторіях, в будь-яких ґрунтових умовах під природними і штучними перешкодами без порушення режиму їх звичайного функціонування. Метод дозволяє отримувати отвори розміром від 40 до 2000 мм та довжиною до 1500 м зі швидкістю до 19 м/год.

Недоліком способу є висока вартість обладнання, енергоємність процесу та використання додаткового обладнання для приготування бурових розчинів.

Розкочування свердловин є одним з найперспективніших маловитратних способів отримання отворів за допомогою спеціального пристрою – розкатчика. Даний тип робочого органу поєднує переваги направленого буріння із статичним проколюванням ґрунту та працює в пористих ґрунтах. В порівнянні з буровим розкочуючий робочий орган забезпечує високу стійкість отвору до руйнування за рахунок утворення навколо нього ущільненої зони ґрунту, контроль напрямку свердловини та виключає можливість руйнування комунікацій. Метод розкочування отворів витрачає енергії в 2...15 разів менше ніж інші способи (2...2,5 рази до ГНБ), та має вартість обладнання в 2...5 разів нижчу. Недоліком способу є невелика довжина проколу до 100 м та утворення ущільненої зони ґрунту рівної 3...4 діаметри навколо отвору, що може привести до руйнування сусідніх комунікацій.

Перспективним напрямком розвитку даної технології в подальшому є поєднання кількох методів в одному, а саме поєднати спосіб шнекового буріння з розкочуванням отворів, що призведе до зменшення зони ущільнення ґрунту до 0,5...1,5 діаметра проектного отвору. Перевагою даного методу буде велика швидкість та мала собівартість робіт при проходженні перепон в міських районах.

## НОВИЙ МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ КАЛЕНДАРНОГО ГРАФІКА ПОТОКОВОГО БУДІВНИЦТВА

Радкевич А. В., Тимошенко В. А., Тимошенко О. К., Кутах Є. С.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Executed and offered analysis of structures of management of building organizations

Інформаційні системи для менеджерів середньої ланки використовуються працівниками для моніторингу (постійного стеження), контролю, ухвалення рішень та адміністрування. Для кращого розуміння функціонального призначення інформаційних систем в табл. 1 наведено низку типових завдань виробничих інформаційних систем в потоковому будівництві.

Таблиця 1 - Виробничі завдання інформаційних систем

| Завдання інформаційних систем                              |                                                                                                     |                                           |                     |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------|
| Планування обсягів робіт та опрацювання календарних планів | Оперативний контроль і управління виробництвом (за аналізом роботи комплексу машин та устаткування) | Участь у формуванні замовлень поставщикам | Управління запасами |

Зауважимо, що в практиці роботи будівельної організації такі виробничі завдання називають частково структурованими.

Прикладом частково структурованого завдання може бути ухвалення рішення у ситуації, коли потреба в трудових ресурсах для вчасного виконання однієї з комплексу робіт перевищує їхню наявність. Шляхи вирішення цього завдання можуть бути будь-які. Наприклад, виділення додаткового фінансування на збільшення кількості працюючих, перенесення терміну закінчення роботи на пізнішу дату, зміна певного комплексу будівельних машин новим (раціональним) без зміни технологічної структури виробничого процесу.

Втім, в даній ситуації інформаційна система може допомогти працівникам ухвалити те чи інше рішення, якщо забезпечить її інформацією про хід виконання робіт за всіма необхідними параметрами.

При наявності системи підтримки ухвалення рішень частково структуровані завдання виконуються з підвищеним ступенем надійності. Такі системи мають могутніший апарат з декількома моделями. Інформацію отримують з управлінських і операційних інформаційних систем. Використовують ці системи всі, кому необхідно ухвалювати рішення: менеджери, фахівці, аналітики та ін. Наприклад, їхні рекомендації можуть стати в нагоді при ухваленні рішення брати комплект машин в аренду тощо.

Характеристики систем підтримки ухвалення рішень:

- забезпечують розв’язання проблем, розвиток яких важко прогнозувати;
- дозволяють легко змінювати постановки завдань, що вирішують, і вхідні дані;
- відрізняються гнучкістю та краще адаптуються до зміни умов у кілька разів на певний термін (день, тиждень);
- мають технологію, що максимально орієнтована на користувача.

На кафедрі будівельного виробництва та геодезії на основі певних досліджень розроблено новий алгоритм визначення MANAGER – шляху на сітковій моделі потокового будівельного виробництва.

Перелік функцій конкретної інформаційної системи будівельного менеджменту, запропонованої авторами, залежить від сфери її діяльності, призначення, системи управління організацією, зокрема визначається особливостями об’єкта управління.

Подібна система здатна виконувати певні дії за допомогою взаємодії програмного та комп’ютерного забезпечення.

## ОБЩАЯ И МЕСТНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНО СЖАТЫХ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ ОТКРЫТОГО ПРОФИЛЯ

Ракша С. В.

(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The problem about a buckling of centrally compressed thin-walled rods of open cross-section is considered on the basis of the linear theory of stability. Depending on geometrical parameters of cross-section the zones appropriated to the different buckling modes are constructed.

Для сжатых тонкостенных стержней открытого профиля, в соответствии с теорией Власова, основанной на гипотезе о недеформируемости контура поперечного сечения, возможна общая потеря устойчивости (по изгибной, крутильной или изгибно-крутильной форме). При определенных геометрических параметрах стержня возможна также местная потеря устойчивости, под которой понимается выпучивание пластинчатых элементов, образующих профиль, причем линии соединения пластин остаются прямолинейными.

Для сжатых стержней с поперечным сечением типа двутавра, а также зетового, швеллерного профиля и швеллерного с подкрепленными полками (с отгибами на краях полков) получены значения коэффициента, связанного с напряжениями общих и местных

форм выпучивания. Эти значения позволят в зависимости от соотношения параметров сечения и длины стержня разделить зоны возможных форм потери устойчивости.

Для совместного рассмотрения различных форм выпучивания в качестве критерия используется коэффициент устойчивости  $k$ , связанный с напряжениями зависимостью

$$\sigma_i = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left( \frac{t}{h} \right)^2 \quad (\text{здесь } \sigma_i - \text{напряжения } i\text{-той формы; } E, \nu - \text{характеристики материала;}$$

$t, h$  – параметры поперечного сечения, соответственно, толщина и ширина элементов профиля).

Как можно заметить, для местной формы критерий  $k$  полностью совпадает с коэффициентом устойчивости стенки профиля и, соответственно, является функцией параметров сечения –  $k = f(t, h)$ , т.е., не зависит от длины стержня.

Для общей формы выпучивания коэффициент  $k$  зависит от соотношения  $t/h$  и от параметра  $\rho = h^2/Lt$ , т.е.  $k = f(b, h, \rho)$  ( $L$  – длина стержня).

На основе линейной теории устойчивости для центрально сжатых стержней открытого поперечного сечения в зависимости от геометрических характеристик стержня, построены области (зоны), отвечающие определенным формам потери устойчивости. Отличие результатов, полученных в данной работе от известных решений, состоит в том, что при расчете местного выпучивания учитывались точные условия сопряжения элементов, образующих профиль стержня. Предполагается упругая работа материала.

Особенность данного представления заключается в том, что, при известных геометрических параметрах (размеры сечения, длина стержня), возможно непосредственно (не вычисляя напряжений) определить форму выпучивания стержня. Следует отметить, что в рассмотренных интервалах геометрических параметров стержней множество сочетаний этих параметров приводит к равноустойчивым конструкциям (по двум и по трем формам), которые представляют интерес с точки зрения нелинейного взаимодействия форм выпучивания («связанной» потери устойчивости).

## ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШТУЧНИХ СПОРУД

Соломка В. І.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The substantive provisions of determination of economic efficiency of exploitation of artificial buildings are considered in the article. The calculation formulas of expenses are resulted on replacement and repair of artificial buildings on two variants of exploitation: extension of longevity and increase of reliability. And also determination of economic effect from acceptance of more rational decision on further exploitation of building.

В сучасних умовах господарювання на залізничному транспорті, як і в інших галузях, велике значення має питання отримання економічного ефекту від експлуатації штучних споруд. Слід зазначити, що штучні споруди, які експлуатуються на залізницях України, не приносять прибутку в грошовому численні безпосередньо. Тому визначення прибутку, отриманого в результаті експлуатації штучних споруд в справному стані, є складним завданням.

Єдиної методики визначення економічної ефективності експлуатації штучних споруд в даний час не існує. На залізниці використовувався документ «Указания по определению экономической эффективности работ по капитальному ремонту искусственных сооружений» розроблений для Міністерства шляхів сполучення головним управлінням колії НДЛ мостів ЛПЖТу в 1977 році. З того часу такі документи не розроблялись.



В 2004 році ГНДЛ штучних споруд Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна розробила типову методику оцінки обсягу та структури поточного утримання залізобетонних прогонових будов мостів за їх станом. Де застосований ймовірнісний підхід до визначення дефектності споруд та вказані основні положення визначення економічної ефективності експлуатації штучних споруд.

Згідно з вказаною методикою визначення економічної ефективності експлуатації штучної споруди має базуватися на трактуванні зменшення витрат від непрацездатного (обмежено працездатного) стану штучної споруди як умовного прибутку, для споруди, що знаходиться в експлуатації (без урахування капітальних вкладень на її будівництво). Тому при оцінці економічної ефективності, втрати на приведення штучної споруди в працездатний стан не повинні перевищувати зменшення витрат прибутку від перевізного процесу, пов'язаних з непрацездатністю або частковою працездатністю споруди.

Щоб визначитися, чи задовольняється ця умова в процесі експлуатації споруди, необхідно виконати оцінку її економічної ефективності. Тому штучні споруди, що експлуатуються на залізниці необхідно розглядати як відновлювані системи, і економічний ефект визначати за двома варіантами:

- економічний ефект від заміни застарілих конструкцій, що вийшли з ладу;
- економічний ефект від застосування капітального ремонту споруд, що знаходяться в експлуатації.

Після розгляду варіантів експлуатації споруди виконується порівняння витрат на заміну конструкції, її ремонт або посилення. Вибирається варіант з меншими витратами, а річний економічний ефект визначається, як різниця витрат.

Для ухвалення раціонального рішення по подальшій експлуатації штучної споруди, разом з традиційними методами оцінки технічного стану і розробкою рекомендацій по її подальшій експлуатації, необхідно виконувати і оцінку економічної ефективності при прийнятті того чи іншого способу реконструкції. Такий підхід дозволить значно підвищити надійність і подовжити довговічність штучних споруд, що знаходяться в експлуатації, а також дозволить застосувати цільове використання коштів, які щорічно виділяються на підтримку в працездатному стані штучних споруд, що експлуатуються на залізницях України і в інших галузях господарської діяльності.

## ИСПЫТАНИЯ ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ МЕДЛЕННО ДВИЖУЩЕЙСЯ НАГРУЗКОЙ

Сухоруков Б. Д.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Peculiarities and advantages of bridge conduits tests under slow moving load are pointed out. The calculation algorithms for finding in-situ influence line ordinates based on the results of the tests were proposed.

В последние годы на вооружении мостоиспытательных станций и научно-исследовательских лабораторий появилось новое поколение датчиков, регистрирующей аппаратуры и компьютерных программ для записи, хранения, обработки и визуализации результатов измерения величин фибровых деформаций, перемещений, ускорений и т.п. в испытываемых конструкциях. Объединение в одну сеть компьютера и приборов для измерения физических параметров открывает широкие возможности как для повышения точности и увеличения объёма снимаемой информации, так и для решения трудоёмких вычислительных задач, связанных с обработкой больших её массивов.

Новые возможности дают основания для пересмотра традиционных подходов к организации и проведению натурных испытаний. В этом плане испытания мостовых конструкций медленно движущейся «проползающей» с постоянной скоростью нагрузкой представляют особый интерес и являются весьма перспективным направлением.

Частота, скорость и объём снимаемых с датчиков показаний при «проползающей» нагрузке несопоставимо большие, чем при обычных статических испытаниях. Всё это, в сочетании с возможностями использования встроенных математических библиотек в компьютерных программах для записи и хранения данных измерений, открывает перспективу оперативного, прямо на объекте, получения в удобной форме (числовой или графической) конечных результатов испытаний. Например, задав соответствующий алгоритм вычислений и вводя весовые и геометрические параметры испытательной нагрузки, можно будет строить натурные линии влияния и сравнивать их с теоретическими. А это – более высокий уровень сравнения, чем традиционное сравнение по отдельным значениям фактических и расчётных величин прогибов или напряжений при заданном статическом положении нагрузки. Таким образом, отработка и широкое внедрение в мостоиспытательную практику методики натурных испытаний медленно движущейся нагрузкой является актуальной технической задачей.

Одним из необходимых шагов на пути её решения должен быть выбор и задание рационального алгоритма вычислений ординат искомых натурных линий влияния, зависящий как от типа испытательной нагрузки (колёсная или гусеничная), так и от направления, в котором эта нагрузка движется (вдоль или поперёк проезжей части моста).

Трудность заключается в том, что вес подвижной испытательной нагрузки передаётся на проезжую часть пролётного строения не в одной, а сразу в нескольких точках. А это значит, что заносимая в память компьютера функция-осциллограмма  $F(x)$  является интегральной. Нам же, проводя натурные испытания, в конечном результате желательно знать реакцию сооружения  $f(x)$  на «точечное» действие единичной силы в каждой точке ( $x$  – координата точки) выбранного сечения пролётного строения или, как минимум, воздействие «двухточечное» от одной оси нагрузки. Достичь этого можно лишь путём совместной математической обработки двух и более записей-осциллограмм показаний того или иного датчика при различных траекториях движения испытательной нагрузки.

Для автодорожных пролётных строений с большой шириной проезжей части предложена методика проведения испытаний медленно движущейся нагрузкой и алгоритм обработки их результатов, позволяющие нахождение точных значений ординат натурных поперечных линий и поверхностей влияния напряжений, перемещений и т.п. для всех точек конструкции, где были установлены соответствующие датчики.

## УСИЛЕНИЕ АВТОДОРОЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Савчинский Б. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

In the article modern technologies of strengthening of bridges composition materials are examined at the maintenance of their longevity

На современном этапе очень актуальной является проблема разработки новых технологий восстановления конструкций железобетонных мостов, разрушенных в результате длительного воздействия эксплуатационных нагрузок.

В процессе эксплуатации мостов возникает их деформация из-за снижения их несущей способности.

щей способности вследствие коррозии арматуры и разрушения бетона.

Помимо восстановления первоначальной несущей способности, может возникнуть необходимость увеличения нагрузки на сооружение или изменение его расчетной схемы. Основными способами усиления конструкций являлось увеличение их сечения. Однако, в последнее время, получили применение композиционные материалы, армированные углеродным, арамидным, полиэфирным и стекловолокнами. Их несомненными преимуществами являются высокие прочность и модуль упругости, малый вес, технологичность, невосприимчивость к внешним агрессивным факторам, способность повторять практически любые формы конструкции, выносливость. Достоинствами композиционных материалов являются также легкость транспортировки и изготовления усиливающих элементов необходимых размеров на месте выполнения работ, возможность усиления поверхностей различной кривизны, непрерывность эксплуатации сооружения во время проведения работ по усилению, что особенно важно для мостовых конструкций, испытывающих постоянные технологические нагрузки. Поскольку даже временные перерывы в процессе их эксплуатации приводят к серьезным финансовым потерям. В настоящее время композиционные материалы с фиброй (КМФ) широко используются для усиления опор и пролетных строений мостов.

Необходимо отметить, что капитальный ремонт и усиление железобетонных конструкций мостов невозможно проводить без тщательной диагностики сооружения, выполнения детального обследования. Причем в случае усиления конструкции композиционными материалами ее диагностика и анализ напряженно-деформированного состояния играют ключевую роль при принятии решения об усилении. Выполнение диагностики необходимо для определения реальных геометрических параметров конструкции, фактических свойств ее материалов и их распределения по сечению. Диагностика железобетонных мостов позволяет не только выявить степень ее износа, но и определить причины этого явления. Все это возможно выполнить с помощью современных приборов для диагностики и неразрушающего контроля строительных конструкций.

В последние годы проблеме обеспечения надежности строительных конструкций и связанными с этим вопросами их диагностики и усиления уделяется значительное внимание. Вместе с тем в отечественной литературе до настоящего времени практически нет обобщающих публикаций по усилению мостов высококачественными композиционными материалами нового поколения. В настоящей статье автором изложено его мнение, основанное на анализе работ по проектированию и технологии усиления железобетонных конструкций мостов современными композиционными материалами.

## МЕТАЛЕВИМ ОПОРАМ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ – ДРУГЕ ЖИТТЯ

Солдатов К. І., Ключник С. В., Кравець М. Л.<sup>1</sup>  
(ДНУЗТ, 1 – ТОВ «АСКОН Україна»)

This information about the state of metallic reliance catenaries and suggestion restore and rehabilitation for the prolongation of operation.

Металеві опори контактної мережі, що інтенсивно впроваджувались на залізницях України при електрифікації у 50-60 роки минулого століття, розраховувались згідно з нормативним документом на строк експлуатації 50 років. Саме зараз їх проектний ресурс підійшов, або підходить, до кінця. Враховуючи, що кількість таких опор сягає понад 200 тисяч, то заміна такої кількості на залізобетонні є задачею дуже складною як з економічної точки зору так і з технічної. З 2001 року за завданням Головного управління електри-

фікації та енергопостачання Укрзалізниці були розпочаті роботи з метою встановлення залишкового ресурсу опор з метою продовження строку їх експлуатації. Обстеження 339 опор на Львівській та Донецькій залізницях, що збудовані у період 1952-1959 року, дозволило отримати матеріал, який далі аналізувався та розроблялись способи ремонту, підсилення та реконструкції. Крім існуючих способів підсилення за допомогою затяжок та відтяжок було розроблено ще декілька простих способів як підсилення, так і реконструкції.

Практично всі запропоновані способи, як основну складову, містять рекомендації захисту конструкції від подальшого руйнування (в основному опорного вузла) не фарбовими покриттями, а термічним напилюванням антикорозійних протекторних покриттів з алюмінію, цинку або сплавів (AL,Zn,Zn-15%AL,AL-5%Mg). Практична методика захисту різних конструкцій від корозії напилюванням застосовується ТОВ «АСКОН Україна» вже на протязі 7 років (з 2003 року) і дає хороші результати оскільки гарантує захист від корозії 10...50 років у залежності від типу покриття.

| № варіанту | Трудомісткість |                |
|------------|----------------|----------------|
|            | чол.-<br>годин | маш.-<br>годин |
| 1          | 478,30         | 76,65          |
| 2          | 462,2          | 76,65          |
| 3          | 691,6          | 54,34          |
| 4          | 608,1          | 104,93         |
| 5          | 104,93         | 9,92           |
| 6          | 131,16         | 16,35          |
| 7          | 72,31          | 5,976          |
| 8          | 78,69          | 38,67          |
| 9          | 63,85          | 10,81          |

Розглянуті варіанти підсилення та реконструкції зрівнюються з чотирма основними нового будівництва: спорудження металевої опори (варіанти 3 та 4) та заміна металевої опори з гнучкою поперечною залізобетонною з жорсткою поперечною (варіанти 1 та 2). Зрівняння виконане з застосуванням діючих норм на виконання робіт за трудомісткістю (як більш стабільний показник ніж вартість). У наведеній порівняльній таблиці трудомісткості робіт з спорудження, ремонту або підсилення однієї металевої опори контактної мережі наведені наступні варіанти.

Варіанти 5, 6, 7 – це варіанти, що пропонуються для втілення. Їх суть полягає в тому, що основне підсилення стосується не всієї опори, а тільки опорного вузла на висоту 60...90 см (саме тут зафіксовано значний відсоток корозії – до 75...90 %). При цьому розглянуто варіанти простого захисту опорного вузла від подальшої корозії шляхом очистки від корозії та запилення його покриттям з алюмінію або цинку безпосередньо на місці (при корозії до 20 %) або шляхом заміни опорного вузла новим (при корозії більше 40 %), виготовленим у майстернях. Всі три варіанти практично відновлюють первинну працездатність опори і продовжують строк її експлуатації не менше ніж на 30...45 років.

Два останні варіанти (8, 9) були рекомендовані раніше для підсилення шляхом установки відтяжок або затяжок і хоча вони в якійсь мірі вирішують проблему підсилення, але не направлені на продовження строку експлуатації, оскільки опорний вузол залишається у тому ж стані яким він був до підсилення.

## ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА БЕТОННОГО ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ НА ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Доронина В. О.

(Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, г. Луганск)

Технология устройства монолитного дорожного покрытия из цементобетона в зависимости от температурно-влажностных условий имеет свои особенности. Практически ни одна технологическая операция не в состоянии самостоятельно обеспечить заданный уровень свойств дорожного бетона, укладываемого в летний период. Получение дорожного цементобетона с заданными свойствами возможно путем целенаправленного управления

комплексом технологических операций изготовления дорожного покрытия. Конечные свойства дорожного бетона, уложенного в условиях повышенных температур, обеспечиваются полным комплексом этих операций с учетом их взаимного соответствия свойствам исходных материалов и условиям бетонирования.

Актуальность исследований определяется высокой технико-экономической эффективностью и социальной значимостью предлагаемого пути решения данной задачи.

Целью исследований является разработка основ технологии дорожного цементобетона в условиях повышенных температур путем совершенствования параметров производства, составов и свойств бетона, а также режимов ухода за уложенным бетоном.

На основе предварительных теоретических исследований и натурных наблюдений сформулирована гипотеза исследования:

- эксплуатационные свойства дорожного цементобетона, уложенного в условиях повышенных температур, определяются не отдельными производственными операциями, а их полным комплексом, который должен отличаться сочетаемостью смежных операций общего технологического процесса как единого объекта управления;

- оптимальный технологический процесс подчиняется принципу взаимного соответствия составных операций дорожного бетонирования и их конгруэнтности условиям производства. При этом технико-экономическая эффективность процесса бетонирования определяется всей совокупностью выбранных технологических параметров, оптимальных в конкретных условиях эксплуатации дорожного бетонного покрытия;

- получение дорожного цементобетона в условиях повышенных температур с заданным уровнем проектных свойств при наименьшей себестоимости производства работ возможно в результате целенаправленного управления технологическим процессом бетонирования.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы проводится комплекс физико-химических исследований процессов структурообразования цементной матрицы дорожного бетона, твердеющего в естественных условиях повышенных температур.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТРУБ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОГО БЕТОНА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Пилипенко В. Н.

(Донбасская национальная академия строительства и архитектуры)

Развитие дорожного строительства Украины связано с увеличением потребности в малонапорных и безнапорных трубах, а также дорожных кольцах. В настоящее время широко применяются стальные и особенно железобетонные трубы, причем, в таких коммуникациях, где могут быть использованы менее ресурсоемкие – бетонные малонапорные и безнапорные трубы.

Производство высокопрочных осе симметричных неармированных изделий связано, в первую очередь, с максимальным использованием потенциальных вяжущих свойств цемента, заполнителей и бетона, обусловливаемых степенью их уплотнения и отжатия избыточной воды затворения, а также вовлеченного воздуха.

Получение высокоэффективных бетонных труб возможно путем модифицирования структуры цементной матрицы бетона, вследствие чего прогнозируется изменение кинетики нарастания физических свойств и конечных значений прочности бетона.

Возможность образования и сохранения устойчивых контактов между частицами модифицированного вяжущего зависит, в первую очередь, от свойств поверхностей этих частиц, природы сил и особенно их дальнего действия. При оптимальном сближении частиц

сила сцепления в контактах между ними будет достаточно высокой, что исключает седиментацию частиц под действием силы гравитационного поля и разрушение структурной сетки в результате участия частиц в тепловом броуновском движении.

Целью исследований является разработка технологии виброударного прессования, в процессе которого производится удаление избыточной воды из бетонной смеси.

Разрабатываемая технология позволяет совместить в одном процессе укладку, уплотнение и модифицирование бетонной смеси и бетона; обеспечить высокую точность геометрических размеров формуемых изделий, а также немедленную распалубку изделий, что переводит технологию в разряд металло-сберегающих.

Эти предпосылки с высокой степенью точности подтверждаются экспериментами. Виброударные взаимодействия имеют определенную специфику по сравнению с актом единичного удара, причем соударение прессующего органа и столба бетонной смеси происходит в возбужденной системе, обладающей запасом энергии, которая может накапливаться от удара к удару, вызывая развитие процесса гиперуплотнения смеси.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Пунагин В. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Применение литых бетонных смесей эффективно при возведении густоармированных сооружений, имеющих степень армирования более 0,6%, при подаче бетонной смеси по трубопроводу к местам бетонирования. В этих случаях рационально производство работ мелкозернистыми бетонными смесями. Литьевого бетонирования позволяет полностью исключить ручной труд на операциях распределения и уплотнения бетонной смеси. Однако известно, что приготовление литых бетонных смесей связано со значительным повышением расхода цемента, что увеличивает себестоимость бетонных работ. При этом избыточная часть цемента, по существу, исполняет роль пластификатора. Более того, увеличение расхода цемента снижает строительные свойства бетона, что особенно опасно в экстремальных условиях, так как вызывает значительные объемные деформации бетона, повышает собственные напряжения, сопровождающиеся трещинообразованием и снижением долговечности сооружений и конструкций.

Традиционные технологии бетонирования, по существу, не способны преодолеть существующее противоречие между прочностью бетона и вязкостью бетонной смеси. Применение различных, в том числе комплексных, добавок лишь частично улучшает положение. Как известно, с увеличением степени пластификации снижается прочность бетона. Следовательно, применение химических добавок не способствует кардинальному решению технологической проблемы получения высокопрочных и высокоплотных изделий.

Получение литых бетонных смесей с относительно невысоким водоцементным отношением возможно применением высокоинтенсивной физико-химической активации вяжущего. Значительное повышение степени удобоперекачиваемости и подвижности бетонной смеси обеспечивается за счет специальной совместной обработки органической добавки и минерального микронаполнителя, в результате чего достигается эффект суперпластификации. При этом, как установлено экспериментально, практически исключается развитие усадочных деформаций в твердеющем бетоне.

Производство работ при возведении массивных сооружений осложняется необходимостью перекачивания бетонных смесей на большие расстояния. С целью определения

возможности применения литых мелкозернистых бетонных смесей для таких целей исследованы реологические свойства смесей различных составов. Опыты проводились с бетонными смесями традиционного приготовления и на активированном вяжущем.

Бетонные смеси, приготавливаемые по разработанной технологии, могут применяться при напорном бетонировании монолитных сооружений, имеющем преимущества перед другими известными способами по непрерывности и высокой интенсивности укладки бетонной смеси.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОБВОДНЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СООРУЖЕНИЙ

Руденко Д. В.

(Востоchnoукраинский национальный университет им. В. Даля, г. Луганск)

При восстановлении гидроизоляционных и несущих способностей конструкций помещений, находящихся ниже уровня чистого пола, особое внимание уделяется исключению формирования флюидопроявляющих каналов. Формирование таких каналов возможно как на ранней стадии твердения цементно-песчаного раствора, инъецированного в трещины и макропоры, так и в более поздний период вследствие контракции цементного камня.

Целью исследований является получение бетонных смесей для проведения ремонтно-восстановительных работ на сооружениях специального назначения без выведения их из эксплуатации.

Как показали проведенные исследования, основной причиной обводненности помещений, расположенных ниже нулевой отметки, является недостаточная изолирующая способность наносимого водонепроницаемого слоя из цементно-песчаного раствора. Кроме того, к таким растворам предъявляются как технологические требования (сроки схватывания, двухсуточная прочность), так и специфические требования: высокая седиментационная устойчивость, а также отсутствие деструктивных процессов во время эксплуатации.

Улучшение физико-механических и гидроизоляционных характеристик ремонтных модифицированных бетонов непосредственно связано с влиянием полимерных модифицирующих компонентов, их структурообразованием в водном растворе на формирование структуры цементной матрицы.

Процесс формирования структуры ремонтных модифицированных бетонных смесей состоит из трех стадий, первая из которых включает образование капиллярно-пористой структуры до схватывания бетонной смеси. При этом большое влияние на характер будущей структуры оказывают процессы седиментации и фильтрации или обезвоживания. Вторая стадия является начальной стадией твердения, определяемой условиями твердения, третья стадия – начало эксплуатации отремонтированной конструкции. Основы структуры модифицированного материала закладываются на первой стадии.

Высокие физико-механические показатели и гидроизоляционные свойства разработанных модифицированных бетонных смесей позволяют рекомендовать их при проведении ремонтно-восстановительных работ на промышленных предприятиях, отличающихся высокой степенью агрессивного воздействия на железобетонные конструкции зданий и сооружений.

## АНАЛИЗ И ОБОСНОВАНИЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМЫ «ГРУНТОВЫЙ МАССИВ–СВАЙНЫЙ ФУНДАМЕНТ»

Тютюкин А. Л., Гулак А. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The conducted comparative analysis of finite-element models of pile foundation allowed defining most adequate to the real terms

Для учета взаимодействия системы «свайный фундамент–грунтовой массив» необходимо максимально точно создать расчетную модель, которая должна учитывать как геометрические характеристики конструкции фундамента, так и деформационные свойства грунта или грунтов, в случае если грунтовой массив представлен несколькими видами и слоями грунтов.

Расчетная модель чаще всего создается на основе методов расчета, реализованных на ЭВМ, либо так называемых «ручных расчетов». Методы расчётов, базирующиеся на ЭВМ, представлены в виде программных расчетных комплексов, например на основе метода конечных элементов, таких как SCAD, ЛИРА, NASTRAN, PLAXIS и других. Для выполнения «ручных» расчетов используются проверенные опытом и временем методики СНиПов и ДБНов.

Решение задачи взаимодействия грунта и фундамента может быть представлено несколькими вариантами, то есть следует разделить задачи в пространственной и плоской постановке (квазипространственные). Необходимо отметить, что задачи в пространственной постановке крайне сложны по своей сути для применения расчетов методом нормативных норм и правил, так как использование такой постановки подразумевает оперирование напряжениями, а расчёт по ДБН требует получения моментов и нормальных сил. Во многих случаях, например, большая площадь ростверка, неоднородность грунтового массива, также крайне сложно свести объемную задачу в квазипространственную.

На основании простейшего свайного фундамента необходимо рассмотреть все возможные варианты моделей и провести их сравнительный анализ. Рассматриваются следующие варианты: вариант №1 – модель полностью создана на основе пластин; вариант №2 – модель пластинчатая, сваи заданы стержнями; вариант №3 – ростверк создан на основе пластин, сваи и окружающий их грунт – стержни; вариант №4 – ростверк и сваи – пластины, грунт задан в виде стержней; вариант №5 – модель полностью создана на основе стержней; вариант №6 – ростверк и сваи созданы из стержней, окружающий их грунт – пластины; вариант №7 – ростверк создан из стержней, сваи и окружающий их грунт – пластины; вариант №8 – ростверк и грунт – из стержней, сваи – пластины; вариант №9 – модель полностью создана на основе объемных элементов.

До начала математического моделирования можно указать на некоторые недостатки будущих моделей. Основной сложностью является задание характеристик грунта для конечного элемента. Проблема в том, что на практике встречается большое число видов грунта, и, соответственно, его характеристик, то есть все модели отмечены высокой степенью идеализации. Во многих случаях невозможно использовать значения результатов расчета для практического применения.

После проведенного численного анализа можно сделать следующие выводы.

Вариант №1. По распределению полей деформаций можно отметить то, что в данной модели произошла совместная работа фундамента и грунтового массива; грунт, который находится между сваями переместился вместе со сваями, что свидетельствует об их совместной работе; поле напряжений показало, что с глубиной нормальные напряжения в сваях уменьшаются; в грунтовой массиве в целом сохраняются нормальные напряжения в



целом однородно; по полям  $NX$  можно судить о том, что сваи принимают на себя основную полезную нагрузку, передают ее на грунт, но видимо, из-за деформаций последнего, напряжения в массиве значительно уменьшаются.

Вариант №2. Свайный фундамент также работает совместно с грунтовым массивом; очень четко прослеживается уменьшение продольной силы  $N$  в сваях с увеличением глубины; очевидно, боковая поверхность сваи взаимодействует с грунтом, поэтому часть напряжений с увеличением глубины теряется; сам грунтовый массив находится в напряжении одного порядка, видимо это можно объяснить значительными перемещениями, которые возможны в грунте.

Вариант №3. Третий вариант реализовать не удалось, грунтовый массив некорректно заменять стержневыми конечными элементами. Грунтовый массив, заданный стержнями, ведет себя неадекватно. Взаимодействия внутри массива некорректны. Дальнейшая обработка варианта не имеет смысла. То же касается и Варианта №4.

Вариант №5. Расчет получен, но результаты непредсказуемы; грунт нельзя задавать в стержневом виде.

Вариант №6. Концентрация напряжений произошла в месте основания сваи; общее поле деформаций выглядит непредсказуемо; метод неудачный.

Вариант №7. Ростверк нежелательно задавать стержнями.

Лишь первая и вторая конечно-элементные модели дали удовлетворительные результаты. Результаты расчета правдоподобны и очевидно, взаимодействие свайного фундамента и грунтового массива происходит адекватно реальному взаимодействию.

## ВРАХУВАННЯ НЕЛІНІЙНОСТЕЙ ТА ПРИЄДНАНИХ МАС ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ СТАНЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Тютюкін О. Л.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

In the article the results of modal analysis of the columnar station taking into account nonlinear properties of soil that added the masses of surrounding massif are represented.

Складність поведінки споруд станцій і грунтового масиву при динамічних навантаженнях істотно вище ніж при статичних, причому в розрахунках напружено-деформованого стану цієї системи вимагається оцінювати вплив багатьох факторів, які не враховуються в статичних розрахунках. Неврахування в'язкого тертя, наприклад, приводить до того, що коливання стають незатухаючими, що не відповідає реальній картині коливань станційних конструкцій. Коректне завдання в'язкого тертя (демпфірування) дуже важливе для отримання адекватного відгуку конструкції.

Аналіз форм власних коливань свідчить про те, що форми 4-8 є згинальними, причому конструкція станції працює як одне ціле; форми 2 і 3 є зсуваючими конструкцію паралельно початковому стану статичної рівноваги: 2 форма – вздовж вертикальної осі, 3 форма – вздовж горизонтальної осі; 1 форма (основний тон власних коливань) – є крутильною, тобто конструкція на цій частоті повертається навколо свого центру, дещо згинаючись. Форми 1 та 5 є кососиметричними, тобто при застосуванні СЕ-моделі половини станційної конструкції вони б випали із модального аналізу і основним тоном конструкції була б частота 2,05 Гц.

В моделі для динамічного аналізу відтворено частину станційної конструкції, яка повторюється, і результати розрахунків мають високу точність. Важливу задачу при динамічному аналізі становить з'ясування впливу приєднаних мас оточуючого масиву, які

значно зменшують частоту власних коливань станційної конструкції. Для цього дослідження розроблені ще п'ять СЕ-моделей, в яких поступово по 2 метри забирається шар ґрунту над склепінням, причому в останній моделі станційна конструкція стоїть на основі без верхніх та бокових приєднаних мас ґрунту.

Отримані форми за основним тоном всіх СЕ-моделей, окрім моделі без приєднаних мас, якісно практично ідентичні, причому кількісно змінюється лише частота. Із цього можна зробити висновок, що наявність приєднаних мас з боків станційної конструкції впливає на форму власних коливань, а наявність приєднаних мас зверху над шелигою склепіння впливає на частоту цих коливань.

Бокові приєднані маси при зміні шару ґрунту над станцією зберігають форму коливань, що видно із значної зміни кососиметричних коливань всіх моделей із боковими масами на відміну від симетричних коливань моделі без приєднаних мас, в якій, після збільшення частоти в залежності від ґрунту над склепінням, вона зменшилася до значення в 2,19 Гц.

Апроксимовані залежності форм власних коливань від товщини ґрунту над склепінням мають характер поліному другого порядку. Але це не доводить, що всі форми власних коливань мають між собою якусь єдину закономірність, так як за законом ортогональності форм власних коливань, їх між собою порівнювати не можна. Отримані закономірності можна побудувати і для інших форм, але вже проаналізовані графіки дають змогу свідчити, що частоти власних коливань в залежності від товщини ґрунту над склепінням станційної конструкції змінюються по поліному другого порядку, а ступінь апроксимації  $R^2$  практично дорівнює одиниці ( $R^2=0,977\dots0,999$ ), тобто отримані залежності є функціональними.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАПРОВАДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ВИРОБНИЦТВА ГАБІОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Горбатюк Ю. М., Євін І. М., Яковлев С. О., Шевчук О. П.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Одним з найбільш складних процесів на залізничному транспорті є організація берегукріплювальних робіт традиційними засобами по захисту земель, порушених водною ерозією і споруд в гідротехнічному будівництві.

Досить часто для виконання подібних завдань залучаються підрозділи Держспецтрансслужби, так як виходячи з питань ліквідації наслідків стихійного лиха підрозділи Державної спеціальної служби транспорту, відповідно до Положення про Державну спеціальну службу транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України, повинні приймати участь в ліквідації наслідків катастроф природного, техногенного та воєнного характеру.

Тому предметом роботи є доцільність запровадження, на базі структурних підрозділів Державної спеціальної служби транспорту, комплексного виробництва габіонних конструкцій. Мета роботи є розробка техніко-економічного обґрунтування комплексного виробництва габіонних конструкцій.

Використання цих конструкцій є економічнішим і надійнішим засобом з ряду причин, серед яких найважливішими є:

- високий опір динамічним і статичним навантаженням, міцність елементів і граней;
- корозійна стійкість до дії води і атмосферних явищ;
- проникність і пористість конструкції, що забезпечує дренажування зворотної засипки і виключає додаткові витрати на влаштування дренажу;

- гнучкість, яка дає можливість габійній структурі заповнювати невеликі деформації у ґрунті без руйнування споруд;
- простота будівництва і мінімальні обсяги робіт, пов'язаних з підготовкою основи (потрібно просто вирівнювати поверхню);
- низькі експлуатаційні витрати.

Виходячи з місць розташування підрозділів Держспецтрансслужби та завдань з виконання Державної цільової програми комплексного протипаводкового захисту в басейнах річок Дністра, Пруту та Сірету, пріоритетне значення у виконанні цих заходів по будівництву нових і реконструкції існуючих дамб, берегоукріпленню та регулюванню русел річок з використанням габійних конструкцій, зібраних або виготовлених на базі підрозділів Державної спеціальної служби транспорту, слід надати підрозділам, розташованим у західних регіонах країни,

В ході роботи рекомендовано перелік та типи габійних конструкцій, надані рекомендації по виготовленню самостійно геоблоків та печатного бетону на базі 26 оз, та застосування результатів виробництва самими підрозділами під час виконання навчально-практичних робіт об'єднаними загонами. Це має велику практичну значущість для Держспецтрансслужби: скорочення витрат структурними підрозділами Держспецтрансслужби при підготовці, а також в ході виконання завдань по захисту земель, порушених водною ерозією і споруд в гідротехнічному будівництві. Прогнозовані пропозиції знайдуть впровадження при успішному входженні в ринок застосування габійних конструкцій.

## ПРИМЕНЕНИЕ УТОЧНЕННОЙ ТЕОРИИ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ К ДИНАМИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ БАЛОЧНЫХ МОСТОВ

Распопов А. С., Чернышенко С. А.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

На основе уточненной теории изгибных колебаний континуальных балок получены ассоциированные матрицы и разработана методика их применения к расчету свободных и вынужденных колебаний балочных конструкций с учетом инерции вращения, деформации сдвига, продольных сил.

Для получения матрицы влияния начальных параметров используются дифференциальные уравнения Тимошенко для свободных изгибных колебаний с учетом перерезывающих сил и инерции вращения распределенной массы, а также дифференциальные уравнения для стержня, сжатого по концам постоянными продольными силами. Установлено, что возможным состояниям стержня при однородных граничных условиях соответствуют частотные определители из миноров 2-го порядка матрицы влияния начальных параметров, которые могут быть представлены в составе двумерной ассоциированной матрицы шестого порядка. Подробно анализируются элементы ассоциированной матрицы, а также порядок их расположения в зависимости от кодов начальных и концевых граничных параметров стержня.

Выполнен численный анализ спектра частот неразрезных и пересекающихся балок. Дана оценка влияния на величины частот свободных колебаний инерции вращения, деформации сдвига, продольных сил, количества промежуточных опор, балок каждого из направлений. Найдены условия, при которых учет перечисленных факторов существенно влияет на значения собственных частот колебаний. Для пересекающихся многопролетных балок составлены графики, устранивающие необходимость большого количества предварительных вычислений.

Сформулированы общие правила построения ассоциированных матриц участка балки с произвольным силовым или кинематическим внешним воздействием. Полученные кодированные матрицы содержат все возможные состояния колеблющегося стержня и позволяют использовать их для составления уравнений вынужденных колебаний сложных систем путем разделения их на простые части. Разработан алгоритм расчета вынужденных колебаний таких систем, позволяющий определить неизвестные начальные параметры в любом сечении балки.

Сформированы также соответствующие ассоциированные матрицы участка балки, учитывающие влияние сопротивлений. Используются основные положения и зависимости, полученные ранее для случая собственных колебаний без учета сопротивлений. При этом амплитуды силовых и кинематических параметров являются комплексными. Приведены примеры расчета установившихся вынужденных колебаний диссипативных стержневых систем с распределенными параметрами.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ДИНАМІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ СТЕРЖНЕВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ДИНАМІКИ ТВЕРДОГО ТІЛА

Распопов О. С., Артьомов В. Є., Русу С. П.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

В роботі розглянуті особливості моделювання просторової динаміки стержневих систем в об'єктно-орієнтованому середовищі Delphi та спеціально створеному програмному комплексі Belinda.

Динамічний розрахунок просторової стержневої системи в програмному комплексі виконується з використанням методу скінчених елементів та загальних рівнянь динаміки твердого тіла. Метод скінчених елементів в формі методу переміщень застосовується для проведення статичного розрахунку пружної стержневої системи на кожному кроці інтегрування.

Формування загальної матриці жорсткості виконується без її редуціювання, а кінематичні закріплення враховуються через обнуління елементів відповідних строк та стовпців з розміщенням на їх перетині одиниці. Таким чином усувається виродженість матриці піддатливості в динамічному розрахунку, коли всі невідомі методу переміщень отримуються як рішення системи рівнянь руху. Довільна орієнтація стержневого елементу конструкції враховується відповідною матрицею повороту, алгоритм формування якої співпадає з рішеннями програмного комплексу Autodesk Robot Structural Analysis Professional, що підтверджується тестовими розрахунками.

Дисипативні властивості конструкції враховуються в програмному комплексі силами в'язкого та сухого тертя. Під час розрахунку сили в'язкого тертя автоматично прикладаються до всіх вузлів конструкції, а сили сухого тертя – тільки до визначених вузлів. Для розрахунку прогонових будов мостів такими вузлами є місця опорних кріплень конструкції.

Модель рухомого навантаження реалізована у вигляді групи узагальнених гармонійних силових факторів, які характеризуються амплітудним значенням, частотою, початковим положенням та швидкістю руху. Умови впливу навантаження на конструкцію описуються спеціалізованими об'єктами – контактами, які об'єднуються в контактні групи. В загальному випадку, кількість одиниць рухомого навантаження та контактів обмежена тільки пам'яттю комп'ютера.

Програмний комплекс Belinda був задіяний для розрахунку різних типів будівельних конструкцій та систем, в тому числі балкових прогонових будов залізничних мостів, і ви-

явив достатню стабільність та зручність роботи на сучасних персональних комп'ютерах. Тривалість динамічного розрахунку для простих систем (наприклад, проста балка з невеликою кількістю мас) складає близько десяти хвилин, для більш складних, в тому числі просторових стержневих конструкцій – коливається від десятків хвилин до кількох годин. Подальше удосконалення комплексу полягатиме у введенні різних видів динамічного навантаження, нових типів скінчених елементів, оптимізації алгоритмів розрахунку.

Секция 8  
«Экологическая безопасность»

АДСОРБЦІЙНЕ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ВІД НАФТОПРОДУКТІВ  
АКТИВНИМИ ВУГІЛЛЯМИ РІЗНИХ МАРОК

Яришкіна Л. О., Авраменко І. О. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ),  
Шевченко Л. В. (Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара)

Одним з основних забруднювачів поверхневих вод в межах дії Придніпровської та Одеської залізниць є нафтопродукти. Постійний вміст нафтопродуктів у воді обумовлено їхнім антропогенним надходженням у результаті господарської діяльності підприємств і портів, втратами під час проведення вантажно-розвантажувальних операцій, виносом нафтопродуктів у річки стічними водами, викидом неочищених баластових вод, а також аварійними витокami під час транспортування нафтопродуктів.

Одним з перспективних методів очищення морської води від нафтопродуктів є адсорбційне очищення, що використовується для збору плаваючої нафти (нафтових плівок) і видалення з води диспергованої нафти й нафтопродуктів за допомогою спеціально синтезованих сорбентів. В основу методу адсорбційного очищення покладена висока поглинальна здатність різних сорбентів стосовно нафтопродуктів. Відомо, що якість очищення води від залишків розчинених нафтопродуктів визначається головним чином адсорбційними властивостями застосовуваного адсорбенту, так що завдання правильного вибору конкретної марки адсорбенту є визначальним для оптимізації всього процесу очищення й тому вона повинна вирішуватися з врахуванням сучасних теоретичних основ в області адсорбції з водних розчинів.

Теорія адсорбції розчинених органічних речовин з водних розчинів, у значній мірі розроблена А.М. Когановским, далеко виходить за рамки класичної теорії адсорбції газів і пар. Насамперед при аналізі адсорбції розчинених речовин варто враховувати явище гідратації й пов'язану з ним розчинність органічного компонента. Необхідно також виходити з того, що при контакті адсорбенту із багатокомпонентною системою – розведеним розчином не існує вільної поверхні твердого тіла. Вся вона взаємодіє з молекулами речовин, що присутні у розчині, і лише взаємне витиснення молекул компонентів розчину, що розрізняються енергією взаємодії з атомами поверхні, приводить до виборчої адсорбції одного з компонентів, тобто до мети будь-якого адсорбційного технологічного процесу.

Такий характер адсорбції розчинених речовин дозволив сформулювати основну вимогу до хімічної природи адсорбенту, призначеного для витягу органічних речовин з водних розчинів: енергія взаємодії адсорбенту з молекулами розчинника – води повинна бути як можна меншою, а енергія взаємодії адсорбенту з молекулами речовини, що витягається, як можна більшою. Цій вимозі найкраще відповідають вуглецеві матеріали, і тому активні вугілля є найбільш ефективними адсорбентами органічних речовин з води, хоча в літературі є дані про застосування для цієї мети й інших спеціальних нафтопоглинаючих адсорбентів, наприклад, гідрофобізованого перліту і біовуглецевих матеріалів.

Оскільки в Україні на сьогоднішній день відсутнє стабільне працююче власне виробництво активного вугілля, на практиці у вітчизняних технологіях очищення стічних вод звичайно використовують імпортовані гранульовані активні вугілля марки Filtrasorb виробництва фірми Chemviron і Silcarbon виробництва фірми Silcarbon Aktivkohle, які відрізняються високими адсорбційними й механічними властивостями. Порівнянню поглинальної здатності активних вугілля різних марок присвячена значна кількість робіт, у яких були наведені результати дослідження адсорбційних властивостей активних вугілля закордонного, у тому числі російського, і вітчизняного виробництва. Наскільки нам відомо, такі дослі-

дження головним чином були проведені на модельних системах, що включають дистильовану або водопровідну (річкову) воду й органічну речовину. Оскільки мінеральний склад водного розчину впливає на адсорбцію органічних речовин, механічний перенос результатів зазначених досліджень на адсорбцію цих речовин з морської води представляється недостатньо обґрунтованим.

У цьому зв'язку нами розпочато систематичні дослідження з адсорбції нафти й нафтопродуктів з води Одеської затоки. На першому етапі як адсорбенти були використані активні вугілля марки Filtrasorb F-300 і Silcarbon K835 і ДО814. Дослідження проводили при температурі 25 °С на модельних системах – дисперсіях бензина та дизельного палива у морській воді. Концентрація нафтопродуктів в модельних системах змінювалася від 0,001 до 0,05 %. Для всіх досліджених адсорбентів був визначений час встановлення адсорбційної рівноваги, а також вивчені й проаналізовані ізотерми адсорбції й знайдені константи адсорбційної рівноваги. На підставі отриманих результатів був проведений термодинамічний аналіз процесу адсорбції й розраховані величини зміни основних термодинамічних функцій  $-\Delta G^\circ$ ,  $\Delta H^\circ$  і  $\Delta S^\circ$  у процесі адсорбції нафтопродуктів з морської води.

Як відомо, раціональне застосування адсорбційної технології для очищення водних розчинів залежить насамперед від того, наскільки добре адсорбуються речовини, що підлягають видаленню, і, як наслідок цього, від того, наскільки велика питома витрата адсорбенту на одиницю об'єму води, що підлягає очищенню.

Питома витрата адсорбенту на одиницю об'єму води, що очищається визначається насамперед величиною гранично-адсорбційного об'єму адсорбенту, а також значеннями логарифма константи розчинності і вхідної концентрації даної речовини. Доза активного вугілля, необхідна для видалення нафтопродуктів з води, зменшується з ростом константи розчинності та збільшується з ростом вихідної концентрації нафтопродукту і розчинністю неіонізованої речовини.

Для характеристики тривалості роботи адсорбційного фільтра доцільно використовувати величину часу захисної дії, або часу роботи шару адсорбенту до проскакування речовини, що адсорбується у фільтрат. Це значення залежить від висоти шару адсорбенту.

Таким чином, отримані результати можна використовувати при проектуванні і розрахунку конкретних адсорбційних фільтрів, призначених для видалення нафти й нафтопродуктів з морської води. При порівняно невеликих обсягах води, що підлягає очищенню, та невисоких концентраціях у ній нафтопродуктів доцільно використовувати адсорбційні фільтри з безперервним шаром адсорбенту, а при очищенні водних акваторій від плаваючої нафти – активне вугілля варто використовувати як наповнювач спеціальних нафтопоглинальних матів або бон.

## ПОПЕРЕДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ОБРОСТАННЯ СИСТЕМ ЗВОРОТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Васильєва С. В., Щербина С. О. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ),  
Алексєнко Н. В. (Дніпропетровська державна медична академія, м. Дніпропетровськ)

Розвиток залізобактерій в системах зворотного водопостачання підприємств залізничного транспорту призводить до погіршення якості води, збільшення гідравлічного опору трубопроводів. Життєдіяльність залізобактерій, а також мікроорганізмів, які розвиваються в утворених залізобактеріями обростаннях та відкладеннях (особливо сульфатпоновлюючі бактерії) є одною з причин біологічної корозії металевих трубопроводів та споруд.

Відомо, що при експлуатації систем зворотного водопостачання з використанням прісної води поверхневих водойм, в яких у більшості випадків присутнє залізо ( $\text{Fe}^{3+}$ ), від-

бувається біологічне обростання колоніями залізобактерій родів *Leptothrix ochracea*, *Leptothrix crassa*, *Crenotrix* та інші. Особливо інтенсивно біообростання відбувається в теплообмінній апаратурі та градирнях вже тоді, коли концентрація розчиненого кисню у воді є мінімальною (0,15-0,2 мг/л); залізобактерії використовують не тільки природні солі заліза, але й ті, що утворились в результаті електрохімічної корозії трубопроводів. Біологічні обростання приводять до зниження коефіцієнту теплопередачі теплообмінників, що потребує їх періодичної зупинки та хімічного або механічного очищення.

В даній роботі наведені результати перевірки екологічно чистого способу попередження біологічного обростання систем зворотного водопостачання підприємств.

Для проведення дослідження використовувалась вода р. Дніпро. Введення у воду окислювача - перекису водню приводить до окислення розчиненого заліза і таким чином залізобактерії втрачають продукти, необхідні для життєдіяльності.

Для проведення дослідження відбирали проби об'ємом 1 літр річкової води, в які дозувалась різна кількість перекису водню в межах від 0,02 до 0,1 мг/л. Концентрацію заліза у воді визначали колориметричним методом. При додаванні перекису водню в концентрації до 0,1 мг/л вміст двохвалентного заліза знижується з 0,15 до 0,02 мг/л. Для визначення кількості залізобактерій на поверхні металу в кожну ємність поміщали по 5 зразків металу, які попередньо було оброблено згідно з методиками. Після проходження певного проміжку часу зразки видаляли та брали пробу з поверхні. Кількість мікроорганізмів підраховували за допомогою мікроскопу з імерсійним об'єктивом у полі зору мікроскопу.

Після проведення даного дослідження можна зробити висновки, що дозування перекису водню у незначних кількостях попереджує обростання залізобактеріями металевих поверхонь; найменша кількість залізобактерій на одиницю площі зразку була виявлена при концентрації перекису водню 0,1 мг/л.

## РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕГЕНЕРАЦІЇ ПОТОКІВ

Шейніна Н. К., Романенко Є. П., Багрій В. М.  
(ДНУЗТ, м.Дніпропетровськ)

Вода широко використовується для різноманітних потреб у промисловості внаслідок її фізико-хімічних властивостей і відносно низької вартості. Обмеження, що вводяться, на споживання свіжої води збільшують необхідність у раціональному її використанні. Внаслідок жорсткості санітарних норм зростає вартість схем очищення стічних вод. У зв'язку з цим очевидна необхідність впровадження ефективних методик проектування й оптимізації схем промислового водоспоживання для залізничних підприємств (ПВЗП).

Серед найпоширеніших прийомів зниження об'ємів ПВЗП назовемо наступні:

1. Внесення змін у технологію (наприклад, заміна водяних теплообмінників повітряними холодильниками). Такий підхід, безумовно, ефективний з погляду економії води, але може виявитися економічно не вигідним через необхідність значних капітальних витрат.

2. Повторне використання відпрацьованої води. Стічна вода процесу (апарата) А може бути безпосередньо (без попереднього очищення) використана в процесі (апараті) Б, якщо концентрація вже наявного у воді забруднювача нижче робочої концентрації даного забруднювача в процесі Б. У протилежному випадку необхідно її розведення чистою водою або стічною водою іншого процесу (з меншою концентрацією). У цьому випадку водна економія досягається за рахунок "внутрішніх резервів" хіміко-технологічної системи (ХТС).



Повторне використання води, однак, нераціонально для ХТС, що характеризуються жорсткими вимогами до якості води на вході апаратів (наприклад, у гальваніці).

Повторне використання води з регенерацією передбачає накопичення забруднювача в повторно використовуваній воді, яке усувається в цьому випадку частковим або повним її очищенням. Як і в попередньому випадку, частково регенерована вода може розбавлятися свіжою водою або стічною водою іншої ланки з меншою концентрацією забруднювача.

Описаний підхід передбачає спільний розгляд у процесі проектування підсистем водоспоживання й водоочищення ХТС, з метою формування єдиної оптимальної системи споживання води в ХТС. Оптимальна конфігурація схеми ПВЗП, включаючи можливості щодо регенерації й повторного використання води, визначається за вартісним критерієм. При розробці схеми виходять із неприпустимості фундаментальних змін у технології.

Запропонований підхід до проектування схем ПВЗП складається з наступних етапів:

1. Підготовка вихідних даних. На даному етапі повинен бути отриманий коректний опис завдання синтезу, включаючи можливості регенерації й повторного використання води. Суть етапу у визначенні місць технологічної системи, де регенерація або повторне використання можливе й доцільно.

2. Вибір процесів очищення на основі економічного критерію

3. Формування узагальненої схеми ПВЗП із наступним записом і рішенням завдання математичного програмування.

4. Інтерпретація отриманих результатів, побудова оптимальної схеми ПВЗП.

Як приклад для дослідження можливостей запропонованої стратегії проектування використовувалася ПВЗП локомотивного депо. Схема містить сім апаратів, що використовують воду, забезпечується водою трьох зовнішніх джерел (у т.ч. двох джерел свіжої води й одного - технічної). У системі присутні три групи забруднюючих домішок: вуглеводні, зважені, неорганічні солі.

У порівнянні з вихідною схемою, споживання свіжої води може бути зменшене з 63 м<sup>3</sup>/год до 36 м<sup>3</sup>/год, що дає більше 40% економії води.

## ВИКОРИСТАННЯ ФЛОКУЛЯНТІВ В ПРОЦЕСАХ ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ В СИСТЕМАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Щербина С. О., Лобова О. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Флокулянти – це водорозчинні високомолекулярні сполуки, які при введенні в дисперсні системи адсорбують або хімічно зв'язуються з поверхнею часток дисперсної фази й поєднують частки в агломерати, сприяючи їх швидкому осадженню. Історія застосування високомолекулярних речовин для очищення рідин від зважених домішок іде своїми коріннями в глибоку стародавність.

Дійсно широке застосування флокулянти одержали із середини 50-х років ХХ - сторіччя у зв'язку з необхідністю очищення великих обсягів природних та стічних вод і модернізації технологічних процесів, пов'язаних з розподілом твердих і рідких фаз. Коли попит у флокулянтах не міг більше задовольнятися природними полімерами, почалося впровадження органічних штучних і частіше синтетичних полімерів. Серед синтетичних полімерів найбільше поширення й застосування одержала група поліакріламідних флокулянтів.

Застосування флокулянтів особливо ефективно при низьких температурах води, що очищається, і знижених значеннях рН.

Флокулянти можуть застосовуватися самостійно й разом з коагулянтами. Самостійно вони застосовуються при зневоднюванні осадів стічних вод фільтруванням і центрифугуванням, а також при ущільненні опадів на мулових майданчиках.

Поряд з підвищенням ефективності очищення від органічних і мінеральних речовин, видаляються розчинні фосфати, полегшується наступне очищення стічних вод у біофільтрах, фільтрах із завантаженням із піску або іонообмінних матеріалів, адсорберах з активним вугіллям. Важливою особливістю технології застосування флокулянтів є приготування й дозування робочих розчинів. Флокулянти виробляються у вигляді порошків, гелів і високов'язких рідин. З них готують робочі розчини, концентрація яких визначається дозою реагенту, його добовою витратою й продуктивністю очисної установи. Звичайно використовують 0,25 -1 %-ні розчини, які під час дозування розбавляють до 0,02 -0,1%-них.

Ефективність застосування флокулянтів залежить від умов і місця введення їх у дисперсійне середовище, а також від природи даного середовища. При цьому повинне забезпечуватися швидке й рівномірне змішання полімеру з оброблюваною водою з утворенням міцних і великих пластівців, які легко відокремлюються від води.

Була проведена серія дослідів по визначенню ефективності застосування флокулянтів типу Праестол та Магнафлок які було використано в процесах очищення стічних вод локомотивного депо і природної дніпровської води, у деяких дослідах стабілізованої бентонітом.

У процесах очищення стічних вод раціональніше всього використовувати флокулянти типу Magnates при концентраціях 5-10 мг/л, рівень очищення води становив при цьому 90%. Також добре показав себе флокулянт виду Праестол 611 ВС у суміші з коагулянтом (сульфатом алюмінію) у співвідношенні коагулянт:флокулянт 6:1, ефективність очищення досягала 70%.

При застосуванні цих флокулянтів в процесах очищення природної води отримані задовільні результати щодо зниженню каламутності й кольоровості, наприклад, згадані Праестол 611 ВС та Праестол 650 ВР у суміші з коагулянтом (сульфат алюмінію) у співвідношенні 1:5 відповідно знижував кольоровість води на 20 град.

Флокулянти типу Магнафлок являють собою різні модифікації ПАА аміновими групами при різних ступенях катіонування. Їхнє застосування досить ефективно в процесах пояснення стічних вод локомотивного депо, доза флокулянту складає 5-10 мг/л при очищенні стічних вод з каламутністю 1500-2000 мг/л.

## ПРОБЛЕМА ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Бойченко А. М., Ковтун Ю. В., Розгон О. В.  
(ДНУЗТ, м.Дніпропетровськ)

Одним з напрямків наукової діяльності у галузі техногенної безпеки, як складової екосталого розвитку, є забезпечення мінімального рівня впливу технологічної діяльності на довкілля і здоров'я населення. Тут головне місце посідає питання відходів, яке має такі аспекти: а) мінімізація утворення відходів; б) утилізація викидів і скидів, тобто забезпечення замкненого, щодо матеріалу і енергії, технологічного циклу; в) утилізація відходів, що накопичуються; г) ізоляція та безпечне зберігання токсичних і радіоактивних відходів. Для вирішення цих задач в науковому плані треба чітко систематизувати проблему відходів, проаналізувати їх як чинник техногенного ризику, розглянути відходи як природно-техногенний ресурс, а також розробити екосталі засади техногенної безпеки в аспекті менеджменту відходів.

Успішне здійснення охорони навколишнього середовища можливе тільки за умови отримання необхідних та достовірних даних про стан природних об'єктів, джерел антропогенного впливу, екологічних систем, природно-технічних комплексів і т.д. Для збору і аналізу такої інформації, а також для прогнозування ситуації створюються системи екологічного моніторингу.

Моніторинг в сфері поводження з відходами є складовим елементом державного моніторингу навколишнього природного середовища. Він включає систему спостережень, збору, обробки, передачі, збереження та аналізу інформації відносно відходів та їх впливу на стан навколишнього природного середовища та розробку науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень.

Більшість відходів на підприємствах залізничного транспорту утворюється в процесі очистки виробничих стічних вод. Крім цього в великій кількості утворюються такі відходи, як забруднений нафтопродуктами та маслами ґрунт промайданчиків підприємств, активний мул з біологічних очисних споруд. В меншій кількості утворюються відпрацьовані мастила та змазки. До відходів, що потребують уваги з точки зору їх токсичності, відносять відпрацьовані лампи денного освітлення та старогідні дерев'яні шпали.

На Придніпровській залізниці проводиться робота щодо систематизації та уніфікації інформації щодо об'єктів утворення, складування та утилізації відходів, а також здійснення контролю за їх станом.

Для поліпшення екологічної ситуації на підприємствах залізничного транспорту нами створено спеціальний програмний комплекс щодо ведення обліку, контролю та автоматичної обробки екологічних показників. При цьому розроблений програмний комплекс дозволяє проводити на підприємствах залізничного транспорту не тільки моніторинг відходів, а й атмосфери і води.

На теперішній час створено банк даних для Придніпровської залізниці. Масштаби утворення відходів на залізниці характеризуються величиною, близько 25 тис. т/рік.

Основні види відходів, які утворюються в процесі діяльності підприємств Придніпровської залізниці, такі: використані люмінесцентні лампи; відпрацьовані акумуляторні батареї, відпрацьовані мастила (нафтовідходи), відходи фарб та розчинників; нафтошлами, замазучене ганчір'я, відпрацьовані абразиви та абразивний пи́л, металева стружка, пи́л азбестовий, відпрацьовані автошини, відходи використаних шпал, шлам хімічисти́ки, побутове сміття, замазучені ґрунти, відходи пустої породи вугілля, відходи деревини.

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ. ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІОНІТІВ

Драбкіна А. Х., Пліскачова Н. В.  
(ДНУЗТ, м.Дніпропетровськ)

Метод іонного обміну знаходить широке застосування при очищенні води від розчинних домішок. Застосування нерозчинних високомолекулярних речовин, які завдяки наявності в них іоногенних груп здатні до реакцій іонного обміну, дозволяє досягти високого ступеня знесолення природних вод.

Істотними недоліками іонообмінного очищення природних вод є, насамперед, утворення великого об'єму відпрацьованих регенераційних і промивних вод, а також недостатній ступінь використання обмінної ємності вітчизняних іонітів, наприклад, КУ-2-8. Природоохоронним завданням є розробка можливості, максимально безвідхідної технології водоочищення.

У даній роботі розглянуто процес іонообмінного очищення води за допомогою катіоніту марки DOWEX MAC-3 і сильнокислотного катіоніту марки DOWEX HCR-S. Вивчена можливість регенерації слабокислотного катіоніту кислими водами після регенерації сильнокислотного катіоніту з метою зменшення об'єму стічних вод, а також можливість заміни вітчизняних іонітів на закордонні, тому що внаслідок більш тривалого строку експлуатації закордонних іонітів собівартість очищеної води може бути істотно знижена.

Було поставлене завдання, установити ємність поглинання катіонітів MAC-3 і HCR-S при різних режимах їх регенерації, а також вибрати найкращі умови регенерації даних катіонітів, що дозволяють зменшити об'єми стічних вод.

Результати досліджень показали, що іоніт DOWEX MAC-3 практично не затримує катіони солей сильних кислот. Про це свідчить наявність проскакування  $\text{Ca}^{2+}$  у фільтрат уже в першій пробі при пропущенні  $\text{CaCl}_2$ , а також наявність у перших порціях фільтрату хлориду й сульфату міді (що надає фільтрату забарвлення) незважаючи на високу селективність смоли стосовно міді. Катіоніт HCR-S добре затримує катіони солей як сильних, так і слабких кислот.

Регенерацію катіоніту DOWEX MAC-3 проводили сірчаною й соляною кислотами різної концентрації. Якщо використовувати концентрацію регенеруючого розчину, що рекомендується СНіПом (0,5-0,8%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) для даного іоніту відбувається загіпсування смоли, що помітно знижує її ємність. Максимальна концентрація  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , яка не призводить до утворення гіпсу, становить 0,25%, однак, при цій концентрації видаляється тільки 60% сорбованих іонів кальцію. При східчастій регенерації (послідовно збільшуючи концентрацію від 0,25% до 0,75%) видаляється до 90% сорбованих іонів, що збільшує термін дії фільтру (тривалість фільтроциклу).

При регенерації 1-2%-м розчином  $\text{HCl}$  утворення нерозчинних солей, що знижують ємність поглинання іоніту, не відбувається. Регенерація при цьому відбувається значно швидше й з утворенням меншого об'єму відпрацьованих регенераційних розчинів, ніж у випадку застосування сірчаної кислоти.

Результати досліджень показали, що при регенерації HCR-S 2%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  у регенераті присутня велика кількість вільної кислоти (відповідне 1-2 % кислоті). Це дає можливість використовувати його для регенерації катіоніту DOWEX MAC-3 після розведення промивними водами.

Таким чином, нами встановлена можливість використання катіонітів типу DOWEX замість КУ-2-8 для очищення води в системах залізничного водопостачання, насамперед, для потреб локомотивних депо.

## УДОСКОНАЛЮВАННЯ СИСТЕМ ОБІГОВОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ЛОКОМОТИВНИХ ДЕПО

Арламова Н. Т., Бушина Т. Л. (ДНУЗТ, м.Дніпропетровськ),  
Данилич М. О. (Львівська залізниця)

Ріст уваги до екологічних аспектів впливу об'єктів господарювання – залізничних підприємств (локомотивних та вагонних депо) стає відмітною рисою сучасності. Причина зрозуміла, оскільки внаслідок зниження здатності природи до самоочищення суспільству сьогодні важливо скоротити кількість і інтенсивність викидів забруднювачів у гідросферу, щоб хоча б зберегти існуючий рівень водопостачання населення. У зв'язку із цим, широке застосування на залізничних підприємствах систем обігового водопостачання (СОВ) з повторним використанням води, після їхньої відповідної підготовки може бути діючим рішенням даної проблеми. На користь впровадження таких систем свідчить допустимість

застосування в багатьох водоемних виробництвах води, вимоги до якості якої менш жорсткі, ніж ті, що визначені правилами охорони водних ресурсів до зворотних вод. Тому витрати на підготовку останніх для повторного використання значно менше, ніж на очищення перед їхнім скиданням у водойми (каналізацію), що може бути особливо привабливим для керівників - господарників.

При виборі очисних пристроїв для СОВ головне врахувати сумісність методів і технологічних схем, що забезпечують заходи загального й локального очищення. Наприклад, води, забруднені нафтопродуктами, повинні проходити один цикл очищення, солями - інший і т.д. Таким чином, організуються кілька очисних гілок, і в кожній з них з води, що відробила, видаляють конкретні забруднення, після чого вона знову надходить до тих самих споживачів. Аналіз методів, які застосовують в обігових системах для очищення вод, зокрема нафтовміщуючих, показав, що найбільш ефективним для цього є спільне використання методів фільтрації, коалесценції й силового поділу. Обробляючи технологічні нафтовміщуючі води (ТНВВ) на фільтрувально-коалесцентних матеріалах, тривалий час одержують стабільно високі результати по очищенню. Однак ефективність очищення й тривалість експлуатації пристроїв даного типу залежать від якісного складу ТНВВ. Отже, необхідною умовою для гарної й тривалої роботи пристроїв, що реалізують методи фільтрації й коалесценції є попереднє очищення від ударних концентрацій нафтопродуктів і механічних домішок ТНВВ, які подаються на них. До його позитивних сторін відносять: простоту конструкції пристроїв, що реалізують, невеликі трудовитрати при експлуатації, відсутність необхідності частої заміни робочих елементів і т.і. Виходячи з положень, наведених вище, для очищення обігових вод залізничних підприємств нами рекомендовано використовувати СОВ із забезпеченням очищення ТНВВ від нафтопродуктів. До складу СОВ входять: вузол попереднього очищення, а також щаблі грубого й тонкого очищення з перекачувальним насосом. При цьому вузол попереднього очищення включає водозабірний пристрій, що являє собою коалесцентний розподільник спірального типу (КРС), розташований в збірній ємності й струминний насос. Щабель грубого очищення представлений багатоступінчастим різношвидкісним гідроциклоном (БРГЦ), щабель тонкого очищення - фільтруючи-коалесцентним поділяючим блоком (ФКРБ) і циркуляційною ємністю. У циркуляційній ємності також розміщений водозабірний пристрій типу КРС.

У докладі наведена принципова схема розробленої обігової системи та характеристики всього обладнання: КРС, БРГЦ, ФКРБ. Визначено оптимальні параметри функціонування.

## РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ В СИСТЕМАХ ЗАЛІЗНИЧНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Бойченко А. М., Яришкіна Л. О. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ),  
Мартиняк С. А. (ДП «Придніпровська залізниця»)

Аналіз сучасного стану залізничного водопостачання показує, що недостатня ефективність діючих очисних споруд, відсутність сучасного обладнання і енергозберігаючих технологій очистки води призводять до значних енерговитрат з відповідними економічними збитками.

Очевидно, що вирішення цієї проблеми неможливе без використання високоефективних технологій і надійного устаткування в процесах водоочистки, в тому числі технології знезараження води. Найбільш розповсюдженою в технології знезараження води є обробка сильним окислювачем - хлором, який переважно вводять у воду в газоподібному стані хлораторами різних типів і конструкцій.

Головним у розробці вітчизняних хлораторів є Інститут колоїдної хімії і хімії води ім. А.В.Думанського НАН України, де було створено серію вакуумних хлораторів, які використовувались не тільки у водопровідно-каналізаційних господарствах України, а й за кордоном. Принцип транспортування і введення у воду газоподібного хлору за допомогою ежекторів покладено в основу розробки сучасних зарубіжних хлораторів.

Але використання, на перший погляд, простих, вакуумних хлораторів у технології знезараження води створює ряд технічних і економічних проблем. По-перше, для нормальної роботи ежектора необхідно створювати тиск води не менше  $3 \text{ кгс/см}^2$ , а для зарубіжних аналогів - не менше  $4-5 \text{ кгс/см}^2$ , що не завжди можливо здійснити з відповідним ступенем надійності. Для підвищення продуктивності хлораторів треба підвищувати тиск води, що пов'язано з енергозатратами. По-друге, для створення вакууму на хлораторах використовують воду питної якості, яка вже пройшла всі стадії очищення і повторно повертається у технологічний процес, завантажуючи очисні споруди практично "баластною" водою. Так, при подачі хлору у воду в кількості  $50 \text{ кг/год}$  необхідна витрата води складає  $117,7 \text{ м}^3/\text{год}$ , що дорівнює  $2825 \text{ м}^3/\text{добу}$ . Така непродуктивна витрата, наприклад, перевантажує діючу водопровідну станцію загальною продуктивністю  $20 \text{ тис. м}^3/\text{добу}$  на  $1,4\%$ , причому при аналогічній потребі в хлорі у літній період, коли різко підвищується водоспоживання.

На кафедрі хімії та інженерної екології ДНУЗТ проводяться дослідження з удосконалення технологічної схеми хлорування води з метою зменшення енергозатрат і витрат води у процесі введення хлору.

В роботі представлено аналіз можливостей існуючих вітчизняних і зарубіжних хлораторів у подачі хлорної води з концентрацією  $C$  ( $\text{кг/м}^3$ ) і підтриманням тиску при цьому на ежекторі  $P$  ( $\text{кгс/см}^2$ ).

Встановлено, що тільки хлоратори Advance можуть забезпечити концентрацію хлору на рівні  $2,5 \text{ кг/м}^3$  при межі розчинності хлору  $9,3 \text{ кг/м}^3$  за звичайних умов. Це свідчить про низьку ефективність щодо ресурсозбереження усіх відомих вакуумних хлораторів.

Аналіз існуючих конструкцій хлораторів вказує на основний напрямок зменшення витрати води на ежектори шляхом збільшення концентрації хлору з наближенням її до межі розчинності. Але з допомогою відомих вакуумних хлораторів цього зробити неможливо, тому в технологічну схему хлорування води на водопровідній станції ми рекомендуємо впровадити розроблений і підготовлений до випуску хлоратор ХТ-2, який захищено патентом України.

## ВИВЧЕННЯ ПРИДАТНОСТІ ОКРЕМИХ ВИДІВ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ РОЗЛИВІВ АМІАКУ ТА ЙОГО ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

Павленко З. О., Яришкіна Л. О.  
(ДНУЗТ, м.Дніпропетровськ)

Елементом нормального функціонування будь-якого живого організму є виведення продуктів життєдіяльності поза його межі. Накопичення відходів урбоекосистеми рано чи пізно призведе до пониження комфортності проживання і, кінець-кінцем, гибелі її мешканців, тобто, людей. У природних екосистемах питання відходів вирішується шляхом повторного їх залучення у кругообіг речовини та енергії. Для нормалізації функціонування екосистеми міста доцільно запозичити цей принцип.

У той же час, при експлуатації та обслуговуванні інженерних систем не виключені форс-мажорні ситуації. Це є причиною залпових викидів синтетичних речовин та їх потрапляння у об'єкти довкілля. Дослідження трансформації емітованих токсикантів у на-

вколишньому середовищі говорять як про прямий їх негативний вплив на біоту, так і про небезпеку їх похідних.

Зокрема, слід звернути увагу на аварії з аміаком та його водними розчинами. Для України ця проблема винятково актуальна. Тут розміщені такі гіганти хімічної промисловості, як ВАТ «Азот», ВАТ «Одеський припортовий завод», ВАТ «Рівнеазот», ВАТ «Концерн Стирол», ВАТ «Сумихімпром», ВАТ «Дніпроазот», ЗАТ «Титан», ЗАТ «Севєродонецький Азот». Перелічені об'єкти у виробничих процесах використовують чи отримують аміак.

Це – об'єкт постійної прискіпливої уваги органів цивільної оборони. Адже аварії з ним ведуть до масового ураження людей. У наших дослідженнях акцент поставлений на залізничні аварії із цим токсикантом. Відомі численні прецеденти таких аварій. І найчастіше локалізацію ведуть підрозділи МНС чи бригади відновлювальних поїздів. Їх робота спрямована більше на відвернення летальних випадків, та впровадження руху попередження негативних екологічних ефектів.

Стандартний метод локалізації аварій з аміаком вказаний у документі «Правила безпеки та порядок ліквідації наслідків аварійних ситуацій із небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом» – розведення водою. Із природоохоронної точки зору він зовсім неефективний, бо у результаті лише розосереджує вплив аміаку на об'єкти довкілля, пролонгує негативну дію, хоча й з меншою гостротою. Менш популярні способи (нейтралізація мінеральними кислотами, сорбція, обробка вуглекислотою, гідрофосфатом магнію чи солями заліза (II)) вимагають значних матеріальних затрат і техніки для приготування реагентів. Отже, тут набуває актуальності питання пошуку альтернативних матеріалів. Бажано, щоби вони при малій вартості гарантували надійне зв'язування аміаку, а продукти такої взаємодії могли би знайти застосування у виробництві.

Метою роботи поставлено дослідження можливості використання промислових відходів для локалізації аварійних розливів аміаку.

Попередні роботи авторів у цьому напрямі мали результатом позитивні рекомендації щодо використання шламів хімічної водопідготовки для нейтралізації розливів розчинів аміаку із отриманням комплексних мінеральних добрив. Ця ідея була позитивно оцінена науковим співтовариством.

Крім того, розглянуто придатність відходів збагачення титано-цирконієві руд для локалізації розливів того ж токсиканта. До прикладу, статистика засвідчує, що у відходах Запорізького титано-магнієвого комбінату виявлений вміст (%) цирконію – 0,35; ніобію – 0,28; танталу – 0,017; оксиду титану – 7,8. Ці метали містяться в технологічно доступній для їх вилучення формі. На основі відходів цього та аналогічних виробництв щорічна потреба країни у кольорових металах може задовольнятися на 10-25%. Таким чином, техногенні родовища можна вважати альтернативною мінерально-сировинною базою країни.

Поряд із тим, є відомості щодо зв'язування аміаку у малорозчинні сполуки при застосуванні двозаміщеного фосфату титану  $Ti(HPO_4)_2$  із отриманням солі  $Ti(NH_4PO_4)_2$ . Інший варіант – застосування у якості поглинача аміаку з'єднань цирконію.

Використовувати чисті реагенти для ліквідації аміачного розливу було би економічно недоцільно. Натомість, відвали родовищ кольорових металів могли би знайти тут застосування.

У даному контексті вартим уваги також є відхід варки целюлози – лігнін гідролізований. Він являє собою стружкоподібну масу із вологістю 65-70%.

З огляду на те, що основна маса лігніну має кислу реакцію, то це дає нам привід розглядати його з боку придатності стати матеріалом для ліквідації наслідків аварій з аміаком. Тим більше, що крупномасштабні промислові способи утилізації відходів лігніну до цих пір не розроблені.

Перспективним матеріалом для ліквідації аварій з аміаком слід вважати і фосфогіпс – крупнотонажний промисловий відхід, способи утилізації якого практично не розроблені. Це по суті малорозчинний сульфат кальцію, який акумулює певну кількість цільових продуктів – фтору і фосфору. Його отримують при сірчаноокислотній екстракції фосфорної кислоти. Показник утилізації фосфогіпсу заледве досягає 1-3%. Тому в реальних умовах виробництва обмежуються облаштуванням шламосховищ, ставків-відстійників і відвалів, куди пульпа фосфогіпсу подається за допомогою гідротранспорту.

Важливе місце посідає доведення економічної ефективності використання кожного із запропонованих відходів та активізація тих фінансових важелів, що роблять охорону довкілля прибутковою справою.

Загалом, науковий досвід, отриманий при виконанні досліджень, може бути ефективно застосований при ліквідації наслідків аварійних ситуацій з хімічними небезпечними речовинами підрозділами МНС України та бригадами відновлювальних поїздів на залізниці.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОРБЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ РОЗЛИВІВ РОЗЧИНІВ ГІДРОГЕНФТОРИДУ

Яришкіна Л. О., Кузьмич Х. О.  
(ДНУЗТ, м.Дніпропетровськ)

Як було показано нами раніше, при аваріях з HF значному забрудненню підлягають водойми, тому нами вважалось доцільним розглянути методи очищення води від розчинених фторидів при різних їх концентраціях.

Очищення води при високих концентраціях  $F^-$  у воді проводять у дві стадії. Перша стадія (вапнування) дозволяє виділити основну кількість  $F^-$  до залишкового вмісту 15-20 мг/дм<sup>3</sup>. Друга стадія передбачає доочищення від  $F^-$  до значень ГДК 1,5 мг/дм<sup>3</sup>, що рекомендуються ВОЗ. Для цього здійснюють співосадження  $F^-$  на гідроксиді алюмінію або обробку суперфосфатом, а також застосовують електрохімічні методи, зокрема електрокоагуляцію з алюмінієвим електродом.

Перспективними методами видалення  $F^-$  з води, при його концентрації 15-50 мг/дм<sup>3</sup> є сорбційні процеси з використанням природних і синтетичних сорбентів: глинистих утворень; активованого гідроксиду алюмінію; модифікованого зернистого кліноптилоліту; малорозчинних фосфатних сполук, таких як природний апатит і його модифікації з морденітом і трикальційфосфатом (ТКФ); ТКФ і суперфосфат, оброблений концентрованим лугом, а також гідроксилапатит (ГА).

На нашу думку, найбільш ефективно застосовувати в якості сорбенту – гідроксилапатит.

Тому нами була досліджена статична і динамічна ємності синтетичного ГА, вивчено вплив різних параметрів (швидкості фільтрування, вихідної концентрації фільтрату та рН середовища) на сорбцію  $F^-$ .

Стехіометричний ГА синтезували за стандартною методикою. Відповідність синтезованого зразка структурі ГА визначали за допомогою рентгенофазового аналізу.

Динамічну ємність до проскоку (ДОЄ) оцінювали виходячи зі значень об'ємної швидкості потоку, концентрації фтору, тривалості сорбції до проскоку і маси сорбенту. Граничну динамічну ємність (ГДОЄ) знаходили по вихідній кривій. Тривалість роботи колонки в динамічному режимі контролювали по появі на виході з колонки  $F^-$  у кількості, рівній його ГДК у воді.



Представлено результати досліджень іонообмінної сорбції  $F^-$  на ГА. Обмін проводили в статичних умовах з розчинів із різною концентрацією фториду натрію. Була отримана східчаста ізотерма сорбції. Для визначення статичної обмінної ємності даного сорбенту по  $F^-$  за рівнянням Ленгмюра розраховали граничне значення сорбції в початковій області ізотерми, що склало 0,5 мг-екв/г. Після досягнення цієї величини спостерігалось значне підвищення сорбції  $F^-$  на ГА при вихідній концентрації  $F^-$  у розчині  $> 8,4$  мг-екв/дм<sup>3</sup>, що може бути пов'язане з утворенням  $CaF_2$ .

Як розчин для регенерації був обраний буферний розчин  $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3$  із рН 9,9-10. Такий регенерант має ряд переваг: він створює постійне значення рН середовища в області стійкості ГА; відносно дешевий і забезпечує одностадійність регенерації.

Встановлено, що основна кількість іонів  $F^-$ , які було сорбовано, регенерується до 60 - 67 %.

Інші 35% поглинених гідроксилапатитом  $F^-$  регенеруються гірше і вимагають більших витрат і високих концентрацій регенераційного розчину. Тому для оформлення технологічного процесу очищення води від  $F^-$  варто рекомендувати так звану "голодну регенерацію".

## ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ З МІНЕРАЛЬНИМИ КИСЛОТАМИ

Яришкіна Л. О., Бойченко А. М., Тарасова Л. Д., Кузьмич Х. О.  
(ДНУЗТ, м.Дніпропетровськ)

Найпоширенішим методом нейтралізації кислот ( $HF$ ,  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ) при їх витоках є обробка їх лужними реагентами: розчинами соди, вапняними розчинами і суспензіями, засипка місць розливу вапняком або доломітом.

Нейтралізацію кислот і подальшу утилізацію продуктів їх нейтралізації проводять залежно від обсягу витoku або масштабу аварії. При невеликих витоках нейтралізацію проводять безпосередньо на місці витoku або розливу; тверді продукти утилізації прибирають з поверхні для подальшого використання.

У випадках масштабних аварій з кислотами їх збирають в спеціальних каналах і закачують в збірні ємності; місця аварій промивають водою і промивні води (звані надалі стічними водами) збирають і піддають нейтралізації з отриманням вищезгаданих продуктів або фільтрують через аніоніти.

Технологічна схема ліквідації наслідків аварій при перевезенні мінеральних кислот ( $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ) складається з наступних блоків:

- локалізація розливів – обвалування розливу, збір рідкої фази в приямки – пастки, засипка розливу сипкими сорбентами, зниження інтенсивності випаровування покриттям дзеркала розливу полімерної плівкою, введення загусників; обробка нейтралізуючими розчинами або засипка нейтралізуючими реагентами;
- збір та подальша утилізація відпрацьованих сорбентів, а також продуктів нейтралізації.

При розливі на ґрунт  $H_2SO_4$  та  $HCl$  необхідно провести обнесення місця розливу земляним валом, кислоту відкачати кислотостійкими насосами в збірну ємність, яка герметично закривається і нейтралізувати місце розливу вище переліченими реагентами.

Роботи по ліквідації наслідків аварій з кислотами починаються без зволікання та, у першу чергу, проводяться роботи по локалізації аварії. Вживаються термінові заходи по припиненню витoku речовин і надходженню їх в атмосферу. Включаються зрошувальні системи, створюються вертикальні водяні завіси, що сприяє розсіюванню пари (для  $HF$  та

HCl) і часткової нейтралізації небезпечних речовин. Проводиться обвалування місця аварії. Потім здійснюють нейтралізацію, для чого застосовують так звані нейтралізаційні установки, які складаються з комплексу споруд, що включає обладнання і ємкості для розвантаження реагентів, їх складування, приготування реагентів, їх дозування і введення.

Для успішного вирішення проблеми утилізації відходів, розроблена технологія повинна відповідати наступним вимогам:

- екологічна безпека впроваджені технології (відсутність побічних, негативних екологічних явищ);
- ступінь очищення відходів від екотоксикантів повинен відповідати вимогам держконтролю, тобто залишковий вміст шкідливих речовин не повинен перевищувати гранично допустиму концентрацію (ГДК);
- економічна ефективність технології (прибутковість, низькі витрати на капітальне будівництво і експлуатацію);
- мінімальність транспортних витрат;
- мобільність установки, що здійснює очищення ґрунту;
- універсальність технології (можливість використання цієї технології для різних кислот, переробки рідких, пастоподібних і твердих відходів);
- висока швидкість знешкодження відходів;

## РЕГЕНЕРАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ КОМПРЕСОРНИХ ОЛИВ

Зайцева А. О., Зеленько Ю. В., Безовська М. С.  
(ДНУЗТ, м.Дніпропетровськ)

Екологічна безпека на залізничному транспорті стає сьогодні одним із найбільш пріоритетних питань в умовах інтеграції до Європейського союзу. В цих умовах спостерігається підвищення вимог до якості навколишнього природного середовища, на яке безсумнівно впливає утворення та розміщення відходів. Утворення відходів є значною проблемою для підприємств та структурних підрозділів залізниць. Поміж інших відходів великими обсягами утворення відрізняються відпрацьовані оливи різних типів – моторні, трансмісійні, індустріальні. Якщо відслідковувати динаміку утворення цього типу відходів на Придніпровській залізниці, то можемо бачити, що у період з 2004 по 2007 роки їх накопичилось більше ніж 630 т. Ці дані стосуються лише пасажирської, вагонної та локомотивної служб. Найбільшими вкладниками є підприємства локомотивної служби, на яких, наприклад, лише у 2006 р. утворилося близько 183 т відпрацьованих олив. Для порівняння, за той самий звітний період на структурних підрозділах пасажирської служби утворилося приблизно 8,5 т олив.

Компресорні оливи використовують для змащення циліндрів, клапанів компресорів та холодильних машин. При старінні таких олив переважно проходять процеси окиснення, т.я. температура повітря сягає 120-230 °С при значному тиску. У результаті окиснення утворюються нагари, лаки і осади, значно зростає вміст смол (збільшується від 4 % у свіжій до 6,5 % у відпрацьованій). Процеси окиснення у таких оливах відрізняються від тих, що можна спостерігати у двигунах внутрішнього згорання, де переважають процеси термічного розкладання. Саме тому у вимогах, викладених у ТУ та ДСТУ на компресорні оливи, значну роль відіграє вимога до термоокислювальної стабільності. Також у процесі експлуатації цих олив у них значно збільшується вміст води через інтенсивну її конденсацію з повітря. На підприємствах залізничного транспорту застосовують компресорні оливи марки КС-19 у якості всесезонної для змащення вузлів тертя компресорів тепловозів і

дизель-поїздів. Повну заміну олив в компресорах проводять при бракуванні проб за результатами лабораторного аналізу.

Основними напрямками переробки відпрацьованих різних типів олив є спільна переробка у суміші з нафтою на нафтопереробних заводах та цільова їх переробка з отриманням компонентів олив (регенерація). Методи регенерації можна поділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні та комбіновані. На практиці найбільш поширеними є комбіновані методи, які у найбільшій мірі забезпечують якісне очищення відпрацьованих олив. При виборі комбінації методів регенерації необхідно враховувати характеристики продуктів старіння відпрацьованих олив, вимоги, що пред'являються до регенованих олив, а також кількість зібраних олив. Необхідно чітко уявляти екологічні наслідки тих або інших способів регенерації і вибирати найбільш придатні в даних умовах методи. Володіючи цими даними, можна визначити, які фізико-хімічні властивості оливи вимагають виправлення та обрати відповідний спосіб її відновлення. Так загальна схема регенерації відпрацьованих компресорних олив включає в себе видалення з оливи розчинених парів та газів, відстоювання від механічних домішок та води, зневоднення та видалення агентів, які її розріджують, обробку адсорбентами та фільтрацію. Особливу увагу виробники оливорегенераційних приладів завжди приділяють системі видалення води таких апаратів через значне обводнення компресорних олив.

У доповіді наведені результати досліджень по відновленню властивостей відпрацьованих компресорних олив за допомогою різних поверхнево-активних речовин (ПАР). З випробуваних ПАР найкращий результат дав Emal 270d. Ступінь очищення склала 86 %; вихід продукту сягнув 92 %.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНИХ ДІЛЬНИЦЬ ЛОКОМОТИВНИХ ДЕПО ВІД ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Яришкіна Л. О., Сімочко Н. М.  
(ДНУЗТ, м.Дніпропетровськ)

У цей час одним з основних забруднювачів живої природи важкими металами є стічні води підприємств чорної й кольорової металургії, машинобудівних заводів, а також гальванічних ділянок локомотивних та вагонних депо.

При надходженні у водну екосистему важкі метали протягом тривалого часу залишаються у воді, при цьому вступають у взаємодію з іншими компонентами водного середовища та утворюють гідратовані іони, оксигідрати, іонні пари, комплексні неорганічні й органічні сполуки й т.д. З товщі води важкі метали мігрують на дно водойми, у поверхневу плівку й живі організми, що населяють водойму.

Особливо руйнівні наслідки викликає накопичення важких металів у живих організмах, що досягає коефіцієнта концентрування (збагачення), рівного  $10^5$ - $10^6$  і вище. Вживання рослин, риби й інших організмів у їжу, споживання забрудненої важкими металами води є головними джерелами проникнення цих забруднювачів в організм людини.

Внаслідок взаємозв'язку водоносних горизонтів з поверхневими водами в межах глибоких річкових врізів в умовах відсутності водотривких товщ і карстових утворень відбувається інтенсивне техногенне забруднення підземних джерел водопостачання такими металами, як мідь, цинк, нікель, хром, берилій, барій та інш.

Високе забруднення поверхневих вод важкими металами, як правило, пояснюється значною мірою недостатньою ефективністю роботи систем водовідведення, низькими темпами будівництва нових і реконструкції діючих очисних споруд, порушенням технології їхнього використання.

Головним постачальником токсинів в гальваніці(в той же час основним користувачем води и головним постачальником стічних вод) являються промивні води. Об'єм стічних вод дуже великий через недосконалий спосіб промивки деталей, який потребує великих витрат води (до 2м<sup>3</sup> і більше на 1м<sup>2</sup> поверхні деталей).

На діючих очистних спорудах найбільш поширеним методом очищення гальваностоків являється реагентний метод, але, осадження металів гідроксидом кальцію, діоксидом кальцію, не забезпечує доведення вмісту іонів важких металів в скидах до вимог ГДК. Основним недоліком цього методу виявляється велика кількість шламів, які вміщують токсичні з'єднання важких металів. Утилізація та переробка утворених шламів - дуже важке та дороге виробництво, а в деяких випадках шлами не піддаються переробці. В таких випадках повернення хімічних реагентів та металів в цикл виробництва практично виключений. Основним методом знешкодження таких відходів являється їх захоронення на спеціальних площадках, якщо такі є в наявності. Але частіше за все ці шлами чи складаються на території підприємства, чи неконтрольовано скидаються в балки, водоймища, ліса, а в кращому випадку на міські звалища. Лише частина гальваношламів знаходить застосування в будівництві чи виробництві будівельних матеріалів.

Тому проблема очистки стічних вод залишається актуальною для гальванічних ділень усіх залізничних підприємств. В даній роботі наведені рекомендації щодо реконструкції діючих очистних споруд з застосуванням комплексної схеми очистки хромвміщуючих стічних вод, яка передбачає наявність обігової системи водокористування та утилізацію гальваношламів.

## ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ АЗОТНОЙ ГРУППЫ ВОДЫ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ДНЕПРОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Сосновщенко А. С., Торубара И. П., Дворецкий А. И.,  
Зайцев В. В.<sup>1</sup>, Нечипоренко В. П.<sup>2</sup>

(ДНУ им. О. Гончара, 1 - Днепропетровская областная санитарно-эпидемиологическая станция, 2 - Днепропетровское коммунально-производственное предприятие «Днепротоканал»)

Оценка химического состава природной воды является важным этапом определения ее качества. Особенно важными показателями являются группа биогенных элементов и органические вещества. Учитывая это, нами был проведен сравнительный анализ загрязнения воды в районе Кайдакского и Ломовского водозаборов веществами азотной группы (аммонийный азот, нитриты и нитраты).

Концентрация соединений аммонийного азота в воде в районе Ломовского и Кайдакского водозаборов подвержена четким сезонным колебаниям с минимумом в феврале, максимумом в августе в связи с процессами минерализации органических веществ. За годы исследования содержание аммонийного азота колебалось от 0,1148 до 0,2900 мг/л (рис. 1), что не превышает ПДК для рыбохозяйственных нужд и питьевого водоснабжения.

В течение всего рассматриваемого периода наблюдались концентрации нитратов, не превышающие нормы для рыбного хозяйства и питьевого водоснабжения. Наблюдается постепенное снижение показателей за последние пятнадцать лет (рис. 2). На Ломовском водозаборе с 2002 по 2005 года наблюдается четкая тенденция к росту этого показателя. С середины 2005 года до 2008 концентрация стабилизировалась и перестала поддаваться сезонным колебаниям. Похожая ситуация и на Кайдакском водозаборе.

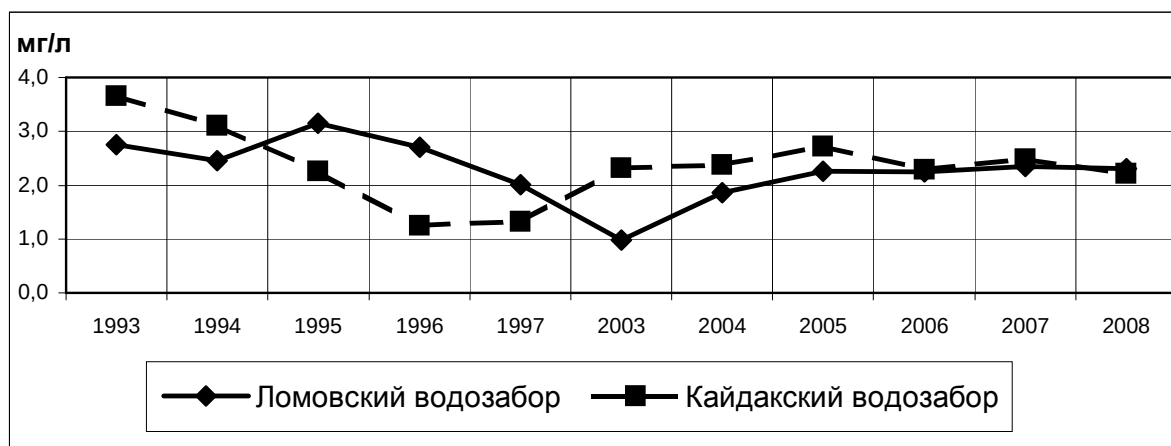
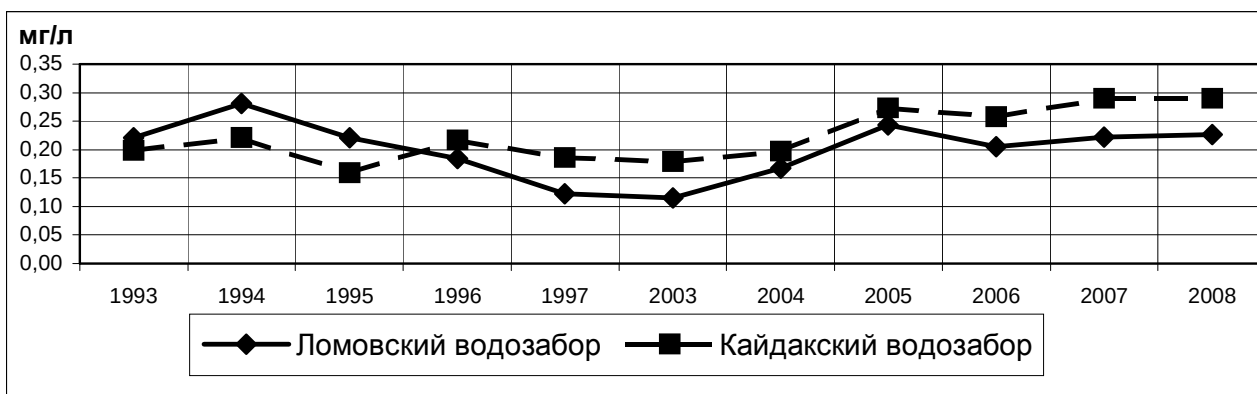


Рис.2. Динамика концентрации нитратов

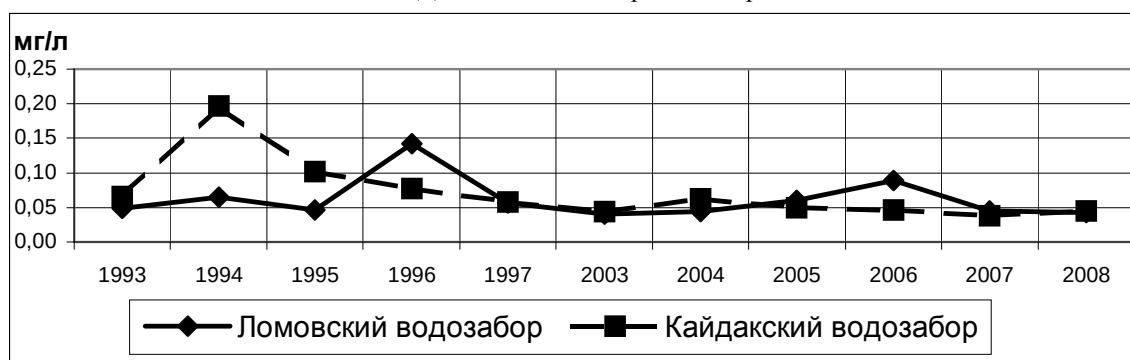


Рис.3. Динамика концентрации нитритов

Из приведенных данных видно, что за последние пятнадцать лет концентрация нитритов существенно не изменилась (рис. 3). Показатели уровней концентрации нитритов не демонстрируют четкой сезонной динамики колебаний. В 1994 на Кайдакском водозаборе наблюдался максимум концентрации нитритов –  $0,1967 \text{ мг NO}_2^-/\text{дм}^3$  и в 1996 году на Ломовском водозаборе –  $0,1419 \text{ мг NO}_2^-/\text{дм}^3$ . За весь рассмотренный период наблюдаемая концентрация нитритов не превышает рыбохозяйственную норму и норму для питьевого водоснабжения. График демонстрирует стабильный уровень показателя на обоих водозаборах.

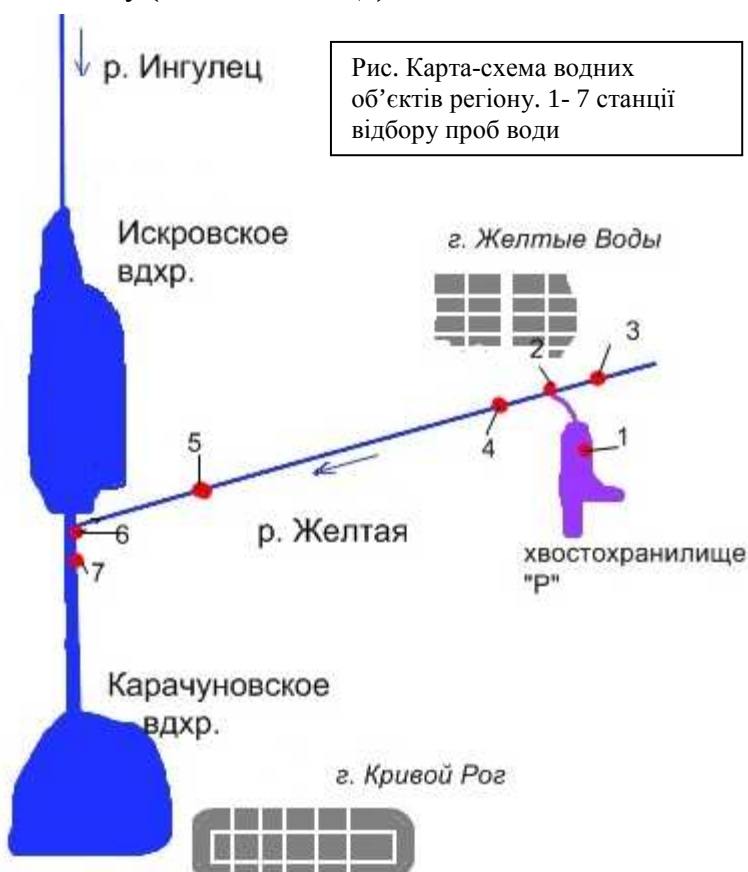
Согласно проведенным ретроспективным исследованиям, район Ломовского водозабора в целом демонстрирует более высокое качество воды. Различия в качестве воды двух водозаборов объясняются тем, что река в районе Кайдакского водозабора создает как бы «карман», что провоцирует незначительные застойные процессы. А это, с одной стороны

– накопление загрязняющих элементов, а с другой – меньшая чувствительность к нестойким и резким изменениям концентрации этих элементов в проточной воде.

## РАДИОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ У РАЙОНІ ВПЛИВУ УРАНОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ М. ЖОВТІ ВОДИ

Занько Д. С., Білоконь Г. С., Дворецький А. І.  
(Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара)

Сучасний рівень розвитку промисловості призводить до посилення антропогенного впливу на навколишнє середовище. Особливе місце серед різних факторів займає радіоактивне забруднення. Радіоекологічна ситуація у Дніпровському регіоні формується за рахунок впливу об'єктів уранодобувної та переробної промисловості. З 50-х років минулого століття, в регіоні, у районі м. Жовті Води, проводився видобуток та збагачення уранових руд, що призвело до накопичення радіоактивних відходів у хвостосховищах відкритого типу (балки «Р», «Щ»).



Хвостосховища є потенційним джерелом надходження техногенно-посилених природних радіонуклідів уранового ряду в навколишнє середовище. Це створює загрозу радіоактивного забруднення підземних вод, водної рослинності й гідробіонтів, атмосфери та території навколо сховищ, а також взагалі в Придніпровському регіоні. Характерними природними радіонуклідами, які з водою чи з пилом надходять із хвостосховищ і потрапляють у техногенно-посилених концентраціях у водойми: Ra-226, U-238, U-234, Th-234, Po-210, Pb-210. При цьому небезпека полягає не тільки в їх радіоактивності, але й у токсичних властивостях як

важких металів. В м. Жовті Води протікає р. Жовта, що не є водоймою питного призначення, але вона є притокою р. Інгулець, яка вже є джерелом господарсько-питного водопостачання першої категорії. Далі води річки Інгулець потрапляють у Карачунівське водосховище, де проводиться водозабір для потреб міста Кривий Ріг.

Відходи уранової сировини складувалися на площі водозбору р. Жовта. В зв'язку з цим була прийнята державна програма по м. Жовті Води, де передбачалось проведення постійного моніторингу поверхневих вод у даному регіоні. Для досліджень проби відбирали на 7 станціях (рис.).

Таблиця 1 – Показники вмісту урану у воді річок Жовта та Інгулець

| Станції відбору проб                                          | Рівні вмісту Бк/л (2006-2007рр.) |       |         |         |        |         |         |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|---------|---------|--------|---------|---------|
|                                                               | січень                           | лютий | квітень | червень | липень | серпень | жовтень |
| 1. Хвостосховище «Р»                                          | 46,7                             | -     | 34,25   | -       | 24,5   | 40,25   | 23,7    |
| 2. Впадіння струмка з хвостосховища «Р» в р. Жовта            | 26,7                             | 48,7  | 2,52    | -       | 16,7   | 3,0     | 11,0    |
| 3. 500 м вище впадіння струмка з балки «Р»                    | 0,75                             | 1,17  | 0,92    | 5,5     | 1,4    | 0,7     | 1,2     |
| 4. 500м нижче впадіння струмка з балки «Р»                    | 8,0                              | 19,0  | 5,5     | -       | 5,75   | 3,5     | 4,7     |
| 5. с. Ганнівка (поблизу моста, за 20 км від впадіння струмка) | 13,5                             | 28,7  | 1,97    | 21,75   | 8,5    | 2,5     | 10,9    |
| 6. Місце впадіння р. Жовта в р. Інгулець                      | 1,62                             | 7,75  | 1,42    | 16,7    | 6,5    | 2,5     | 3,1     |
| 7. 500 м нижче впадіння р. Жовта в р. Інгулець                | 0,87                             | 0,85  | 0,67    | 14,2    | 1,8    | 0,65    | 1,15    |

Найбільші показники вмісту урану відмічені в пробах з джерела води хвостосховища «Р» та в місті впадіння струмка хвостосховища у р. Жовту. найменші в р. Інгулець (500 м нижче впадіння р. Жовтої). При розгляданні динаміки вмісту урану у воді р. Жовта, перш за все треба звернути увагу на те, що в період 2006 – 2007 р. у р. Жовта (500 м вище впадіння струмка) не було жодного перевищення тимчасових допустимих рівнів урану (4,2 Бк/л), прийнятих на період 2006 – 2007 рр., на 500 м нижче впадіння спостерігалось перевищення в 5 разів у зимово-весняний період, в пробах води с. Ганнівка та місці впадіння Жовтої в Інгулець в 7 разів. В зв'язку з розбавленням води в р. Інгулець, вміст урану не перевищував рівні ВДУ, за виключенням зразків відібраних навесні та влітку.

Таким чином, дослідження радіоекологічної ситуації на рр. Жовта та Інгулець, які знаходяться в зоні впливу об'єктів первинного ядерно-паливного циклу, і можуть як притоки впливати на якість води у водоймах, що використовуються для питного водопостачання, показало наявність забруднення ураном. Після закриття стоку у 2006 році з хвостосховища «Р», на цій ділянці р. Жовта у 2007 р. спостерігалось різке зниження вмісту урану в воді. Вища водяна рослинність (особливо занурена) в значній мірі акумулює уран. Слід урахувати, що радіонукліди накопичуючись в рослинах, за біологічними ланцюгами повертаються у воду і являють собою фактори вторинного забруднення. В цих умовах доцільно проводити моніторингові дослідження не тільки води, але й в донних відкладах.

#### РЕТРОСПЕКТИВНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАДІОНУКЛІДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ АБІОТИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ ДНІПРОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Асмоловська Д. С., Білоконь Г. С., Дворецький А. І., Корнєв В. Ю.<sup>1</sup>  
(ДНУ ім. О. Гончара, 1 - Дніпропетровська обласна санітарно-епідеміологічна станція)

Проблема розподілу та міграції радіонуклідів у водоймах України з'явилася ще у 50-60 роках на початку випробувань урану та в період глобальних випадіннь внаслідок випробувань ядерної зброї.

У Придніпровському регіоні радіоекологічні дослідження проводились у Дніпровському водосховищі та його притоках. Спочатку визначали загальну бета-активність у воді і гідробіонтах, а потім досліджували надходження та міграцію стронцію – 90 і цезію – 137.

Вміст стронцію в період 1969 – 1977 рр. знаходився у межах 0,036 – 0,21 Бк/л і цезію – 137 у межах 0,007 – 0,016 Бк/л, а з 1980 року були вивчені основні закономірності розподілу та міграції радіонуклідів стронцію – 90 та цезію – 137 у водоймах Придніпров'я.

Аварія на ЧАЕС значно змінила радіаційний стан у водоймах. В початковий період після аварії вміст стронцію у воді сягав 1,58 – 5,18 Бк/л в районі Верхнього Дніпра, від 0,37 до 0,74 Бк/л – Середнього Дніпра, у Нижньому Дніпрі знаходився на доаварійному рівні. В результаті літньо-осінньої міграції та перерозподілу стронцію у водному середовищі Дніпровського і Каховського водосховищ та ділянки р. Дніпро зі сторони лиману, концентрація знаходилась в межах 0,67 – 0,96 Бк/л з подальшим зниженням до 0,22 Бк/л.

У воді Дніпровського водосховища вміст стронцію – 90 в період з 1972 по 1986 рр. становив 0,036 – 0,040 Бк/л, цезію – 137 від 0,006 до 0,01 Бк/л. В період після аварії на ЧАЕС вміст стронцію підвищився від 0,21 восени 1986 року до 0,34 Бк/л в 1987 році. З 1988 року спостерігалось поступове зниження рівнів радіонуклідів у воді. В 1991 році в зв'язку з льодовим затормом та підливними роботами на р. Прип'ять до Дніпровського водосховища з водотоком знову надійшли радіонукліди чорнобильського походження, рівень стронцію – 90 підвищився майже в 20 разів а восени спостерігалось поступове зниження рівнів вмісту до відмітки 0,055 Бк/л. З 1996 р. по теперішній час рівень стронцію тримається в межах 0,04 - 0,7 Бк/л, цезію менш ніж 0,03 Бк/л, тобто на доаварійному рівні (див. рис.).

Розподіл цезію та стронцію по окремим компонентам у прісноводних водоймах відбувається за відомими закономірностями; від 60 до 95 % загального вмісту цезію – 137, як педотропу, пов'язано з донними відкладами. Стронцій як еквітроп розподіляється рівномірно у водній товщі, біоті та донних відкладах.

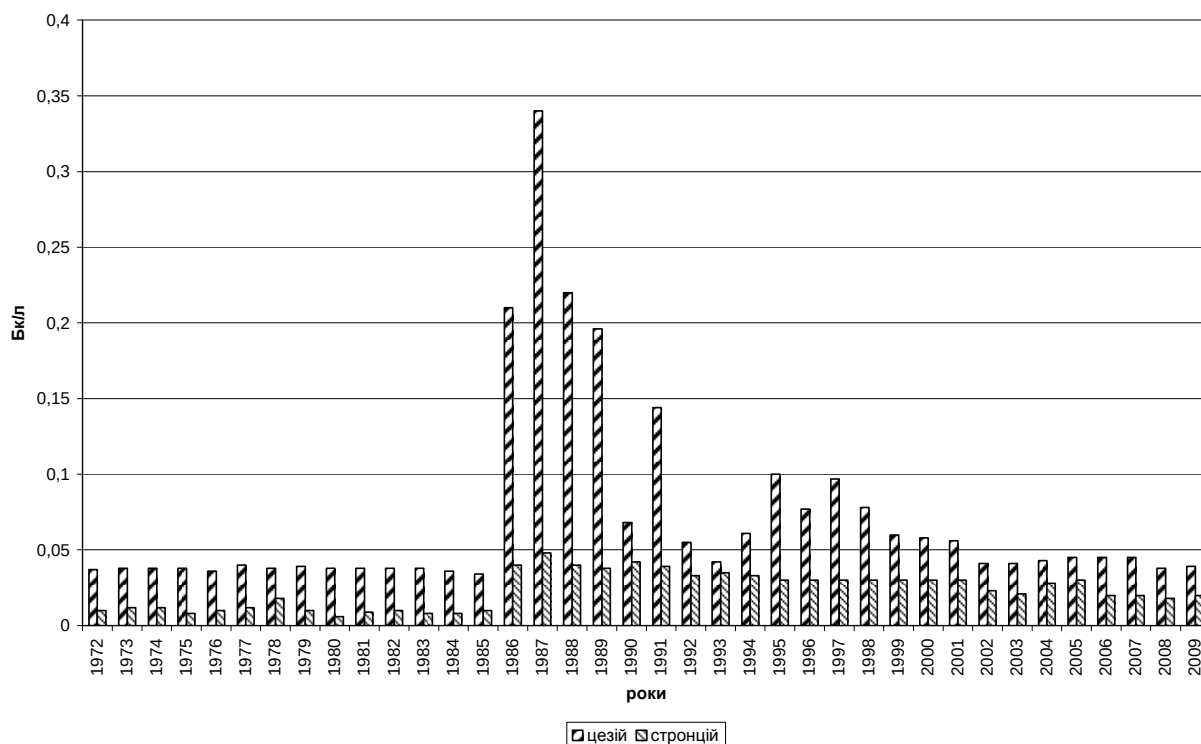


Рис. Динаміка вмісту штучних радіонуклідів у воді Дніпровського водосховища за період 1972 – 2009 рр.

Ґрунти відіграють важливу роль в накопиченні радіонуклідів, вони мають властивість поглинати радіонукліди, осаджуючи на собі основну частину випромінювачів, і часково виводити їх з біологічного кругообігу. Також накопичуючись в ґрунтах радіонукліди



ди можуть бути джерелом повторного забруднення водосховища внаслідок гідробіологічних процесів.

Внаслідок аварійного викиду в 1986 році, водойми прилеглої зони були забруднені радіонуклідами, які випали на воду та водозбірну площу. Цей фактор обумовив значні розбіжності у розчинності аерозольних часток. в основному радіонукліди локалізувалися в донних мулах водойм.

В Дніпровському водосховищі вміст цезію – 137 в донних відкладах в 2008 – 2009 р. знаходився в межах 4,43 Бк/кг у пісках, 8,47 -17,3 в мулах. Стронцій знаходився в межах від 0,07 до 2,4 Бк/кг. Найбільші показники як цезію так і стронцію відмічені в мулах, найменші в пісках, а вміст природних радіонуклідів радію-226 та торію-232 становив відповідно 1,8 – 2,45 Бк/кг та торію 1,4 – 3,98 Бк/кг.

Результати вичення розподілу радіонуклідів в абіотичних компонентах можуть використовуватися для характеристики стану водойм.

## СІРКА У СКЛАДІ МОТОРНИХ ПАЛИВ. ВПЛИВ НА ЕКОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Боровик О. О., Медведєва Т. В., Черняк Л. М.  
(Національний авіаційний університет, м.Київ)

З усіх аспектів загальної екологічної проблеми сьогодні найбільшу увагу в багатьох країнах світу приділяють проблемі забруднення атмосфери шкідливими речовинами, що утворюються у результаті використання продуктів переробки нафти, перш за все автомобільних бензинів та дизельних палив. На території України основними джерелами забруднення атмосферного повітря є промислові підприємства (48%), автотранспорт (30%), теплоелектростанції (17%) та інші джерела (5%).

Автомобільний транспорт є одним з основних забруднювачів, що характеризується такими особливостями: рівень викидів шкідливих речовин на рівні людини, що забезпечує безпосередній контакт та пряму дію на людину; розташування в районах з високою густиною населення; багатокомпонентність та висока токсичність викидів; мобільність, що ускладнює ефект дії токсичних речовин; залежність складу газових викидів не тільки від якості палив, режиму роботи двигуна, але й від параметрів навколишнього середовища; можливість утворення вторинних продуктів. Збільшення автомобільного парку, особливо у мегаполісах призводить до погіршення екологічної ситуації, так як концентрація шкідливих речовин, що надходять в атмосферу з вихлопними газами, перевищує допустимі концентрації. Одним з основних показників, що негативно впливає на навколишнє середовище та якість моторних палив є вміст сполук сірки. Тому, сьогодні спостерігається постійне зростання вимог до автомобільних бензинів та дизельних палив щодо якості за цим показником. Важливим завданням, що пов'язане з екологією та охороною навколишнього середовища, є контроль вмісту сполук сірки в нафтопродуктах. У зв'язку з цим звернена увага на необхідність зниження вмісту сірки в паливах, так як вихлопні гази автомобілів, як показали дослідження, займають перше місце за забрудненням атмосфери.

В останні роки розроблені українські НД – ДСТУ 4063-2001 та ГОСТ 320.00149943.015-2000. Згідно з цими НД вміст сірки не повинен перевищувати 0,05%. Але з 2008 р. згідно ДСТУ 4063-2001 встановлюється норма на масову частку сірки не більше 0,015%.

Сьогодні увага вчених, виробників та працівників експлуатації направлена на дослідження способів боротьби з шкідливим впливом сірки.

Роботи ведуться в наступних напрямках: розробка більш простих і дешевих способів видалення сірки з палива, ніж існуючі; розробка присадок до палива, які нейтралізують шкідливу дію сірки; дослідження присадок до масел, які нейтралізують шкідливу дію сірки, що міститься в паливі; підвищення корозійної стійкості деталей двигуна.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Романова К. С., Новікова В. Ф., Луганова Т. О.  
(Національний авіаційний університет, м. Київ)

Дизельні двигуни є потужнішими й економнішими порівняно з бензиновими двигунами, тому стрімко зростає кількість автомобілів з дизельними двигунами. Наслідком цього є підвищення викидів в атмосферу відпрацьованих токсичних газів дизельних двигунів. Причиною токсичності дизельного палива є ароматичні вуглеводні та сірковмісні сполуки. Ароматичні вуглеводні зумовлюють неповне згорання дизельного палива та утворення нагару на клапанах та поршнях дизельних двигунів, забивання попелових фільтрів, мають канцерогенні властивості. Сполуки сірки погіршують експлуатаційні характеристики дизельного палива, негативно впливають на чистоту вихлопних газів, призводять до утворення сірчистих кислот в системі змазування, які в свою чергу впливають на підвищене окиснення масла в моторі, і також під час спалювання утворюють екологічно небезпечні оксиди сірки  $\text{SO}_2$ . Щоб підвищити екологічні властивості дизельних палив застосовують процес гідроочищення і використовують протизносні, цетанопідвищуючі, депресорно-диспергуючі, антидимні, антиокисні, миючі та інші присадки. Лисичанський нафтопереробний завод у 2007 р. освоїв виробництво дизельного палива з підвищеними екологічними властивостями згідно з європейським стандартом, який є аналогом EN 590 і відповідає вимогам стандарту Євро-4. З 2008 р. завод перейшов на технологію виробництва дизельного палива за українським ДСТУ 4840:2007 «Дизельне паливо підвищеної якості», згідно якого дизельне паливо має найнижчий вміст сірки і тому має найкращі екологічні характеристики порівняно з дизельним паливом за стандартами ГОСТ 305-82 і ДСТУ 3868-99, які раніше виготовлялись на території України, і цілком відповідає європейському стандарту якості EN 590. Отже, згідно ДСТУ 4840:2007 вміст сірки в дизельному паливі не повинен перевищувати 0,001% (мас.) (для I виду) і 0,005% (мас.) (для II виду), і також нормується вміст у дизельному паливі поліциклічних ароматичних вуглеводнів, який не повинен перевищувати 11% (мас.). Використання дизельного палива, яке відповідає вимогам ДСТУ 4840:2007, забезпечить зменшення нагароутворення та смолоутворення, зростання строку служби двигуна і зменшить кількість викидів відпрацьованих токсичних газів у навколишнє середовище.

## НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МОТОРНИХ ПАЛИВ, НАПРАВЛЕНІ НА ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Карпенко В. С., Луганова Т. О., Черняк Л. М.  
(Національний авіаційний університет, м. Київ)

Автомобільні бензини на сьогоднішній день в Україні являються основним паливом для автомобільного транспорту. Низький рівень виробництва високооктанових бензинів зумовлений нераціональною технологічною структурою НПЗ України. Частка потужностей поглиблюючих процесів на вітчизняних заводах складає 12,4% від потужностей по первинній переро-

бці нафти. При цьому доля каталітичного крекінгу в загальному об'ємі переробки нафти на українських НПЗ складає 7,1%, термічного крекінгу - 0,7%. Внаслідок цього на НПЗ України обмежена можливість виробництва моторного палива, в той же час виробництво паливного мазуту складає більше 35% від об'єму нафти, що переробляється.

Тому на сьогодні актуальним питанням є розширення виробництва моторного палива, в тому числі високооктанових бензинів, шляхом поглиблення переробки нафти, а саме залученням в технологічну схему НПЗ, як традиційних процесів каталітичного крекінгу, риформінгу, так і перспективних процесів цеоформінгу і цеосину.

Процес цеоформінгу проходить за температури 320 – 460°C та тиску 5-15 атм. Катализатором виступає цеолітвмісний екологічно безпечний катализатор. Сировиною служать вуглеводневі фракції  $C_5 - C_n$  (150-250°C), олефіновмісні гази, кисневмісні сполуки. В процесі цеоформінгу одержують високооктановий бензин, придатний до застосування, другим цільовим продуктом є зріджений газ. Перевагами даного процесу є: простота технології процесу й регулювання технологічного режиму; швидкий переключення режиму роботи установки на виробництво бензину іншої марки, виду, класу; можливість реалізації процесу, як на автономних установках виробництва моторних палив, так й у складі газохімічного комплексу.

Процес “Цеосин” засновано на принципі поліфункціонального каталізу. Створено й на пілотному рівні перевірені технології виробництва сортних моторних палив із синтезу-газу в одну стадію із застосуванням поліфункціональних катализаторів. Процес “Цеосин” дозволяє отримувати моторні палива без додаткових затрат на розділення суміші вуглеводнів ( процес Фішера-Тропша), та додаткової витрати енергії (процес mobil).

Розглянуті процеси “Цеоформінг” і “Цеосин” дають можливість одержання високоякісних екологічно безпечних палив з набагато меншими затратами на виробництво, а у випадку процесу “Цеосин” одержувати палива з важких нафтових залишків вугілля та біо-відходів.

## ВПЛИВ УМОВ ЗБЕРІГАННЯ ПАЛИВ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ НА ЇХ ФІЗИЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ

Кравець К. О., Черняк Л. М.

(Національний авіаційний університет м.Київ)

В умовах обмеженої забезпеченості України первинними та вторинними енергоносіями пріоритетною постає проблема раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. Підвищення ефективності використання моторних палив натеper – це один із найреальніших напрямів вирішення енергетичних і екологічних проблем водночас.

Сьогодні 40 % нафти виливається у море під час аварій танкерів, 27 % під час перекачки по нафтопродуктопроводах, 16 % – під час зберігання. Значна частина цих втрат – це втрати від випаровування під час виконання різних технологічних операцій, зокрема, зберігання і транспортування. Таким чином, розробка наукових основ раціонального та економного використання моторних палив у процесах транспортування та зберігання є актуальною науково-прикладною проблемою. Розв'язання цієї проблеми сприятиме створенню необхідних і достатніх умов для підвищення ефективності використання моторних палив, функціонування транспорту, підприємств нафтопродуктозабезпечення та енергетичної галузі в цілому, а також зниження техногенного впливу на довкілля.

Одним із важливих показників бензинів є його випаровуваність, яка оцінюється за фракційним складом, що є умовним показником, тобто характеризується википанням різних фракцій за різних температур 10; 50; 90% бензину і закінчення википання бензину.

Від фракційного складу залежить пуск двигуна, час його прогрівання, спрацювання двигуна, витрата палива, токсичність спрацьованих газів тощо.

При зберіганні відбувається також окиснення вуглеводнів палива киснем повітря. При цьому утворюються смоли, органічні кислоти і інші шкідливі речовини. Швидкість окиснення різко збільшується при підвищенні температури і при дії сонячної радіації. Якщо зберігати бензин із смол 4 мг/100 мл (норма – не вище за 10 мг/100 мл) при температурі 10-20°C (то через місяць їх кількість збільшиться до 6 мг/100 мл, а при температурі 40-45°C – досягає декількох сотень міліграм, тобто бензин стане непридатним для використання.

Чим вищий індукційний період, тим краща стабільність бензинів і тим довше вони можуть зберігатися без помітного окиснення. Бензин з індукційним періодом 900 хв. можна зберігати до 1,5 років в північній і середній кліматичних зонах і близько 0,5 року – в південній. Але це справедливо при дотриманні всіх правил зберігання. Якщо ж в ємкостях є вода, іржа, бруд, продукти окиснення, що скупчилися раніше, то осмолення відбувається значно швидше.

Дизельне паливо теж, як і бензин, змінює свої властивості при зберіганні. Але воно значно стабільніше, і хоча також випаровується, але швидкість випаровування в 10 разів менша, ніж бензинів. До того ж випар легких фракцій викликає тільки невеликі кількісні втрати і практично не позначається на зниженні якості. При цьому декілька обважнює фракційний склад, підвищується в'язкість і температура спалаху. Але ці зміни не позначаються на роботі двигуна.

При тривалому зберіганні, особливо при підвищеній температурі, можуть відбуватися реакції окиснення, оскільки паливо містить до 20 % нестійких продуктів термічної переробки нафти. Наприклад, при температурі 20-25°C швидкість окиснення збільшується у вісім разів в порівнянні із зберіганням при 0°C. При цьому утворюються органічні кислоти і нейтральні смолисто-асфальтенові речовини. Паливо постійно набуває все більш жовтого забарвлення, а при великому осмоленні навіть світло-коричневого. Використовувати таке паливо не можна із-за збільшення корозійності і схильності до нагароутворення.

Автомобільне паливо і особливо бензини легко випаровуються і володіють великою текучістю. У літній час, наприклад, через відкриту пробку бочки протягом години може випаруватися до 1 кг бензину, а через відкриту горловину резервуару за добу може бути втрачено понад 100 кг бензину.

За статистичними даними іноземних компаній, втрати нафти і нафтопродуктів від випаровування при зберіганні і транспортуванні досягають 3 % загального об'єму видобутку.

Бензин може проникати через саму незначну нещільність швів резервуарів, через які вода і гас не проходять, утворюючи так зване «потіння» швів. Бензин при цьому тут же випаровується, проте втрати крізь 1 м «потіючого» зварного шва складають до 2 л в добу.

При нещільності в місцях з'єднань приладів живлення і змащування автомобіля, в резервуарах і їх арматурі, а також в заправному інвентарі з'являються підтікання у вигляді крапель. Втрати бензину в цьому випадку за годину складуть майже стакан. Якщо таких місць підтікання декілька, втрати зростає ще більше.

Отже, при транспортуванні, зберіганні, заправці автомобілів необхідно дотримуватись певних умов, щоб виключити зайві втрати палив і масел. Під час випаровування в основному втрачається найбільш цінна частка нафтопродуктів і тому разом з кількісними втратами відбувається погіршення їх якості. Крім того, підвищується пожежна небезпека.

## ВИМОГИ ДО СОРБЕНТІВ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ ЕМІСІЙ НАФТОПРОДУКТІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Сорока М. Л., Яришкіна Л. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Ліквідація залпових емісій нафтопродуктів у навколишнє середовище – актуальна задача забезпечення екологічної безпеки транспорту. Основним етапом ліквідаційних заходів є безпосередній збір пролитих нафтопродуктів. За для повної іммобілізації нафтопродуктів в навколишньому середовищі найбільш ефективними, в теоретичному та практичному сенсі, є технології з використанням спеціальних поглинальних матеріалів – сорбентів.

Збільшення ефективності використання сорбенту – основне завдання ліквідаційних заходів. Робота поглинальних матеріалів характеризується рядом показників: поглинальна ємкість, гідрофобність, селективність сорбції, кінетика насичення. Ці показники залежать від природи та морфології сорбенту та в першу чергу від умов, в яких проводиться насичення. Саме аналіз цих умов надасть змогу визначити головні вимоги до сорбентів нафтопродуктів, які використовуються при ліквідації емісій нафтопродуктів на залізничному транспорті.

Для визначення домінуючих факторів, які впливають на ефективність використання сорбентів нафтопродуктів нами були проаналізовані сценарії виникнення та розвитку аварійної ситуації при перевезенні нафтопродуктів залізничним транспортом. На основі даного аналізу було сформовано фактори роботи поглиначів нафтопродуктів:

1. вибухонебезпечність умов проведення ліквідаційних заходів;
2. можливість локалізації нафтопродуктів на поверхнях різного роду – металеві конструкції цистерн, баластна призма, рослинність, ґрунт, бетонні штучні споруди, поверхня води;
3. утворення систем «нафтопродукт-вода»;
4. інтенсивність випаровування нафтопродуктів з різного роду поверхонь;
5. не прогнозована можливість займання нафтопродуктів та систем «нафтопродукт-вода», «нафтопродукт-сорбент», газоповітряних сумішей;

На основі факторів, які наведені вище, були сформовані вимоги до сорбентів, які використовують для збору емісій нафтопродуктів на залізничному транспорті, в різних умовах проведення ліквідаційних заходів. Основними з цих вимог є:

1. загальні вимоги: не містить токсичних компонентів, не потребує спеціальних умов зберігання, придатний до багаторазового використання, простий в утилізації;
2. для мінімізації можливості виникнення пожеж та вибуху: мінімальний вміст горючих речовин, не утворює токсичних продуктів горіння, містить речовини, які сповільнюють поширення полум'я, чи унеможливають його появу;
3. для ефективної іммобілізації нафтопродуктів: висока поглинальна здатність, велика швидкість насичення, структура сорбенту не порушується у насиченому стані, універсальність застосування;
4. для роботи в системі «нафтопродукт-вода»: селективність сорбції, гідрофобність, незмінність показників поглинальної здатності при збільшенні вологості, плавучість;

Представлені вище вимоги є загальними, проте вони надають можливість розробки сорбенту нафтопродуктів – як «ідеального тіла». Ці вимоги можливо використовувати при розробці нових сорбентів нафтопродуктів та порівнянні їх між собою.

## СОРБЦИЯ ОКСИДА СЕРЫ (IV) СПИРТОВЫМИ РАСТВОРАМИ АМИНОВ

Редько Т. Д., Кожухарь В. Я., Васютинская К. А., Имели Д.  
(Одесский национальный политехнический университет)

The sorption of the oxides of the sulphur by the alcohol solution of amines explored. It was installed by photometric method, that the oxides of the sulphur forms the 1:1 composition with aniline, N,N-dimethyl-, N,N-dipropyl- and N,N-dibuthylanilines. It was offered chemistry formation of the complexes and determined the constants of their balance under 293 K.

Одним из самых распространенных загрязнителей воздушного бассейна является оксид серы (IV). В результате сжигания различных видов топлива во всем мире ежегодно в атмосферу поступает от 120 до 150 млн. т оксида серы (IV), эмиссия диоксида серы стационарными источниками предприятий железнодорожного транспорта составляет 7 тыс.т./год. Важная роль  $\text{SO}_2$ , как поллютанта атмосферы стимулировала развитие исследований поглощения этого газа различными системами.

Процессы сорбции оксида серы (IV) водными растворами азотсодержащих оснований достаточно подробно описаны в литературе.

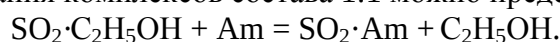
Спектрофотометрически в УФ области исследованы системы амин- оксид серы (IV) -этанол, где в качестве аминов использованы анилин, N,N-диметил-, N,N-дипропил- и N,N-дибутиланилины.

Молекула  $\text{SO}_2$  имеет две полосы поглощения в ближней ультрафиолетовой области при 360 и 290 нм, которые соответствуют триплетному и синглетному п-π переходам. Максимум полосы поглощения в этаноле наблюдали при 280 нм, что отвечает комплексу состава  $\text{SO}_2 \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . При добавлении амина к спиртовому раствору оксида серы (IV) спектр заметно изменился. Практически положение полосы 280 нм не менялось, хотя наблюдалось уменьшение интенсивности, а в коротковолновой области появлялись интенсивные полосы поглощения, что указывает на образование комплекса  $\text{SO}_2$  и амина. При увеличении концентрации донора интенсивность максимума поглощения также уменьшалась.

Наибольшее изменение в ряду исследованных аминов наблюдается в случае анилина, где длинноволновая полоса поглощения  $\text{SO}_2$  смещается в сторону коротких волн и появляется максимум при 260 нм. Идентификация этой полосы затруднена, но можно связать ее с переносом электронов донора на вакантную орбиталь  $\text{SO}_2$ . Для подтверждения этого требуется изучить влияние растворителя на характер поглощения.

Константы равновесия, образующихся комплексов состава 1:1 при 293 К, определенные по наклону прямой построенной в координатах  $D/C_{\text{B}}^0$  к  $D_{\text{X}}$ , где  $D = D_{\text{X}} - D^0$ ,  $D_{\text{X}}$  – оптическая плотность исследуемой системы в области максимального поглощения комплекса,  $D^0$  – оптическая плотность раствора  $\text{SO}_2$  в этаноле при этой же длине волны,  $C_{\text{B}}^0$  – начальная концентрация донора, увеличиваются в ряду анилин, N,N-диметил-, N,N-дипропил- и N,N-дибутиланилины. Такое изменение констант равновесия находится в соответствии с изменением констант основности аминов.

Таким образом, учитывая большую устойчивость аминных комплексы  $\text{SO}_2 \cdot \text{Am}$  по сравнению с комплексами  $\text{SO}_2 \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , появление полосы поглощения комплекса  $\text{SO}_2 \cdot \text{Am}$  и уменьшение интенсивности полосы поглощения  $\text{SO}_2$ , связанного в комплекс с этанолом реакцию образования комплексов состава 1:1 можно представить так:



## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА У СВІТІ

Лютий О. С., Аксьонов О. Ф., Бойченко С. В., Терьохін В. І.  
(Національний авіаційний університет, м. Київ)

In report examined basic aspects changings on world's oil and oil products market also preservation of the environment which were brought to find alternative kinds of fuels, stated basic way to develop produce biodiesel fuel in the world.

Аналізуючи публікації світових видань по проблемах нафтового ринку, можна констатувати, що можливо, через декілька десятків років, світових ресурсів нафти і газу вже буде недостатньо для покриття світових потреб транспорту, енергетики і хімічних виробництв. Крім того, в світі постійного спостерігається зростання цін на нафту. Одним з вирішень цієї проблеми може стати використання поновлюваних джерел енергії. Серед альтернативних нафтопродуктів найбільш поширеним і перспективним вважається біодизельне паливо. Використання біопалив знижує емісію практично всіх шкідливих речовин в порівнянні із застосуванням нафтових дизельних палив. На міжнародній конференції з олієхімії, що проходила в Амстердамі в 2003 році, було відмічено, що розвиток виробництва біодизельного палива у всьому світі в даний час є неминуchoю реальністю, інвестиції в цей напрям продовжують зростати. У подальші декілька років продовжуватиметься стійке зростання якості європейської продукції. Майбутній розвиток залежатиме від виконання Директиви ЄС на національному рівні. Такому збільшенню повинна сприяти сприятлива податкова політика відносно чистих біопалив і їх сумішей з нафтовими. Вартість біодизельного палива поки вище за вартість нафтового дизельного палива – близько 0,4 дол. США за 1 л ( у 2001 р. його вартість складала близько 0,8 дол. США за 1 л, в 1998 р. вартість була – 1-1,1 дол. США). Враховуючи зростання цін на нафту, застосування біодизельних палив стає економічно все більш вигідним, якщо враховувати податкові пільги, що надаються урядами різних країн. У США (штат Техас) акцизи на біопаливо B20 понижені з 20 до 16 центів за галон, в інших штатах акцизні ставки зменшуються на 1 цент за кожен відсоток біодобавки в дизельне паливо. У Німеччині біодизельне паливо не обкладається екологічним податком і податком на нафту. У Великобританії почали виробництво біодизельного палива з використаної соняшникової олії, що робить його на 20 % дешевше за аналогічні нафтопродукти. Країни Західної Європи в даний час займають лідируючі позиції на ринку біопалива. Об'єм його виробництва в 20 разів більший, ніж в США. У листопаді 2001 року Європейська Комісія затвердила пакет законопроектів по впровадженню і використанню альтернативних палив: у 2005 р. до 2 %, до 2010 р. – до 5,75 %. До 2020 р. об'єм їх виробництва повинен складати 10 % від загального об'єму палив з нафтової сировини. Висновок:

- постійне збільшення цін на нафту та вимоги екологічного фактору до нафтових палив вимагають до розроблення палив з відновлювальної сировини, зокрема біодизельного палива;
- останнім часом спостерігається розвиток і виробництво альтернативних палив в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні;
- розвиток виробництва біодизельного палива в країнах ЄС та інших державах спостерігається прийняттям державних програм з наданням преференцій виробникам альтернативних палив;
- світовий бум виробництва біопалива, викликає занепокоєння щодо цін на продукти харчування та надання шкоди навколишньому середовищу. Інвестиції повинні йти в пер-

шу чергу в інновації та технології, а також продуктивності культур, продуктивності угідь, що використовуються для виробництва біопалив;

- нові можливості економічного зростання для країн 3-го світу, що розвиваються, зокрема в якості забезпечення сировиною світовий ринок.

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОКОНДЕНСАТУ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕНЕРГОНОСІЯ ЧИ СИРОВИНИ

Запорожець О. І., Вовк О. О., Нікітченко Ю. С.  
(Національний авіаційний університет, м. Київ)

Below there is represented a results of laboratory tests for pyrocondensate (liquid product of thermal treatment of scrap tires,) and its composition, on the base of which a perspectives of its ecological friendly application as alternative energy carrier or raw material are defined.

Піроконденсат – рідка фракція вуглеводнів, що утворюється в процесі конденсації паро-газової суміші під час термічної переробки відпрацьованих шин для транспортних засобів. Це складна суміш індивідуальних вуглеводнів, композиційний склад якої залежить від умов протікання процесу термічної обробки.

Для визначення перспективних напрямків екологічно-безпечного застосування піроконденсату було виконано серію лабораторних досліджень. Під час лабораторного дослідження хімічного та групового складу піроконденсату методами ІЧ- та мас-спектрометрії було встановлено, що ці рідкі вуглеводні містять в своєму складі дуже мало парафінових вуглеводнів – близько 4,5% мас., вміст циклопарафінових – 24,4% мас., а вміст ароматичних вуглеводнів складає бл. 30% мас. (при цьому виявлено значну кількість гібридних парафіно-циклічних та нафтенно-ароматичних структур). Також характерним є високий вміст ненасичених вуглеводнів, приблизно 35% мас. у перерахунку на вихідний зразок. Сумарний вміст фракцій в досліджуваному продукті складає 80% (64% мас.), в тому числі вміст вуглеводнів, характерних для «бензинової фракції» (з межами википання 38°-180°C) приблизно 22,59% мас. та для «дизельної фракції» (180° - 350°C) приблизно 41,36% мас., смолоутворюючих речовин – 35, 0% мас.

Одним із важливих напрямів застосування рідкого продукту піролізу шинних відходів може бути його використання в якості альтернативного замітника пічного палива для теплогенераторів побутових опалювальних установок чи асфальтобетонних сумішей для дорожнього будівництва, оскільки для цих технологій невисока хімічна стабільність піроконденсату є прийнятним показником. Також не виключається використання у складі судових малов'язких палив.

Оскільки піроконденсат це в основному концентрат олефіно-нафтенно-ароматичних вуглеводнів (близько 94%), то він може слугувати цінною сировиною для отримання високоякісного палива цикло-парафінової основи. Для цього отриманий продукт слід піддати процесу високотемпературного гідрування та гідроочистки (вміст загальної сірки становить 0,73 %мас.).

Ненасичені (олефінові) вуглеводні, які містяться в продукті піролізу, рекомендується видаляти шляхом атмосферної чи азеотропної відгонки, які в подальшому допустимо використовувати для приготування композиційних сумішей селективних розчинників, що слугують для видалення нафтових асфальто-смолистих-парафінових відкладень, механічних домішок та шламів із донних відкладень ставків-накопичувачів нафтопереробних заводів, резервуарів для зберігання та перекачки нафти і нафтопродуктів. Вміст лімонена та інших терпенових вуглеводнів не перевищує 1,5 %.



Фракція 180-350°C, яка переважно містить ароматичні та ненасичені вуглеводні, являє собою цінний матеріал для отримання алкіл бензолів, нафталіну, полімерів та інших видів хімічної сировини та напівпродуктів.

Так як в досліджуваному продукті містяться високосмолисті сполуки та механічні домішки, то при подальшій хімічній та технологічній переробці доцільно виконувати попередню стадію вакуумного фільтрування та декантацію вказаного продукту при температурі 50-60° С для зменшення вмісту таких сполук та домішок.

## ФОРМУВАННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ ОБРОБКОЮ ЕЛЕКТРИЧНИМ ПОЛЕМ

Трофімов І. Л. (Національний авіаційний університет, м. Київ),  
Суліман О. М. (Слав'янський коледж Національного авіаційного університету, м. Київ)

Conformities to the law influence of electric treatment of lubricating environments are investigational on forming of tribotechnical properties surfaces of friction

Проблема тертя та зношування деталей машин і механізмів належить до числа найбільш складних проблем сучасної техніки. Як відомо, основною причиною виходу з ладу в процесі експлуатації машин і механізмів є зношування їх поверхонь тертя, яке залежить від природи тертя, мастильного матеріалу і режимів навантаження. Відомо, що сучасна техніка оснащена складними гідроагрегатами, які виконують важливі функції, наприклад в системах керування літальними апаратами і паливній автоматичній авіаційних двигунів, в паливних системах двигунів внутрішнього згорання та в системах керування наземної техніки.

Праця присвячена дослідженню формування триботехнічних властивостей поверхонь тертя дослідних зразків, напрацьованих у мастильному середовищі (МС) обробленому електричними полями за допомогою розробленого авторами пристрою для підвищення протизносних властивостей паливно-мастильних матеріалів (*пат. № 31878 Україна*).

У якості МС було вибрано авіапаливо ТС-1, як таке вуглеводневе середовище, що володіє низькими реологічними властивостями. Випробування проводились на комплексі для вивчення трибологічних характеристик при корозійно-механічному зношуванні матеріалів за схемою «палець-площина», матеріал зразків ШХ15 – фотографічне скло,  $v = 0,630$  м/с,  $P = 5$  Н. Розміри пальця-зразка: діаметр – 4 мм, довжина – 25мм. Зразок № 1 працював у базовому (не обробленому) середовищі авіапалива ТС-1. Зразок № 2 працював у середовищі авіапалива ТС-1, обробленого електричними полями протягом 1 години за напруги  $U = 2000$  В та напруженості поля  $E = 1,1 \cdot 10^6$  В/м. Загальний вигляд поверхонь тертя було досліджено на приладі РЕМ 106И, різниця потенціалів при бомбардуванні вторинними електронами становила 20 кВ.

Порівнюючи мікрофотографії поверхонь тертя зразків № 1 та № 2 виконаних у режимі Сопро (режим рентгеноструктурного аналізу за допомогою відбитих електронів), встановлено суттєву різницю фазового складу. Чітко видно, що на поверхні зразка № 1 спостерігається більша кількість темних плям та оптично встановлено їх більший розмір. На мікрофотографіях чітко видно, що площа, яку займають темні плями мікроповерхні зразка № 1 у 3 – 4 рази більша за площу темних плям зразка № 2. Відповідно до методики рентгеноструктурного аналізу на РЕМ 106И більш темні зони характеризують більш легкі складові, тобто контрастніше забарвлення означає, що структури цього типу є більш насичені хімічно активними компонентами середовища зареєстрованими мікроскопом. Світлі зони характеризують більш важкі складові структури поверхонь, у нашому випадку ме-

тал. Тому з упевненістю можна стверджувати, що темні плями на поверхні зразків указують на різний фазовий склад, а більші за розміром та контрастом темні плями зразка № 1 є легкою структурою (оксидами заліза), про що також свідчить контроль хімічного складу дослідних зразків. Так, у поверхневих структурах зразка № 1 виявлено 1,68 % кисню, 1,28 % хрому та 97,10 % заліза, при дослідженні поверхневих структур зразка № 2 кисню не виявлено, склад хрому становив 1,45 %, склад заліза – 98,6%. Мікроаналіз поверхневих структур дослідних зразків підтвердив, що вторинні структури зразка № 2 мають меншу товщину і є більш еластичними.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО УЛОВЛЮВАЧА КРАПЕЛЬ

Горбулицький О. П., Жевжик О. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The mathematical model of movement of an air-drop stream in an electrostatic catcher of drops is developed. Movement trajectories, temperature and diameter of drops, and also necessary parameters of a catcher are defined.

В технічних системах оборотного водопостачання промислових підприємств та громадянських будівель використовуються випарні градирні. Внаслідок своєї високої ефективності це найбільш розповсюджений охолоджувач, але в той же час випарні градирні являють собою потужне джерело негативного впливу на навколишнє середовище. Це пов'язано з тим, що працююча градирня викидає в атмосферу пароповітряну суміш, яка містить у собі водяні краплі розміром 1...500 мкм. Ця суміш у вигляді туману підіймається на висоту близько 200...300 м і разом із вітром переноситься на великі відстані. Краплини води осаджуються на дротах лініях електропередач, стінках будівель, поверхнях різних споруд, а також потрапляють всередину приміщень через забірні пристрої систем вентиляції та кондиціонування.

Основним методом боротьби з виносом крапель із градирні на даний час є встановлення водовловлювачів інерційного типу. Вони працюють по принципу осадження крапель води із потоку, який огинає лопатки водовловлювача, за рахунок інерційних сил.

Показником ефективності водовловлювача є кількісний показник  $q_{\text{вин}}$  – втрата води з градирні, яка виражається у відсотках від загальної витрати води. Ефективність таких водовловлювачів коливається в межах від 0,001 % до 0,5 %. Такий розкид показників пояснюється великим розмаїттям типів водовловлювачів, що застосовуються, різністю умов, в яких вони працюють, а також існуючих методів оцінки якості уловлювання. Оскільки інерційний водовловлювач практично не здатен вловити краплі з діаметром менше 100 мкм, то для зменшення  $q_{\text{вин}}$  виникає необхідність принципово змінити концепцію системи затримання крапель, які виносяться із градирень.

На кафедрі теплотехніки для вирішення екологічної проблеми американських міст спільно із Пенсільванським університетом (США) був розроблений електростатичний уловлювач крапель, призначений для очистки викидів промислових апаратів та споруджень з використанням електрокінетичних методів обробки матеріалів. При впливанні на аерозолі електричними полями високої напруженості здійснюється електрогазоочищення, тобто виділення з газового потоку твердих або рідких часток. Це дозволяє вловлювати краплі з діаметром 1...500 мкм.

Для розрахунку електростатичного уловлювача була створена математична модель виділення крапель води з потоку повітря. Ця модель складається з системи диференціальних

рівнянь руху, енергії та зміни маси краплин. До складу рівнянь входять сила тяжіння, аеродинамічного опору, кулонівська та сила інерції. Початковими умовами для розрахунку були відомі швидкості краплин, температура, маса та їх координати на вході в уловлювач. Теплофізичні властивості повітря, водяної пари та краплин води визначали апроксимацією відомих табличних даних.

Система рівнянь розв'язувалась методом Рунге-Кутта четвертого порядку точності.

В результаті одержано траєкторії краплин, зміна температури та їх діаметра. Це дозволило визначити необхідні геометричні розміри секції уловлювача та параметри електричного поля, які необхідні для ефективної роботи пристрою.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ПРИГОРОДНЫХ ЭЛЕКТРОПОЕЗДАХ

Михайлов А. В. (ПГУПС), Емельянов А. Л. (СПбГУНиПТ)

In this paper provides an analysis and review of existing systems of ventilation and air conditioning coaches commuter trains, and also some of the trends in the design and development of new systems.

В данной работе выполнен анализ и обзор существующих систем кондиционирования воздуха вагонов пригородных электропоездов, а также некоторые тенденции при проектировании и разработке новых систем. Первая попытка внедрения системы кондиционирования воздуха на электропоезде была предпринята в СССР в середине 60-х годов прошлого века на поездах серии ЭР22. В кабину машиниста были установлены бытовые оконные кондиционеры, которые проработали от 3 до 5 лет, но из-за отсутствия ремонтной базы были демонтированы. Вторая попытка внедрения кондиционеров на электропоездах была сделана в середине 80-х годов, когда кондиционерами в кабинах был оборудован опытный состав ЭР29-1 и несколько серийных составов ЭР2Т. Эти кондиционеры были специально разработаны для установки на электропоезд и успешно проработали несколько лет. Уже при установке кондиционеров в кабинах выяснилось, что мощность цепей управления недостаточна для обеспечения нормальной работы оборудования на вагонах с кондиционерами. Поэтому в серию электропоезда с кондиционерами в кабинах в 80-е и 90-е годы не пошли. Третья попытка установки кондиционеров на электропоезда связана с появлением составов повышенной комфортности. Для их питания на вагоны устанавливались отдельные статические преобразователи. Первым вагоном, оснащенный специализированной климатической установкой стал ЭД4МК-002411. Установка оказалась неудачной по конструкции и за все время эксплуатации вагона почти не использовалась. Первыми электропоездами с системами охлаждения приточного воздуха стали поезда ЭД4М (Спутник). Уже более 8 лет они успешно эксплуатируются на МЖД. В настоящее время изготовлено два электропоезда с полным кондиционированием. В качестве кондиционеров использованы установки производства ЗАО «Петроклима» (Санкт-Петербург). Авторами выполнен анализ микроклимата в вагоне и расчеты системы воздухораспределения.

## НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОКРАСОЧНЫХ КАМЕР ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

Долина Л. Ф., Мищенко А. А.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Краскосодержащие сточные воды в окрасочном производстве образуются при окраске вагонов методом пневматического распыления, который более широко используется при нанесении лакокрасочных покрытий. Этим методом наносят примерно 70% всех производимых лакокрасочных материалов (ЛКМ), поскольку он обеспечивает хорошее качество покрытий, возможность обработки больших поверхностей и высокую производительность. Недостатком метода являются большие потери ЛКМ (20-75%), образование окрасочного тумана и необходимость интенсивного удаления загрязненного воздуха для создания нормальных и безопасных условий труда.

Окрашивание вагонов производят в распылительных камерах, оборудованных вентиляционными установками и гидрофилтрами для очистки отсасываемого воздуха. Новейшие конструкции установок окрашивания позволяют улавливать до 99,7 – 99,95% окрасочной пыли из воздуха. Загрязненная вода сливается в ванную гидрофилтра, откуда циркуляционным насосом подается на повторное использование в распределительную систему гидрофилтра. После многократного использования вода гидрофилтра, представляющая собой высококонцентрированную коллоидную систему, периодически (один раз в 10 – 30 дней) должна подвергаться локальной очистке, а не сбрасываться в водоемы или городскую канализацию. Городская канализация такие стоки не принимает, так как они содержат высокотоксичные соединения, нарушающие биологические процессы очистки на станциях аэрации.

Основными загрязнениями этих сточных вод являются остатки ЛКМ, в состав которых входят:

- пленкообразующие полимерные смолы (эпоксидные, алкидные и др.);
- пигменты (железный сурик, диоксид титана, оксид цинка, свинцовый крон и др.);
- наполнители (каолин, барит, тальк, микрокальций и др.);
- пластификаторы (фосфаты, фталаты);
- растворители (ацетон, спирт, толуол, ксилол, ацетон);
- сиккативы (кобальтовые, марганцевые, свинцовые, нафтенаты);
- добавки (отвердители, стабилизаторы, инициаторы, эмульгаторы и др.).

Большинство из перечисленных выше веществ являются высокотоксичными соединениями и лимитируются санитарными нормами. Содержание ЛКМ в сточных водах изменяются в широких пределах, зависит от многих факторов и может быть от 50 мг/л до 10 г/л, растворителей – от 150 мг/л до 16 г/л. Допустимое содержание ЛКМ в циркуляционной воде гидрофилтров не должно превышать 300 – 400 мг/л. Технология очистки сточных вод включает в себя:

- смеситель, где происходит перемешивание стоков с коагулянтами и флокулянтами;
- тонкослойный отстойник из пластмассы для удаления осадка;
- электрофлотатора с растворяющимися алюминиевыми анодами;
- фильтр доочистки.

Эффективность применения различных коагулянтов (из отходов различных производств, а также элюаты катионитовых фильтров водоумягчительных установок и др.) зависит от вида используемых ЛКМ.

Эффект очистки составляет 80 – 90%, что позволяет использовать воду в циркуляционной системе в течении длительного времени без сброса или сброса для доочистки на общезаводские очистные сооружения или в городскую канализацию.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСАХ НА ПРОМПЛОЩАДКАХ

Гулько Е. Ю.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

В докладе рассматриваются задачи загрязнения воздушной среды при аварийных выбросах или разливах опасных веществ на промышленных площадках. Ставится задача прогноза динамики загрязнения атмосферы и риска токсичного поражения людей как на промплощадке, так и внутри зданий при затекании в них токсичного газа.

Для решения поставленных прогнозных задач используется уравнение переноса примеси в турбулентном потоке:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial u \varphi}{\partial x} + \frac{\partial v \varphi}{\partial y} + \frac{\partial w \varphi}{\partial z} + \sigma \varphi = \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) + \sum q_i(t) \delta(r - r_i)$$

где  $\varphi$  – концентрация токсичного газа;  $u, v, w$  – компоненты вектора скорости ветра;  $\mu = (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$  – коэффициенты турбулентной диффузии;  $t$  – время;  $\sigma$  – коэффициент, учитывающий химический распад загрязнителя;  $r_i = (x_i, y_i, z_i)$  – координаты источника выброса;  $q_i$  – мощность выброса токсичного вещества в атмосферу при аварии;  $\delta(r - r_i), \delta(r - r_j)$  – дельта функция Дирака.

Для численного интегрирования уравнений модели используется неявная поперечно-треугольная разностная схема. Разностная схема является абсолютно устойчивой и реализуется на каждом дробном шаге по методу бегущего счета.

Для расчета поля скорости воздушного потока при обтекании зданий используется модель потенциального течения. Численное интегрирование уравнения для потенциала скорости осуществляется с помощью неявной разностной схемы А.А. Самарского.

Для формирования вида расчетной области с учетом размещения в ней зданий различной формы, их различного расположения на промплощадке применяется метод маркирования. Применение данного метода дает возможность быстро формировать вид новой промышленной площадки.

Представлены результаты серии вычислительных экспериментов по расчету динамики загрязнения атмосферы в случае аварийных выбросов и разливах различных химически опасных веществ.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СКВАЖИН

Беляев Н. Н., Сухинский Э. Е.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Рассматриваются задачи оценки эффективности различных методов защиты от загрязнения безнапорных и напорных подземных вод. Исследования проведены для систе-

мы скважин, осуществляющих либо откачку загрязненных вод из водоносного горизонта, либо подачу в горизонт нейтрализующих растворов.

Для решения задач используются математические модели геомиграции. Для моделирования течения в безнапорном и напорном подземных водоносных горизонтах применяются следующие плановые модели:

а) безнапорный горизонт

$$m \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (k_x h \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k_y h \frac{\partial h}{\partial y}) \pm \sum W \delta(x - x_i) \cdot \delta(y - y_i)$$

где  $m$  – недостаток насыщения;  $h$  – глубина потока;  $k$  – коэффициент фильтрации;  $W$  – дебит скважины;

б) напорный горизонт

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (k_x b \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k_y b \frac{\partial h}{\partial y}) \pm \sum W \delta(x - x_i) \cdot \delta(y - y_i)$$

где  $S$  – емкость пласта;  $b$  – мощность пласта.

Процесс миграции загрязняющего вещества (или нейтрализатора) описывается уравнением

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (\mu_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\mu_y \frac{\partial C}{\partial y})$$

где  $C$  – концентрация;  $u, v$  – компоненты вектора скорости;  $\mu = (\mu_x, \mu_y)$  – коэффициент диффузии.

Численное интегрирование проводится с использованием попеременно-треугольных неявных разностных схем и метода условной аппроксимации.

В докладе приводятся результаты комплекса вычислительных экспериментов по защите водоносных горизонтов при аварийных разливах неорганических кислот. Рассматривались различные варианты ликвидации зоны загрязнения, отличающиеся количеством рабочих скважин, схемой их расположения, а также работой (т.е. в режиме откачки или как поглощающие). Полученные результаты позволяют оптимизировать процесс защиты от загрязнения водоносных горизонтов.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСАХ И РАЗЛИВАХ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА

Машихина П. Б.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

В работе рассматривается применение разработанных двухмерных и трехмерных численных моделей для расчета загрязнения атмосферы в случае аварийных выбросах и разливах токсичных веществ. Разработанные численные модели позволяют при моделировании учесть такие факторы: реальный рельеф местности, тип аварийного выброса, изменение профиля скорости ветра с высотой.

Для моделирования процесса переноса токсичного газа в атмосфере используется трехмерное уравнение переноса примеси

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_s)C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} (\mu_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\mu_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\mu_z \frac{\partial C}{\partial z}) + \sum Q_i(t) \delta(r - r_i) \quad (1)$$

где  $C$  - концентрация токсичного газа;  $u, v, w$  – компоненты вектора скорости воздушной среды;  $w_s$  - скорость оседания примеси;  $\mu = (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$  – коэффициент турбулентной диффузии;  $Q$  – интенсивность выброса токсичного вещества;  $\delta(r - r_i)$  - дельта-функция Дирака;  $r_i = (x_i, y_i, z_i)$  – координаты источника выброса.

Поле скорости воздушного потока при обтекании рельефа рассчитывается на базе двух математических моделей: модель потенциального течения и модель невязких отрывных течений идеальной несжимаемой жидкости (двухмерная модель). Применение данных моделей дает возможность оперативно рассчитать поле скорости в области сложной геометрической формы.

В работе также рассматривается прогноз теплового загрязнения атмосферы после горения огненного шара, когда на процесс загрязнения оказывает существенное влияние перенос тепла конвекцией и теплопроводностью. Для моделирования этого процесса используется уравнение энергии аналогичное по виду уравнению (1). Для численного интегрирования уравнений модели используются неявные разностные схемы.

Представлены результаты серии вычислительных экспериментов по расчету динамики загрязнения атмосферы после аварий на участке железной дороги станция Днепропетровск – Южный и станция Встречный.

## ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АКВАТОРИИ РЕКИ ДНЕПР ПРИ АВАРИЙНОМ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД

Покутнева Л. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

В работе представлены результаты численного моделирования загрязнения акватории реки Днепр при сбросе сточных вод, содержащих радиоактивное загрязнение из отстойника. Отстойник находится на острове о. Корчеватый, выше г. Днепропетровска. Задачей численного моделирования являлась оценка размера зоны загрязнения реки в случае прорыва дамбы на отстойнике.

Для решения гидродинамической задачи (расчет поля скорости в реке) используется следующее уравнение

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0,$$

где  $P$  - потенциал,  $u = \frac{\partial P}{\partial x}$ ,  $v = \frac{\partial P}{\partial y}$  - компоненты вектора скорости водной среды в реке.

Для расчета процесса миграции загрязнителя в акватории реки применяется уравнение конвективно-диффузионного переноса примеси

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x}(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y}) + Q(t)\delta(x - x_i)\delta(y - y_i),$$

где  $C$  – объемная активность;  $u, v$  – компоненты вектора скорости водного потока;  $Q(t)$  - интенсивность поступления загрязнителя;  $t$  – время;  $x_i, y_i$  – координаты места аварийной утечки;  $\delta(x - x_i)\delta(y - y_i)$  - дельта-функции Дирака;  $\mu = (\mu_x, \mu_y)$  – коэффициент диффузии.

Сложность решения данной задачи заключалась в том, что на рассматриваемом участке русло имеет сложную геометрическую форму. Для построения алгоритма расчета в работе используется метод маркирования расчетной области (за рубежом данный метод называют porosity technique). Применение данного подхода позволяет достаточно быстро

формировать вид расчетной области в дискретной модели. Для численного интегрирования уравнений модели применяются неявные разностные схемы: схема условной аппроксимации и попеременно-треугольная разностная схема расщепления.

В работе представлены результаты численного моделирования, на основе которых можно определить размеры зоны загрязнения в реке при аварийном сбросе радиоактивных сточных вод. С помощью вычислительного эксперимента показано, что путем регулирования расхода воды в реке можно уменьшить скорость формирования зоны загрязнения реки.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ В СЛУЧАЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Беляева В. В., Лукаш Д. В.  
(ДНУ, г. Днепропетровск)

При проектировании систем аварийной вентиляции (АВ) интенсивность воздухообмена является одним из основных параметров АВ. Величина этого параметра определяется СНиПом исходя из токсичности того или иного загрязнителя. Однако, только задание величины воздухообмена не позволяет определить эффективность работы вентиляции при аварии, так как неравномерное распределение концентрации загрязнителя может играть решающую роль в возникновении вторичной аварии. В настоящей работе для расчета вентиляции помещения загазованного токсичным газом рассматривается применение трехмерной численной модели. В основу модели положено следующее уравнение миграции примеси в воздушной среде

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_s)C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} (\mu_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \\ + \frac{\partial}{\partial y} (\mu_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\mu_z \frac{\partial C}{\partial z}) + \sum Q_i(t) \delta(r - r_i) \end{aligned}$$

где  $C$  - концентрация опасного вещества в помещении;  $u, v, w$  - компоненты вектора скорости воздушной среды;  $w_s$  - скорость оседания опасного вещества;  $\mu = (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$  - коэффициент турбулентной диффузии;  $Q$  - интенсивность выброса токсичного вещества в помещении;  $\delta(r - r_i)$  - дельта-функция Дирака;  $r_i = (x_i, y_i, z_i)$  - координаты источника выброса.

Для расчета поля скорости воздушного потока в помещении, индуцированного работой вентиляции используется модель безвихревых течений невязкой жидкости.

Численное интегрирование уравнений модели осуществляется с помощью неявных разностных схем.

На основе созданной численной модели разработан пакет прикладных программ «ROOM-3D», позволяющий решать широкий круг прикладных задач, связанных с проблемой загазованности и вентиляции помещений. Практическое использование данного пакета программ рассмотрено на примере решения следующих задач:

- вентиляция производственного помещения при аварийных разливах и утечках из технологического оборудования;
- вентиляция производственного помещения при залповом выбросе;
- моделирование сорбции токсичного газа на поглощающих поверхностях, расположенных в помещении. Выполнена оценка эффективности применения этого метода для решения задачи по снижению загазованности в помещении;



- оценка эффективности дегазации помещения при подаче нейтрализующих растворов через спринклерные установки.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Беляев Н. Н., Билыч Е. И., Якубовская З. Н.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

В работе рассматриваются задачи прогноза уровня загрязнения воздушной среды в производственных помещениях при аварийных выбросах токсичных газов. Для моделирования процесса переноса токсичного вещества в помещении после залпового выброса, полунепрерывного и т.п. используется трехмерное уравнение миграции примеси

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad (1)$$

где  $C$  – концентрация токсичного газа;  $u, v, w$  – компоненты вектора скорости воздушной среды в декартовой системе координат  $X, Y, Z$ ;  $\mu_x, \mu_y, \mu_z$  – коэффициенты турбулентной диффузии.

Для расчета поля воздушного потока в помещении при работе вентиляции используется модель потенциального течения. Тогда компоненты скорости воздушной среды определяются соотношениями

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial P}{\partial y}, \quad w = \frac{\partial P}{\partial z}, \quad \text{где } P \text{ – потенциал.}$$

Уравнение для определения потенциала имеет вид

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = 0. \quad (2)$$

Для численного интегрирования уравнений (1) и (2) используется прямоугольная разностная сетка с применением метода маркирования. Уравнение (1) интегрируется с использованием попеременно-треугольной неявной разностной схемы расщепления.

Для численного интегрирования уравнения (2) используется идея «установления решения по времени», т. е. интегрируется уравнение вида

$$\frac{\partial P}{\partial \eta} = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2},$$

где  $\eta$  – фиктивное время.

Численное интегрирование данного уравнения проводится с помощью неявной разностной схемы условной аппроксимации.

Представлены результаты расчета динамики загрязнения воздушной среды при различных типах аварийных ситуаций в помещениях. Исследована динамика дегазации помещений при работе аварийной вентиляции и при применении метода нейтрализации.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТЫ АТМОСФЕРЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Лисняк В. М.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

В докладе рассмотрено применение разработанного кода для оценки эффективности процесса нейтрализации облака токсичного газа, мигрирующего в атмосфере. Подача нейтрализатора осуществляется с вертолета. Особенностью разработанного кода является то, что он может учесть следующие факторы: геометрическую форму облака, образовавшегося на месте аварии, изменение скорости ветра с высотой, различную величину коэффициентов турбулентной диффузии, различное распределение концентрации загрязнителя в облаке, появившегося на месте аварии. В основу работы кода положена математическая модель переноса примеси в атмосфере. Модель позволяет учесть различную траекторию движения вертолета, подающего нейтрализатор и режим подачи нейтрализатора. Для решения используется трехмерное уравнение миграции примеси в атмосфере

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\mu_z \frac{\partial C}{\partial z}) + \sum Q_i(t)\delta(r - r_i)$$

где  $C$  - концентрация токсичного вещества (нейтрализатора) в атмосфере;  $u, v, w$  - компоненты вектора скорости ветра;  $\mu = (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$  - коэффициент турбулентной диффузии  $Q$  - интенсивность выброса токсичного вещества (интенсивность выброса нейтрализатора);  $\delta(r - r_i)$  - дельта-функция Дирака;  $r_i = (x_i, y_i, z_i)$  - координаты источника выброса.

Численное интегрирование данной модели проводится с использованием четырехшаговой неявной попеременно-треугольной разностной схемы.

Для формирования сложной геометрической формы облака, траектории движения вертолета, подающего нейтрализатор, применяются маркеры.

На базе модели проведено исследование по эффективности подавления токсичного облака HCN, HF, аммиака, образовавшегося на месте аварийного выброса.

Вычислительный эксперимент проведен для различных сценариев подачи нейтрализатора в мигрирующее облако. Рассчитана динамика нейтрализации токсичного газа с течением времени. Представлены изолинии зоны загрязнения при проведении защитного мероприятия, позволяющие визуально оценить эффективность данного метода защиты.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Беляев Н. Н.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

В работе представлены результаты численного исследования загрязнения подземных водоносных горизонтов под действием накопителей производственных сточных вод, расположенных в Павлоградском и Криворожском районах Днепропетровской области. Как известно, данные техногенные источники оказывают интенсивное воздействие на загрязнение подземных водоносных горизонтов различными химическими загрязнителями. Ставится задача прогноза динамики загрязнения подземных водоносных горизонтов в регионе и оценки «вклада» каждого отстойника на этот процесс.

Для решения поставленных задач использовались следующие модели

а) модель безнапорной фильтрации

$$m \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (k_x h \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k_y h \frac{\partial h}{\partial y}),$$

где  $m$  – недостаток насыщения;  $h$  – глубина потока;  $k$  – коэффициент фильтрации;

б) модель геомиграции

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (\mu_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\mu_y \frac{\partial C}{\partial y})$$

где  $C$  – концентрация загрязнителя в грунтовых водах;  $u, v$  – компоненты вектора скорости подземного потока;  $\mu = (\mu_x, \mu_y)$  – коэффициент диффузии.

Интегрирование уравнений модели проводится с использованием попеременно-треугольных неявных разностных схем.

В данной модели имеется возможность формирования любой геометрической формы в плане отстойника или хвостохранилища. Модель позволяет учесть различную проводимость водоносного горизонта, режим эксплуатации отстойников.

На базе разработанной численной модели выполнен вычислительный эксперимент по исследованию влияния отстойников на динамику загрязнения подземных водоносных горизонтов. Представлены данные по динамике загрязнения реки Самара и реки Саксагань по причине притока в их русла загрязненных подземных вод.

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ МЕТОДОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Беляев Н. Н., Мельник И. Е., Якубовская З. Н.  
(ДНУЖТ, г.Днепропетровск)

В работе рассматривается применение комплекса математических (численных) моделей для исследования процессов загрязнения подземных вод и рек. Разработанный комплекс моделей служит инструментом решения таких задач:

- оценка загрязнения подземных вод под действием хвостохранилищ;
- оценка загрязнения подземных вод под действием шламонакопителей;
- оценка загрязнения поверхностных вод при аварийных сбросах сточных вод.

В основу моделей положено численное интегрирование следующих уравнений:

а) модель безнапорной фильтрации

$$m \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (k_x h \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k_y h \frac{\partial h}{\partial y}) \pm \sum W \delta(x - x_i) \cdot \delta(y - y_i),$$

где  $m$  – недостаток насыщения;  $h$  – глубина потока;  $k$  – коэффициент фильтрации;  $\sum W \delta(x - x_i) \cdot \delta(y - y_i)$  – приток (отток) воды интенсивностью  $W$ ;  $\delta(x - x_i) \cdot \delta(y - y_i)$  – дельта-функция Дирака;

б) модель фильтрации в напорном горизонте

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (k_x b \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (k_y b \frac{\partial h}{\partial y}) \pm \sum W \delta(x - x_i) \cdot \delta(y - y_i)$$

где  $S$  – емкость пласта;  $b$  – мощность пласта;

в) модель геомиграции

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right),$$

где  $C$  – концентрация загрязнителя в подземных водах;  $u, v$  – компоненты вектора скорости подземного потока;  $\mu = (\mu_x, \mu_y)$  – коэффициент диффузии.

Для моделирования гидродинамики течения в реке применяются двухмерные уравнения безвихревого движения несжимаемой жидкости и модель миграции загрязнителя для описания процесса транспорта примеси по руслу реки.

Интегрирование уравнений модели проводится с использованием попеременно-треугольных неявных разностных схем. На каждом расчетном шаге расчет неизвестных величин осуществляется по явной формуле. Использование в численных моделях принципа маркирования расчетной области позволило создать универсальный алгоритм расчета течений и переноса примеси в областях сложной геометрической формы.

На базе рассмотренной модели проведена серия вычислительных экспериментов по исследованию влияния накопителей сточных вод на уровень загрязнения подземных вод. Приводятся результаты моделирования загрязнения реки Днепр в случае аварийного сброса стоков.

## ПРОБЛЕМА УТВОРЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МОР

Лещинська А. Л., Зеленько Ю. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

The problem of formation cutting fluids is actual both for a railway transport and other industrial enterprises. Search of new technologies of recycling cutting fluids with the purpose savings of resources is carried out.

Існуюча практика застосування МОР в промисловості не припускає особливо уважного відношення до питань її очищення від шламів, мастил та інших забруднень. На багатьох підприємствах систем очищення МОР або зовсім не існує або вони є примітивними спорудами, застарілих конструкцій. Забруднення МОР знижують ефективність і якість обробки металів, емульсія швидше вражається бактеріями і набуває неприємного запаху. Тому виникає необхідність її передчасного зливу на очисні споруди або в каналізацію з наступним скиданням у водоймища, що призводить до інтенсивного забруднення довкілля, а підприємства вимушені платити штрафи і витратити великі кошти на заміну МОР, а також її утилізацію.

Як показує практика, жоден з існуючих сьогодні очищувачів МОР не може забезпечити потрібну в умовах промислового підприємства високу якість очищення від механічних домішок і чужорідних масел. Тому зазвичай застосовується комплексне рішення на основі комбінації найбільш сучасних і ефективних очисних апаратів.

З точки зору якнайповнішої реалізації принципів організації замкнених безвідходних циклів і системної екологізації технологічного процесу застосування МОР слід використовувати комбінування в підсистемі очищення декількох пристроїв так, щоб вони взаємно доповнювали один одного, компенсуючи властиві кожному з них недоліки. З'єднання пристроїв в системі очищення найдоцільніше здійснювати послідовно (багатоступінчасті очищувачі).

Багатоступінчаста схема організації системи очищення забезпечує істотне підвищення якості очищення МОР шляхом послідовного з'єднання різних очищувачів. При розробці багатоступінчастих схем очищення МОР перевагу слід віддавати безнапірним елементам (що працює при тисках близько 0,1 бар), що дозволяє використовувати однонасосні схеми, зменшити габаритні розміри системи очищення МОР, її вартість і енергоспоживання. Окрім вищесказаного необхідно передбачати рішення такої складної і трудомісткої задачі, як запобігання накопиченню мілкодисперсних (розміром менше 50 мкм) механічних домішок в МОР, які, маючи розвиненішу поверхню у порівнянні з тією ж масовою кількістю крупнодисперсних часток, прискорюють в 2 - 10 разів процес розшарування МОР.

Секція 9  
**«Материаловедение и технология материалов»**

**ПОРІВНЯЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ  
НАПРУЖЕНЬ В НАПІВОБРОБЛЕНИХ ОСЯХ**

Бондарев О. М., Горобець В. Л., Горобець Д. В., Мямлін С. В.,  
Письменний Є. О., Скогарев І. Є.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

З розвитком металургійної промисловості України пов'язаний пошук нових технологій термообробки металів, які порівняно із стандартними технологіями визначають більш швидкі та економічні способи виготовлення матеріалів з заданими властивостями. Так, на ВАТ “Дніпровський металургійний комбінат імені Ф.Е. Дзержинського” проходить випробування нова, модернізована технологія виготовлення осей для рухомого складу залізниць. Якщо традиційна технологія включає в себе термообробку в режимі: „одинарна нормалізація та високий відпуск”, то модернізована передбачає одинарну нормалізацію та регульоване охолодження (самовідпуск) у спеціальних колодязях уповільненого охолодження (температура укладки в колодязі 300-500°C). Очевидно, пропонується технологія дозволяє не тільки досягти прискорення процесу виготовлення продукції, але також являється ресурсозберігаючою, що є окремим цінним її аспектом. Така зміна технологічного процесу потребує перевірки не тільки макроструктури, механічних властивостей сталі, таких як: тимчасовий опір, границя текучості та витривалості, відносне подовження, звуження, але й визначення залишкових напружень, що є в осях, вироблених за новою технологією та їх порівняння з осями, побудованими з використанням традиційної технології.

У відповідності до вище вказаного, за договором, укладеним між Дніпровським металургійним комбінатом імені Ф.Е.Дзержинського та Дніпропетровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна була проведена комплексна науково-дослідна робота з визначення залишкових напружень напівоброблених осей, виготовлених за різними технологіями.

Випробуванням піддавалися осі з однієї плавки № 712715 марки F, виробництва ВАТ “Дніпровський металургійний комбінат імені Ф.Е. Дзержинського”, що пройшли правку при температурі її завершення не нижче 600°C у відповідності до переліку, наведеного нижче:

- осі з термообробкою в режимі: одинарна нормалізація та високий відпуск (стандартна технологія) – 2 одиниці;
- осі з термообробкою в режимі: одинарна нормалізація та регульоване охолодження (самовідпуск) у спеціальних колодязях уповільненого охолодження (температура укладки в колодязі 300-500°C) – 2 одиниці.

Всі дослідні осі були механічно розділені на половини (напівосі). З одних половин були виготовлені зразки для інших видів випробувань, а інші оснащувалися вимірювальними датчиками (тензорезисторами). Після завершення вимірювань існуючих станів напружено-деформованого стану у точках на поверхнях осей з ними проводилась механічна обробка (фрезерування) повздожнього та радіального вирізів матеріалу навколо точок розташування тензорезисторів завглибшки до 70 мм. При цьому були витримані температурні параметри (нагрів до 80 °C), який забезпечує подальшу працездатність тензорезисторів.

З метою обґрунтування параметрів вирізання площадок було проведено розрахунок їх напружено-деформованого стану.

Після виконання відповідних вирізів матеріалу навколо точок з тензорезисторами на поверхні шийок та підступниць проводилося повторне вимірювання напружено-деформованого стану. Далі проводилася обробка результатів вимірювань з визначення залишкових деформацій та відповідних їм залишкових напружень.

Кількість площадок для проведення випробувань з оцінки залишкових напружень в перерахунку на половину однієї осі складає 48 одиниць. Загальна кількість точок, в яких вимірювалися залишкові деформації згідно положень Програми та методики складала 192 одиниці.

В кожному з перерізів шийки або підступиці напівосі частина тензорезисторів наклеювалися базою паралельно до радіального напрямку – „поперечний напрямок”, або паралельно до її осі – „повздовжній напрямок” (по 6 тензорезисторів в кожному перерізі), а інші 6 тензорезисторів розташовувалися таким чином, що кут між напрямком їх бази та віссю напівосі складав  $45^0$  – „похилий напрямок”. Обрання похилого напрямку розташування тензорезисторів викликано тим, що в цих напрямках при крученні валів, або осей, створюються найбільші нормальні (головні) напруження.

Напівосі з наклеєними тензорезисторами були розташовані на спеціальних рамних конструкціях, встановлених на бетоновану площадку.

На підставі отриманих результатів для кожної з напівосей в зоні шийки осі та підступичній частині були визначені наступні параметри:

- математичне очікування залишкових напружень;
- стандартне відхилення величини залишкових напружень.

Аналіз результатів робіт з визначення залишкових напружень дозволяє зробити наступні висновки:

1. Залишкові напруження, які співпадають із напрямком напружень від дії основних навантажень (паралельно поздовжнім осям осей), є стискаючими. При цьому, осі, виготовлені за технологією нормалізації з регульованим охолодженням, дають більш стабільні результати, ніж ті, що пройшли термообробку за стандартною технологією.

2. Максимальні значення напружень розтягання діють у напрямку, наближеному до поперечного (тобто тому, що діє вздовж периметру поперечного перерізу осі). Осі, виготовлені за новою технологією, дають при цьому стабільний статистичний результат, на відміну від осей, виготовлених за стандартною технологією (розсіювання результатів – від - 4 до 25 МПа).

3. За отриманими результатами величин залишкових напружень технологію нормалізації з регульованим охолодженням слід вважати більш вдалою, ніж традиційна термообробка.

## АНАЛІЗ ВІДМОВ БУДІВЕЛЬНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЕРЖАВНОЇ СПЕЦІАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ТРАНСПОРТУ НА ОБ'ЄКТАХ РОБІТ

Боренко М. В., Пацановський С. В., Тальмін М. Є.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

On the basis of trailbuilders work of mechanization detachment research peculiarities depending on external environments was conducted. Structural and technological methods to increase the complex reliability indexes are offered.

В зв'язку з необхідністю вирішення завдань щодо підвищення надійності будівельно-відновлювальної техніки Держспецтрансслужби, яка працює в умовах великих наван-

тажень, перепаду температур, в різноманітних агресивних середовищах, проведені дослідження її відмов.

Використані дані роботи техніки окремого загону механізації Держспецтрансслужби на об'єктах учбово-практичних робіт при будівництві автобану Київ-Одеса в 2004 року та будівництві дамби біля м. Чоп Закарпатської області в 2006 року.

Техніка працювала в нормальних кліматичних умовах при яких особливих впливів на неї не було (автобан) та в умовах лісисто-болотистої місцевості при яких проходить налипання ґрунту на ходову частину, збільшення часу роботи двигунів на підвищених колекторних режимах, додаткові навантаження на робоче обладнання і всі системи будівельно-відновлювальної техніки (дамба).

Приведена специфіка відмов екскаваторів та бульдозерів, які працювали на будівництві по системам та агрегатам.

Основна причина - механічний знос, а саме абразивний знос ходових частин та робочого обладнання, стомлений знос підшипників кочення, зубців шестерень, кавітаційний знос гідроапаратури.

Для оцінки надійності будівельно-відновлювальної техніки використовувались комплексні показники, а саме коефіцієнт готовності  $K_g$  та коефіцієнт технічного використання  $K_{тв}$ .

Приведені показники експлуатаційної надійності екскаваторів та бульдозерів по системам та агрегатам

Аналіз роботи будівельно-відновлювальної техніки при будівництві автобану Київ-Одеса показує, що забезпечення нормальних умов експлуатації приводить до зменшення термінів відновлення техніки, відповідно збільшується напрацювання на відмову, комплексні показники  $K_g$  та  $K_{тв}$  близькі до нормативних.

Аналіз роботи будівельно-відновлювальної техніки екскаваторів та бульдозерів при будівництві дамби показує, що вплив кліматичних умов та не забезпеченість належних умов експлуатації веде до збільшення кількості відмов, одразу зменшується напрацювання на відмову, pojawiaються складні відмови на які потрібно більше часу на відновлення. Це веде до підвищення термінів відновлення техніки. Комплексні показники  $K_g$  та  $K_{тв}$  зменшуються, що дає можливість зробити висновки про загальний низький стан експлуатаційної надійності техніки. Експлуатація техніки в несприятливих умовах привело до збільшення кількості техніки на будівництві під час виконання поставлених завдань особовим складом структурних підрозділів Державної спеціальної служби транспорту.

Графічним способом виявлені деталі, вузли, агрегати, що лімітують надійність машин по безвідмовності.

Пропонуються деякі конструктивні та технологічні методи підвищення комплексних показників надійності, які знайшли практичну реалізацію в корисних моделях.

## СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС И РЕЛЬСОВ

Вакуленко И. А.  
(ДНУЗТ, г. Днепропетровск)

The results of research influence of thermomechanical hardening on the structure, complex mechanical and service properties railway wheels are presented.

Анализ огромного экспериментального материала свидетельствует, что минимальные значения износа железнодорожных колес достигаются при условии приблизительно



одинаковых уровней твердости с рельсом. С другой стороны, известно, что одинаковые значения прочностных характеристик углеродистых сталей могут быть достигнуты при различном структурном состоянии металла. Так, в результате охлаждения со скоростями выше критического значения, когда формируются структуры по сдвиговому механизму, последующий отпуск позволяет изменять уровень твердости за счет выделения и коалесценции карбидной фазы. При изотермическом или непрерывном охлаждении, когда скорость соответствует уровням ниже критического значения, формируются структуры с пластинчатой формой карбидной составляющей. Кроме взаимодействия железнодорожного колеса и рельса по контактной поверхности, эксплуатационная безопасность колес в определенной мере определяется комплексом свойств металла диска и, в первую очередь, величиной ударной вязкости. Уровень ударной вязкости стали, особенно ее хладостойкость, в значительной степени зависят от структурного состояния, которое формируется при термическом упрочнении колеса. На основе анализа характера взаимодействия железнодорожного колеса с рельсом оптимальной структурой по поверхности катания обода является пластинчатый сорбит с прерывистой сеткой структурно-свободного феррита. По сравнению с пластинчатой формой карбидной фазы, которая в виде перлитной колонии способна выдерживать большие пластические деформации, глобулярные карбиды напротив, даже после степеней деформации, которые доводят до разрушения металл, остаются практически неизменными. В этом случае развитие процессов деформационного упрочнения при нагружении металла, которые зависят от дисперсности, формы карбидов, расположения их в матрице, в значительной степени определяет изменение свойств изделий при эксплуатации. Так, в случае расположения глобулей цементита по границам зерен феррита, наблюдается увеличение сопротивления металла зарождению и росту трещин в области пониженных температур. Обусловлено приведенное положение соотношением между количеством мест зарождения и аннигиляции дислокаций при пластическом деформировании. Таким образом, снижение темпа накопления дефектов кристаллического строения при нагружении металла должно способствовать росту энергии зарождения и роста трещины на начальных этапах разрушения, что в действительности и наблюдается.

## ЗАЛЕЖНІСТЬ ДЛЯ ОПИСУ КРИВОЇ ВТОМИ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

Вакуленко І. О., Анофрієв В. Г.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

In the article the results of researches aimed at the mathematical description curve of cyclic loading of carbon steel are presented

Відомо, що використання кореляційних співвідношень, які засновані на пошуку зв'язків між характеристиками циклічного та статичного навантажень має, у більшості випадків, достатньо обмежене використання. Інший результат досягається коли використовують співвідношення, які дозволяють прогнозувати хід кривих циклічного навантаження. В цьому випадку особливого значення набувають питання по визначенню параметрів, які входять до залежностей, які зв'язані з процесами структурних перетворень при навантаженні металу. З урахуванням зовнішнього вигляду кривої циклічного навантаження, найбільшого розповсюдження набули рівняння у вигляді ступеневих функцій типу:  $\sigma = K \cdot N^{-n}$ , де  $K$  – постійна величина,  $n$  – показник ступеня,  $\sigma$  – амплітуда та  $N$  – кількість циклів навантаження. Аналіз співвідношення показує, що величина  $K$  може представляти собою значення амплітуди навантаження, коли  $N = 1$ . За такими умовами характер поведінки металу повинен наближуватися до спостерігаемого при статичному

навантаженні. З іншого боку, розглядаючи як можливий випадок коли  $n \rightarrow 0$ ,  $K$  представляє амплітуду при необмеженій втомі. Але з урахуванням вигляду наведеного співвідношення, досягнення умов коли  $n$  буде дорівнювати нулю, скоріш за все не укладається у межі практичного використання рівняння. На прикладі експериментальної кривої циклічного навантаження вуглецевої сталі з 0,45 % С після гарячої прокатки були визначені окремі ділянки кривої у вигляді прямих відрізків. Такий підхід дозволив з необхідною точністю визначити положення границі, яка відділяє область багато циклового втомлення від мало циклового. Для знаходження параметрів рівняння було проведено логарифмування, після чого отримали:  $\log \sigma = \log K - n \log N$ . Однак, з урахуванням того, що рівняння в значній ступені подібне співвідношенню, яке використовується для опису кривої статичного односпрямованого навантаження:  $\sigma = K \cdot \varepsilon^{-n}$  де  $\sigma, \varepsilon$  – істинні напруження і деформація відповідно,  $K$  – коефіцієнт,  $n$  – показник ступеня, була зроблена спроба використати подібний методичний прийом для знаходження параметрів рівняння. Таке рішення дозволило в подальшому проводити порівняльну оцінку абсолютних значень подібних характеристик кривих статичного і циклічного навантаження, хоча умови деформування суттєво відрізняються. Будова кривої циклічного навантаження досліджуваної сталі в координатах  $\log \sigma - \log \frac{1}{N}$  дає змогу з достатньою точністю виділяти ділянки на кривій втоми з якісно різною поведінкою металу при навантаженні. Так, при амплітудах від 500 до 300  $\frac{H}{мм^2}$  поведінка металу відповідає малоциклового втомленню, для якого характерною ознакою являється механізм зародження тріщин по границям виникаючих фрагментів в середині зерен структурно вільного фериту. Для ділянки більш низьких амплітуд спостерігається значно повільніше накопичення дефектів кристалічної будови, що приводить до закономірної зміни механізму зародження тріщини. В цьому випадку, в місцях концентрованого зсуву формуються порожнини, які після коалесценції перетворюються у мікротріщини. Порівняльний аналіз показує достатньо високий збіг експериментальних і розрахованих значень при оцінці витривалості металу на визначеній базі.

Таким чином можна вважати, що використання залежності ( $\sigma = K \cdot N^{-n}$ ) дозволяє, з визначеною точністю по експериментальним даним для малоциклового втомлення, робити оціночний прогноз поведінки металу в області край малих амплітуд навантаження.

## ВЛИЯНИЕ НЕМЕТАЛИЧЕСКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ НА ЗАРОЖДЕНИЕ РАЗРУШЕНИЯ БОКОВИНЫ КОЛЕСНОЙ ТЕЛЕЖКИ ВАГОНА

Вакуленко И. А., Евдомах Г. В.  
(ДНУЗТ, г. Днепропетровск)

The crack formation is a two-stage process involving nucleation caused by the high local stress produced by non-metal inclusion followed by crack growth in the applied cycles stress field.

На основании анализа случаев преждевременного изъятия из эксплуатации железнодорожных вагонов, определенное количество связано с разрушением боковин колесных тележек.

Проведенные исследования причин вызвавших разрушение боковых рам тележек показывают наличие характерных признаков усталостного разрушения металла. Так, на примере разрушенной боковины тележки №75900 было установлено, очагом зарождения усталостной трещины являлось неметаллическое включение, которое должно иметь выход на свободную поверхность боковой рамы или его отделял очень тонкий слой металла.

По характерному рисунку распределения линий усталости было определено направление роста трещины от места выхода неметаллического включения на поверхность изделия. Подтверждается приведенная картина закономерным изменением кривизны усталостных линий и точкой пересечения перпендикуляров к произвольно проведенным касательным для двух частей растущей трещины. Судя по виду поверхности разрушения, окончательный излом включения произошел на этапе статического разрушения боковой рамы тележки. Параллельно трещине, которая представляет основную поверхность разрушения, от более глубоких объемов металла росла другая трещина. На определенном расстоянии от очагов зарождения трещин произошло объединение их фронтов, на что указывает формирование ступеньки на поверхности разрушения.

Уменьшение конструктивной прочности боковины, по мере роста поверхности разрушения, сопровождалось ускорением роста трещины. Об этом свидетельствуют расстояния между этапами роста и остановки трещины, размер которых в процессе циклического нагружения непрерывно увеличивался. Далее в изломе, кроме сугубо усталостного разрушения, начинают формироваться области с компонентами, подобными наблюдаемым при статическом разрушении (возникновение волокон с преимущественной ориентацией, напоминающих ручьистый излом). Учитывая различия в кристаллическом строении включения и матрицы основного металла, поверхность раздела неметаллическое включение – матрица явилась преимущественным местом зарождения первой микротрещины. Кроме этого, анализ выявил существование определенной концентрации пустот вблизи межфазной поверхности, что явилось дополнительным свидетельством понижения сопротивляемости указанных объемов металла против зарождения трещин. Усталостный характер растущей трещины, после снижения конструктивной прочности металла до критических размеров сменился статическим разрушением боковой рамы тележки.

## ВПЛИВ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ПОВЗУНА НА ТВЕРДІСТЬ КОЛЕСА ПО ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ

Вакуленко І. О., Надєждін Ю. Л., Грищенко М. М., Перков О. М.<sup>1</sup>  
(ДНУЗТ, 1 – ІЧМ НАНУ, м.Дніпропетровськ)

The investigation of damage and causes extraction rail wheels of before final term exploitation.

При виробництві залізничних коліс, які використовують на Україні, застосовуються вуглецеві сталі на основі складу, який відповідає сталі 60 з мікродобавками легуючих елементів. В таких сталях об'ємна частка структурно вільного фериту складає значення в межах 30-14%. При прискореному охолодженні ободу залізничного колеса (по поверхні кочення) формується визначений градієнт структур. В тонкому при поверхневому прошарку металу розвиток структурних перетворень відбувається за зсувним, або проміжним механізмом. Після припинення процесу примусового охолодження, послідовний розігрів указаних прошарків металу, за рахунок внутрішніх об'ємів приведе до розпаду мартенсито-бейнітних структур. Основний об'єм металу ободу, буде перетворюватися за дифузійним механізмом, на підставі чого формується суміш з феритних та перлітних ділянок. Окрім цього необхідно ураховувати, що чим до більш низької температури охолоджується визначений прошарок ободу, тим формується більш дисперсна перлітна структура. При цьому спостерігається зменшення об'ємної частки структурно вільного фериту за рахунок формування псевдо евтектоїда, що впливає на досягнення необхідного рівня тріщиностійкості залізничних коліс.

З урахуванням місць розташування вищербин, можна з достатньою впевненістю вважати, що причиною формування дефекту являється повзун. Характер зміни твердості металу по поверхні кочення показує, що по мірі віддалення від візуально визначеної границі появи повзуна, спостерігається монотонне підвищення твердості.

Наведений екстремальний характер зміни твердості у вздовж повзуна має своє пояснення. Так, прошарок металу в залежності від розташування від поверхні кочення має визначений градієнт накопичених дефектів кристалічної будови. В процесі експлуатації залізничне колесо, за рахунок взаємодії з гальмівними колодками, піддається розігріву по поверхні кочення. При чому, як і розподіл дефектів кристалічної будови, які введені в метал колеса від взаємодії з рейкою, так і температура розігріву знижується від поверхні кочення у глиб обода. Це призведе до формування цілого набору структур, які зв'язані з розвитком процесів структурних перетворень у визначеному порядку. Так, найбільш наближені до поверхні кочення прошарки металу з підвищеним ступенем пластичної деформації (максимальна накопичена щільність дефектів кристалічної будови, в першу чергу дислокацій) можуть бути розігріті до температур початку фазових перетворень. Для більш заглиблених об'ємів стан металу відповідає умовам розвитку процесів структурних перетворень при одночасному зменшенні ступеня наклепу і температури нагріву. Таким чином, до формування повзуна обод залізничного колеса після процесу гальмування, за рахунок розвитку процесів динамічної рекристалізації в найбільш наближених до поверхні кочення об'ємах повинен мати більшу ступінь зниження твердості в порівнянні з більш заглибленими прошарками. Це обумовлено тим, що коли ступеня деформації недостатньо або температура занадто низька для розвитку рекристалізації, зміна комплексу властивостей зв'язана з протіканням процесів полігонізації або деформаційного старіння. Справа у тому, що для сталей з підвищеним вмістом вуглецю, таких як наприклад сталь 60, чим вище ступінь зміцнення за рахунок пластичної деформації, тим вище буде зниження характеристик міцності за рахунок розвитку рекристалізації. З іншого боку, неоднорідність наклепу металу по ширині поверхні кочення разом із швидкістю розігріву можуть суттєво впливати на градієнт структурного стану металу ободу і, як наслідок цього, змінювати міцність в широкому інтервалі значень.

Формування повзуна приводе до підвищення температури розігріву металу з одночасним зніманням розігрітого прошарку металу. Таким чином, у першому наближенні можна вважати, що після знімання сегменту металу по поверхні кочення формується площадка, а підвищений розігрів компенсується тепловідводом по всій площині контакту до холодних об'ємів колеса та рейки. На підставі розвитку процесів за наведеною схемою, повзун повинен привести до зниження твердості металу на його периферійних ділянках.

## ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЦНОСТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛІСНОЇ СТАЛІ І ШВИДКОСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ

Вакуленко Л. І.<sup>1</sup>, Наєждін Ю. Л.<sup>2</sup>

(1 – Вагонне депо Нижньодніпровськ–Вузол Придніпровської залізниці, 2 – ДНУЗТ)

The question of estimation of change hardness and sound velocity modulation after anneal quench of railroad wheel steel are considered.

Однією із складових при вирішенні питань підвищення експлуатаційної безпеки рухомого складу являється розробка пропозицій по застосуванню способів діагностування структурного стану металевих матеріалів, в тому числі вимірювання швидкості розповсюдження звукових коливань. Аналіз експериментальних даних свідчить, що швидкість роз-

повсюдження звукових коливань є достатньо чутливою характеристикою стосовно зміни структурного стану металу.

Так, при відпуску загартованої вуглецевої сталі, яку використовують для виготовлення залізничних коліс, основним процесом є розпад пересиченого твердого розчину вуглецю в  $\alpha$  – залізі. Враховуючи високий ступінь пересичення вуглецем  $\alpha$  – твердого розчину і одночасну нестабільність сформованих кристалів мартенситу, невеликих за тривалістю витримок при нагріві до температур 100 °C вже достатньо для початку перерозподілу атомів вуглецю. Підвищення температури відпуску супроводжується закономірним зменшенням кількості дефектів кристалічної будови, розвитком процесів зниження міцності вуглецевої сталі. При цьому, зростання температури відпуску супроводжується закономірними змінами внутрішньої будови металу в визначеній послідовності: процеси рекомбінації дефектів кристалічної будови, які введені при гартуванні сталі, коалесценції карбідної фази.

Вимірювання швидкості розповсюдження звукових коливань показали відповідну залежність від розвитку процесів структурних змін при відпуску загартованої сталі. Враховуючи, що процес гартування сталі супроводжується накопиченням великої щільності дефектів кристалічної будови, швидкість розповсюдження звукових коливань за даних умов повинна бути мінімальна. При нагріві загартованої сталі розвиток процесів, які приводять до пом'якшення металу, супроводжуються зростанням урівноваження структури, що в свою чергу може розглядатися як зниження кількості чинників, які перешкоджають розповсюдженню звукових коливань. Таким чином, швидкість звуку повинна зростати, що в дійсності спостерігається.

Аналіз характеру залежності величин твердості і швидкості розповсюдження звукових коливань від температури відпуску показав існування взаємозв'язку між ними. Отримані результати по існуванню кореляційного зв'язку підтверджуються відомими експериментальними результатами. Незважаючи на існування деяких немонотонностей на залежностях твердості та швидкості розповсюдження звукових коливань від температури відпуску, в цілому отримані результати свідчать про можливість застосування метода вимірювання швидкості розповсюдження звукових коливань для аналізу структурних перетворень в об'ємі металу поблизу поверхні кочення залізничних коліс і бандажів. Враховуючи, що за реальних умов експлуатації в залізничних колесах та бандажах, відбуваються складні структурні перетворення, які у більшості випадків носять непередбачуваний характер, вивчення наведених процесів внутрішньої перебудови металу із застосуванням різноманітних методів дослідження є достатньо актуальним питанням.

## ОБРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ МОДИФИЦИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Вилищук З. В., Калинина Н. Е.  
(ДНУ, г. Днепропетровск)

The temperature at casting and modifying the highstrengtning aluminium alloy type 01570 was determined. Composition with nanodispersive  $B_4C$  was taken as modifcator. Optimal of mixing was calculated.

Качество алюминиевых сплавов при модифицировании дисперсными тугоплавкими композициями зависит от природы дисперсных фаз, температуры расплава, режимов перемешивания расплава при вводе модификатора. В классических работах по изучению влияния температурного фактора на степень усвоения тугоплавких частиц установлено,

что при определенной для данного расплава температуре наблюдается максимальное усвоения интервала литья алюминиевых сплавов, при повышении температуры алюминиевого расплава на 100 °С усвоение частиц уменьшается в 4...5 раз.

В данной работе плавку и заливку отливок из исходного высокопрочного алюминиевого сплава 01570 проводили при температуре 780 °С, а модифицированных сплавов – при 750 °С. С повышением температуры расплав становится менее вязким, что позволяет частицам модификатора испытывать меньшее сопротивление среды и быстрее равномерно распределиться в объеме тигля. Таким образом, температура при литье модифицированных сплавов снижена на 20...30 °С. Модификатором служила композиция на основе нанодисперсного карбида бора фракцией до 100 нм. Модификатор получен методом высокотемпературного плазмохимического синтеза.

Равномерное распределение нанодисперсных частиц в расплаве обеспечивается перемешиванием. Плавку проводили в индукционной печи сопротивления, однако перемешивания индукционными потоками недостаточно, необходимо механическое перемешивание. Рассчитано число оборотов механической мешалки, зависящее от разности плотностей матричной и дисперсной фазы, поверхностного натяжения, диаметра тигля и высоты расплава. Необходимое число оборотов мешалки составило 300. Экспериментальным путем установлена скорость перемешивания расплава, равная 35...45 об/мин. Таким образом, расчетное время перемешивания составило 5 мин. Полученные данные согласуются с металлографическими исследованиями зеренной структуры сплавов до и после модифицирования.

## ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ МИКРОЛЕГИРОВАНИЕМ И МОДИФИЦИРОВАНИЕМ

Вилищук З. В., Калинина Н. Е.  
(ДНУ, г. Днепропетровск)

The aluminium alloys system Al-Mg were microalloyed by Sc and modified by nanodispersive compositions. The optimal quantity the modifiers was fined out, also the crystalgeometrical parameters were considered.

Высокопрочные алюминиевые сплавы применяются в авиакосмических конструкциях благодаря сочетанию высокой удельной прочности, пластичности, коррозионной стойкости.

Повышения механических свойств можно достичь различными способами упрочнения: твердорастворным, дисперсным, а также термомеханической обработкой. Однако эффект упрочнения сопровождается снижением пластичности сплавов. Наиболее высокопрочными являются сплавы системы Al-Zn-Mg-Cu. В работах Мильмана Ю.В., Куцовой В.З. показано, что микролегирувание алюминия скандием позволяет существенно повысить прочностные свойства сплавов.

Скандий по физико-механическим свойствам является аналогом редкоземельных элементов. При легировании скандием характерно:

- малый температурный интервал кристаллизации твердых растворов;
- низкая растворимость в алюминии;
- резкое снижение растворимости Sc с понижением температуры;
- замедление диффузионных процессов в твердом растворе алюминия.

Основное преимущество скандия как легирующего элемента – образование интерметаллида  $Al_3Sc$ , имеющего кристаллическую решетку, изоморфную с алюминием. Поэтому

первичные частицы  $\text{Al}_3\text{Sc}$  вызывают измельчение зерна. Вторичные частицы, образующиеся из пересыщенного твердого раствора при закалке, обуславливают наибольшее упрочнение  $\alpha$ -твердого раствора.

В данной работе рассмотрена возможность микролегирования скандием алюминиевых сплавов системы Al-Mg. По диаграмме состояния Al-Sc, максимальная растворимость Sc в Al равна 0,3% по массе. При 0,55% Sc в системе Al-Sc происходит эвтектическая реакция  $\text{ж} \rightarrow \alpha + \text{Al}_3\text{Sc}$ . Следовательно, количество Sc в литейных сплавах не должно превышать 0,3% по массе.

Эффект микролегирования может быть усилен дополнительным модифицированием расплава нанодисперсными композициями на основе переходных металлов: TiC, TiN, Ti(CN). Изучение физико-механических и кристаллографических параметров этих тугоплавких соединений позволило рекомендовать наиболее эффективным модификатором Ti(CN) фракции 100...200 нм.

## ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНЕ РУЙНУВАННЯ ГРАФІТИЗОВАНИХ СТАЛЕЙ

Волчок І. П., Акімов І. В., Савченко В. О.  
(ЗНТУ, г. Запоріжжє)

The effect of silicon on destruction of graphitized steels has been investigated at high temperatures. Increase in silicon content reduced strength and high-temperature endurance as a result of deterioration of shape of graphite inclusions in microstructure of steels.

В роботі досліджували вплив вмісту вуглецю та кремнію на структуроутворення, механічні властивості при кімнатній та високих температурах і механізм високотемпературного руйнування графітизованих сталей. Об'єктом дослідження були дві групи сталей: перша – 0,56...1,12%C; 0,89...1,97%Si; 0,32...0,37%Mn; 0,12...0,14%Al; 0,008...0,014%S и 0,016...0,025%P та друга – 1,55...1,65%C; 0,96...2,57%Si; 0,18...0,22%Mn; 0,01...0,07%Cr; 0,5%Cu, 0,25%Al, 0,025...0,030%S и 0,032...0,04%P.

Металографічний аналіз показав, що в залежності від вмісту вуглецю та кремнію кристалізація графітизованих сталей проходила за метастабільною та стабільною схемами. Так в сталях першої групи вже в литому стані виділялися включення графіту компактної форми, їх кількість та розміри збільшувалися з підвищенням вмісту вуглецю та кремнію. В сталях другої групи в литому стані включення графіту пластинчастої форми виділилися лише при максимальному вмісті кремнію, а після графітизуючого відпалу форма графітових включень змінювалася від компактної до пластинчастої також в залежності від вмісту кремнію.

Аналіз механічних властивостей показав, що зі збільшенням вмісту вуглецю та кремнію міцність знижувалася як при кімнатних (з  $\sigma_{\text{в}}=850\text{МПа}$  до  $480\text{МПа}$ ), так і при підвищених температурах (з  $\sigma_{\text{в}}=120\text{МПа}$  до  $80\text{МПа}$  для  $800^{\circ}\text{C}$ ) в обох групах сталей.

Підвищення концентрації кремнію в сталях другої групи знижувало високотемпературну витривалість, яка досліджувалась в умовах статичного розтягу  $\sigma_{\text{ст}}=35\text{МПа}$ , циклічного згину  $\sigma_{\text{дін}}=4\text{МПа}$  та температурі  $750^{\circ}\text{C}$ : при вмісті 0,96%Si –  $1,1 \cdot 10^6$  циклів, при 1,74%Si –  $0,89 \cdot 10^6$ , а при 2,57%Si –  $0,015 \cdot 10^6$ . При цьому аналіз мікромеханізму тріщиноутворення показав, що основним фактором, який визначав опір графітизованих сталей високотемпературному втомному руйнуванню є форма графітових включень.

## ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ВТОРИЧНЫХ СИЛУМИНОВ

Волчок И. П., Широкобокова Н. В.  
(ЗНТУ, г. Запорожье)

The method of improvement of surface properties of secondary aluminium alloys by laser treatment are considered.

Алюминиевые сплавы относятся к группе перспективных легких сплавов, сохраняющих прочные позиции в современной промышленности. Они обладают как рядом достоинств (малой плотностью, коррозионной стойкостью, пластичностью), так и рядом недостатков (сравнительно низкой твердостью, износостойкостью).

Для решения задачи повышения механических и эксплуатационных свойств изделий из вторичных алюминиевых сплавов была выбрана лазерная обработка, позволяющая упрочнить поверхность за счет присутствия значительного количества железосодержащих фаз в структуре и исключить дополнительную операцию поверхностного легирования.

Для исследований выбран вторичных алюминиевых сплав АК8МЗ после искусственного старения с различным содержанием железа. Лазерная обработка образцов проводилась на импульсном лазере КВАНТ-12. Как показали исследования после такой обработки в поверхностном слое формируется гомогенная мелкодисперсная структура, что приводит к возрастанию микротвердости более чем в три раза. В результате испытаний были получены данные о повышении абразивной износостойкости на 25% и кавитационной стойкости в 6 раз образцов, обработанных лазером, по сравнению с исходными литыми образцами. При испытаниях на высокочастотную усталостную прочность показатели для образцов, обработанных лазером были несколько ниже, чем у образцов в исходном состоянии, что можно объяснить высокой шероховатостью поверхности после обработки. При этом образцы с содержанием 0,92% Fe обладали максимальной усталостной прочностью.

Таким образом, результаты исследований показали, что лазерная обработка позволяет улучшить механические и эксплуатационные свойства вторичных алюминиевых сплавов.

## ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ ЗНАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Глоба Л. С., Новоградская Р. Л.  
(Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев)

The technology of designing the specialized knowledge Internet-portal in the field of materials strength is presented in the paper. The ontology that forms the logical model of the portal provide a way for uniformity of knowledge and data presentation and their semantic connectivity as to research methods of materials characteristics.

В настоящее время существует значительное количество инженерных средств и программного обеспечения для решения разного рода специализированных задач. Однако широкое использование подобных средств и программного обеспечения весьма ограничена. Это связано с двумя обстоятельствами: их существенной дороговизной и конкурентной закрытостью. Помимо того, новые практические и теоретические результаты, которые получают исследователи, как правило, сосредотачиваются в рамках научного учреждения, в котором они были получены, что существенно ограничивает их использование. Поэтому



актуальной задачей становится обеспечение доступа к информации большему количеству пользователей. Кроме того, недостатком процесса доступа к знаниям является плохая систематизированность и слабая структурированность больших объемов информации в сети Интернет, ее распределенность по разным Интернет сайтам, электронным библиотекам и архивам.

Из этого следует необходимость создания подхода направленного на построение специализированного Интернет портала знаний, ориентированного на работу с большим количеством разнообразных информационных и вычислительных ресурсов определенного направления, который не только даст возможность систематизировать и осуществлять поиск информации, но и реализовывать определенные расчетные задачи.

Представлен подход к решению задачи интеграции знаний и информационных ресурсов по методам определения характеристик прочности материалов и обеспечения содержательного доступа к ним. Рассмотрена возможность создания специализированного Интернет-портала знаний. Информационную основу портала составляют онтологии. Использование онтологий для построения системы знаний портала позволит не только целостно представить такие трудно формализуемые предметные области как технические науки, но и автоматизировать процесс работы и накопления информации по данной тематике. Онтологии дают возможность обеспечить единообразное представление знаний и данных по методам исследования механических характеристик материалов, их семантическую связанность. Так, на основе классов и отношений, определенных в онтологии, будут построены внутренние хранилища данных портала, организуются его информационное наполнение, навигация и поиск. Использование онтологий делает систему знаний портала легко расширяемой и настраиваемой – в нее могут интегрироваться как новые знания (например, о новых направлениях и методах исследования прочности материалов), так и новые виды информационных ресурсов. Также, будут разработаны структуры, позволяющие описать систему знаний о прочности материалов в рамках системной классификации. Проводится начальное построение иерархии классификационных фрагментов с помощью реализующихся средств.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ОСАЖДЕННЫХ СПЛАВОВ Cr-C

Гуливец А. Н., Баскевич А. С.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The methods of the X-ray analysis influencing is explored by the method of closeness of current on structure and thermal stability of the nanocrystalline alloys Cr-C. That as a result of crystallization at heating of nanocrystalline alloys Cr-C phases are formed of carbides  $\text{Cr}_7\text{C}_3$  and  $\text{Cr}_{23}\text{C}_7$ .

Интерес к разработке электролитов хромирования на основе солей трехвалентного хрома обусловлен рядом преимуществ, которые выгодно отличающих их от традиционных хромовокислых растворов. Это относительно невысокая токсичность и агрессивность соединений Cr(III) и ряд улучшенных физико-химических свойств получаемых пленок. Интерес к исследованию нанокристаллических пленок на основе хрома высок, из-за уникальных структурно-чувствительных свойств которыми они обладают. В работе проведен анализ изменений структуры электроосажденных пленок Cr-C в зависимости от плотности постоянного тока при получении и в результате изотермических отжигов.

Для осаждения хрома использовался электролит базового состава (в моль/дм<sup>3</sup>):  $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – 0.5,  $\text{HCOOH}$  – 0.75,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – 2,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  – 0.5; pH 3. Анодом служил титан-диоксидномарганцевый электрод. Рабочим электродом была пластина из медной

фольги ( $S = 0,01 \text{ дм}^2$ ). Оптимальная температура электроосаждения комнатная (298 К). Структура покрытия изучалась с использованием рентгеновского дифрактометра ДРОН-3 в монохроматизированном  $\text{Mo-K}_\alpha$  излучении. С помощью микроскопа МИМ-8 исследовали морфологию поверхности.

Полученные пленки Cr-C имели различную структуру в зависимости от плотности тока. Пленки полученные при плотностях тока  $10 \text{ А/дм}^2$  имели кристаллическую структуру. На дифрактограмме от этих сплавов фиксировались сильные линии кристаллических фаз Cr,  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ,  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ . Увеличение плотности катодного тока до  $15 \text{ А/дм}^2$  приводит к изменению структуры осаждаемых сплавов до аморфно-кристаллической. На дифрактограмме от этих сплавов видны размытые линии кристаллических фаз Cr,  $\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ ,  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ,  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  малой интенсивности наложенные на диффузное гало. Увеличение плотности тока до  $20 \text{ А/дм}^2$  привело к формированию нанокристаллической структуры в электроосажденных пленках, на что указывают диффузное гало на дифрактограммах от этих сплавов.

Нанокристаллическое состояние является метастабильным и после термообработки переходит в кристаллическое. После изотермического отжига сплавов в атмосфере аргона в течение 30 минут при  $T = 973 \text{ К}$  в сплавах формируются кристаллический Cr и фазы карбидов  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ ,  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ .

Микротвердость полученных сплавов увеличивается до 10200 МПа при повышении температуры отжига (до 773 К), что можно объяснить кристаллизацией на поверхности пленок самой твердой фазы карбида хрома  $\text{Cr}_7\text{C}_3$ . С повышением температуры отжига до 973 К микротвердость уменьшается до 6700 МПа вследствие образования оксидов хрома и растрескивания пленок.

Полученные хромовые покрытия имеют гладкую поверхность с включениями сфероидов. Доля поверхности, занятой сфероидами, увеличивается при повышении плотности тока. Получаемые нанокристаллические хромовые пленки имеют хорошую адгезию с подложкой, не растрескиваются и их толщина составляет несколько десятков микрон.

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ДЕФОРМАЦИИ СЛИТКА НА ОДНОРОДНОСТЬ МИКРОСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ОСЕЙ

Дёмина Е. Г.<sup>1</sup>, Грицай Т. В.<sup>1</sup>, Нефедьева Е. Е.<sup>1</sup>, Мединский Г. А.<sup>2</sup>

(1 – Институт чёрной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины,

2 – ОАО «Днепропетровский металлургический комбинат им. Ф.Э. Дзержинского»)

It is shown, that the mode of deformation of the ingot with the intensive cogging promotes formation of the uniform and fine-grained structure of the normalized railway axes.

Технология производства железнодорожных осей должна обеспечить выполнение требований отечественных и зарубежных стандартов, предъявляемых к микроструктуре металла, без дополнительных термических обработок. В работе показано влияние режима деформации слитка на блюминге с более интенсивными обжатиями на формирование однородной и мелкозернистой структуры нормализованных железнодорожных осей. Деформацию слитков на блюминге 1150 при производстве заготовок  $290 \times 290 \text{ мм}$  проводили по двум режимам прокатки. Серийный режим обжатий – за 15 проходов, опытный – за 11 проходов с увеличением абсолютных обжатий в первых проходах. Выполнен сравнительный анализ микроструктуры осей, полученных по серийному режиму деформации на блюминге, после второй нормализации и осей, которые изготовлены по опытному режиму деформации на блюминге, после первой нормализации.

Анализ изменения параметров дендритной структуры осевой заготовки показал, что после прокатки слитка по опытному режиму размеры дендритной структуры в поверхностных слоях и на расстоянии  $\frac{1}{4}$  толщины уменьшились на 15,0 %, в центральных слоях – на 25,0 %, по сравнению с серийным режимом деформации слитка. В результате интенсификации режима обжатий на блюминге элементы дендритной структуры приобрели более плотное расположение, сформирован благоприятный фон химической микронеоднородности кремния, марганца и углерода, что в конечном итоге позволило получить однородную и мелкозернистую феррито-перлитную структуру железнодорожных осей после первой нормализации.

Определено, что уровень микротвёрдости феррита и перлита в участках, обогащённых кремнием и марганцем, становится выше на 50,0 % и 35,0 % соответственно. При содержании порядка 1,0 % марганца и 0,5 % кремния микротвёрдость ликвационных полос повышается на 50,0 %. С уменьшением размеров дендритной структуры при опытном режиме деформации увеличивается частота чередования более твёрдых, следовательно, прочных ликвационных слоёв и слоёв без видимой ликвации. Поскольку железнодорожные оси работают в условиях длительных знакопеременных нагрузок, то увеличение чередования твёрдых и мягких слоёв в их структуре позволит повысить усталостную прочность.

Результаты механических испытаний показали фактически одинаковый уровень прочности и пластичности образцов осей опытного и серийного режимов производства. Однако, для образцов осей опытной партии характерно увеличение ударной вязкости, в среднем, на 20,0 %.

Установлено, что интенсификация режимов обжатий на блюминге слитка осевой стали повышает плотность дендритной структуры, способствует образованию требуемой однородной и мелкозернистой структуры нормализованных железнодорожных осей и сокращению количества дополнительных термообработок.

## ИЗУЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ В КРИСТАЛЛАХ $Li_2SO_4$

Джунусбеков А. С., Шандрыга М. А., Салиходжаев Ж. М., Калинина Е. Н.  
(ДНУ, г. Днепропетровск)

Examined a mechanism of formation and evolution of radioactive defects in crystal  $Li_2SO_4$ . Calculated energy of disintegration of anionic complex in singlet and biradical condition.

В физике твердого тела создаются материалы с заданными свойствами. Эти материалы работают в различных условиях в зависимости от их применения. Развитие космической техники, ядерной энергетики и других отраслей производства в XX-XXI веке привело к необходимости создания приборов, которые фиксируют интенсивности различных излучений. В настоящее время многие термолюминисцентные дозиметры изготовлены на основе щелочных и щелочноземельных металлов.

Экспериментальные и теоретические знания, полученные в изучении щелочно-голоидных кристаллов, применяются при исследовании более сложных кристаллов, таких как нитраты, карбонаты, хлораты и сульфаты с учетом специфических особенностей. Дефектообразование в кристаллах с тетраэдрическими анионами имеют свои специфические особенности. Первичными дефектами в облученных кристаллах являются фрагменты, образующиеся после распада анионного комплекса.

Целью работы является определение механизма образования и эволюции радиационных дефектов в кристалле  $Li_2SO_4$ . Первичными дефектами в облученных кристаллах являются фрагменты, образующиеся после распада анионного комплекса. Например, в сульфатах первичные дефекты  $SO_4^-$ ,  $SO_3^-$ ,  $SO_2^-$ ,  $O^-$  и  $O_3^-$  образуются в результате распада возбужденного  $SO_4^{2-}$ -аниона после электронно-колебательной релаксации. В литературе не обсуждаются конкретные механизмы дефектообразования при распаде таких тетраэдрических анионов. В прямых экспериментах трудно обнаружить механизмы безизлучательных распадов анионных комплексов на фрагменты во время релаксации. Для исследования процессов радиационного дефектообразования в облученном кристалле  $Li_2SO_4$  был применен квантово-химический метод моделирования на основе программ WinMOPAC-7.21, MOPAC-2009.

В результате исследования установлено, что из основного синглетного состояния анионный комплекс  $SO_4^{2-}$ , с энергией  $E_d=2,72$  эВ по реакции  $SO_4^{2-} \rightarrow SO_3^{2-} + O^0$  распадается на радикалы  $SO_3^{2-}$ ,  $O^0$ . Из бирадикального состояния анионный комплекс  $SO_4^{2-}$ , с энергией  $E_d=2,27$  эВ по реакции  $(SO_4^{2-})^* \rightarrow SO_3^- + O^-$  распадается на радикалы  $SO_3^-$ ,  $O^-$ . Для моделирования процесса образования радикала  $O_3^-$  в матрицу внедрили молекулу  $O_2$ . При этом энергия, необходимая для образования радикала  $O_3^-$  в основном состоянии, составляет 2,91 эВ, в бирадикальном состоянии - 2,44 эВ, а в возбужденном состоянии - 2,35 эВ.

Полученные результаты согласуются с экспериментальными данными, приведенными в научной литературе и касающимися образования радиационных дефектов в кристаллах.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БЛИЖНЕГО ПОРЯДКА СПЛАВОВ СО-W, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ

Заблудовский В. А., Герасименко Д. В.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The method of the X-ray analysis are used to determine short-range ordering and the sizes of crystal grains of X-ray amorphous Co-W alloys, obtained by electrodeposition. The analysis of a radial distribution function of allocation of atoms is fulfilled. The supposition is made that the atoms of a cobalt and wolframium combine in the configurations being incorrect polyhedrons.

Рентгеноаморфные металлические сплавы относятся к классу материалов, представляющих огромный теоретический и практический интерес. Они характеризуются ближним атомным упорядочением и в отличие от кристаллов – отсутствием трансляционной симметрии в размещении атомов. Целью настоящей работы является установление ближнего порядка рентгеноаморфных сплавов Co-W на основе рентгеновских методов исследования.

В качестве объектов исследования были выбраны рентгеноаморфные пленки Co-W с содержанием вольфрама 16 и 18 ат.% толщиной 20 мкм. Сплавы Co-W получали из аммиачных электролитов с добавлением аморфизатора – вольфрамата натрия ( $Na_2WO_4$ ) и используя вольфрамовый анод. Согласно данным рентгеновской дифракции, атомы кобальта и вольфрама не объединялись в отдельные фазы ( $Co_3W$  и  $Co_7W_6$ ). Полученные сплавы Co-W представляли собой твердый раствор на основании  $\alpha$ -Co, т.е. атомы вольфрама внедрялись в ГПУ решётку кобальта. Повышение содержания вольфрама в сплаве приводило к уменьшению доли кристаллических структур и к увеличению разупорядоченного

расположения атомов. Полученные значения размеров кристаллитов сплавов  $\text{Co}_{82}\text{W}_{18}$  и  $\text{Co}_{84}\text{W}_{16}$ , оцененные с помощью формулы Селякова-Шеррера, составляли соответственно 1,6 нм и 1,7 нм, что хорошо согласуется с литературными данными для рентгеноаморфных материалов. Построение и анализ ФРРА позволили получить данные о том, как влияет внедрение атомов вольфрама в сплав на некоторые параметры ближнего порядка, т.е. на расстояние между ближайшими соседями и число ближайших соседей. Было найдено, что с повышением содержания вольфрама в сплаве происходит увеличение расстояния между ближайшими соседями. Это, очевидно, связано с тем, что радиус атома вольфрама равен 0,137 нм, а радиус атома кобальта – 0,125 нм. При внедрении атомов вольфрама в кластеры, состоящие из атомов кобальта, происходит их “разбухание”. Уменьшение координационного числа с увеличением содержания вольфрама в сплаве также объясняется большими размерами атомов вольфрама по сравнению с размерами атомов кобальта. Расстояния между ближайшими соседями и координационные числа равны соответственно 0,2846 нм и 13,8 для сплава  $\text{Co}_{84}\text{W}_{16}$ , а также 0,2855 нм и 13,1 для сплава  $\text{Co}_{82}\text{W}_{18}$ . Следует обратить внимание на тот факт, что координационное число рентгеноаморфных сплавов Co-W превышает 12. Это, вероятно, связано с тем, что атомы вольфрама и кобальта объединяются в неправильные многогранники, структура которых представляет собой области пространства, разделённые на неправильные полиэдры. Такие структуры имеют повышенную плотность.

#### АДГЕЗИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРООСАЖДЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СТИМУЛЯЦИИ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Заблудовский В. А., Дудкина В. В., Прокопчук М. С.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

В последнее время процесс электроосаждения, стимулированный лазерным излучением с целью ускорения процесса электрометаллизации, является предметом повышенного интереса индустрии металлических покрытий. В процессе производства микроэлектронных устройств существующие процессы создания сложных металлизированных структур требуют нескольких особенно сложных этапов по изготовлению масок, процесса фотолитографии, и т.д. Это повышает сложность контроля процесса и стоимость производства. Развитие процесса нанесения металлических покрытий с помощью лазера является весьма многообещающей технологией для быстрого избирательного нанесения пленок.

Цель данной работы заключалась в исследовании адгезионных свойств пленок никеля электроосажденных при лазерном облучении.

Актуальность исследования данного вопроса заключается в том, что прочность сцепления является важнейшей эксплуатационной характеристикой покрытий. Особенно важен уровень адгезионной прочности в ответственных узлах, где применяются локальные электролитические покрытия никеля. В связи с этим важное значение приобретает выявление степени влияния лазерного излучения на адгезионную прочность электроосаждаемых покрытий.

Для получения пленок никеля использовали лазерно-электролитическую установку на базе газоразрядного  $\text{CO}_2$ -лазера ( $\lambda=10,6$  мкм,  $P=25$  Вт); осаждение проводили при плотности тока равной  $50 \text{ А/м}^2$  из сернокислого электролита следующего состава (г/л):  $\text{Ni}_2\text{SO}_4$  – 300 г/л,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  – 30 г/л,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – 50 г/л, pH- 5. Для исследования адгезии пленок никеля были проведены качественные испытания, которые заключались в споллировании полученных покрытий. Прочность сцепления характеризовалась величиной усилия

сполировывания покрытия с основы. С целью устранения влияния условий технологической подготовки поверхности основы на прочность сцепления покрытий, образцы основы подвергались следующему циклу подготовки поверхности: механическая и химическая (в 5 % растворе азотной кислоты) полировка, обезжиривание в растворе венской извести для удаления травильного шлама и промывка в дистиллированной воде.

Из сравнения результатов испытаний пленок электроосажденных на постоянном токе без лазерного облучения и в условиях воздействия лазерного излучения следует, что применение лазерного излучения в процессе электроосаждения способствует увеличению адгезионной прочности. Особенности изменения адгезионной прочности в зависимости от режима электроосаждения объясняются процессами диффузии ионов никеля в медную основу на границе соединения.

Установлено, что применение лазерного излучения в процессе электроосаждения способствует увеличению плотности тока по сравнению с режимом осаждения на постоянном токе. Увеличение скорости электроосаждения пленок никеля под действием лазерного излучения обусловлено взаимодействием лазерного излучения с ионами металла в водном растворе электролита. При поглощении излучения иону сообщается как энергия, так и импульс фотона. При этом ион получает приращение скорости в направлении падающего света. Давление света, связанное с передачей импульса электромагнитного поля веществу (ионам раствора электролита) называется пондеромоторным действием излучения. Таким образом, рост адгезионной прочности обусловлен активацией диффузионных процессов на границе соединения пленка-подложка под давлением вызванным лазерным излучением.

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Краева В. С., Краев М. В.<sup>1</sup>  
(ДНУЖТ, 1 – НМетАУ, г. Днепропетровск)

Аустенитные коррозионностойкие стали характеризуются большой пластичностью и вязкостью, низкой твердостью, низким пределом пропорциональности и текучести. Единственным методом повышения прочности этих сталей является холодная пластическая деформация. Упрочнение данных сталей происходит из-за их сильной наклепываемости (вследствие преобладания в структуре стали аустенита), а также превращения некоторого количества аустенита в мартенсит.

Магнитное поле, с точки зрения термодинамики, является одним из внешних параметров, воздействующих на металл, таким же как давление и температура. Магнитное поле представляет интерес не только для процессов, происходящих при термической обработке стали. В частности при обработке давлением метастабильных сталей эффекты самозакалки или пластичности наведенной превращением могут интенсифицироваться наложением внешнего магнитного поля. При его воздействии фазовое состояние стали может изменяться. Действие внешнего магнитного поля оказывается значительным, если в превращении участвуют фазы, различающиеся по намагниченности. Так, в случае деформационного мартенситного превращения парамагнитный аустенит превращается в ферромагнитный мартенсит, что и приводит к дополнительному упрочнению стали.

В реальных процессах штамповки проведены эксперименты по определению влияния внешнего магнитного поля на повышение прочностных свойств трубчатых изделий. Исследовался процесс раздачи (увеличения диаметра) трубчатой заготовки коническим пуансоном. Штамповались заготовки из стали 12Х18Н10Т диаметром 15 и 24 мм с толщи-

ной стенки 0,5 и 0,3 мм. Деформирование осуществлялось при комнатной температуре. Степень деформации заготовок составляла 15-20 %. Прочностные свойства отштампованных деталей, учитывая их малую толщину и форму, возможно оценить только измерением микротвердости. Микротвердость стали после деформации без применения внешнего магнитного поля составила 3000-3800 МПа.

В процессе штамповки в очаге деформации с помощью электромагнитов создавалось постоянное магнитное поле напряженностью до 1,1 МА/м (10 кЭ). Особенностью действия постоянного магнитного поля является возможность поддерживать определенную величину напряженности магнитного поля в течение всего периода деформации. При действии внешнего магнитного поля достигнуто дополнительное увеличение прочности стали отштампованных деталей на 5-15 % в зависимости от условий деформации.

Реализация полученных данных может быть использована при разработке методов комбинированного упрочнения материалов для получения высокопрочных сталей с пределом прочности 2500-3000 МПа. Комбинированная обработка стали включает в себя термическую обработку, обработку давлением и воздействие на материал внешнего магнитного поля.

Кроме увеличения прочностных свойств при определенных степенях деформации возрастает и пластичность стали, проявляется эффект пластичности наведенной превращением. Это в свою очередь позволяет повысить обрабатываемость стали и достигать еще большего ее упрочнения.

## ФАКТОРЫ РАЗРУШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Крамар И. Е., Зайцев М. П., Храмцов А. Н.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

A lot of factors influence the intensity of wearing-out of machines' details and the term of their service. The main factors being the environment, namely climatic and ground conditions, humidity and dustiness of the air, adjustment of the machine's construction for service in the conditions of the given environment, qualification of the maintenance personnel, quality of maintenance and repairment of the machines.

В процессе эксплуатации машины ее выходные параметры (производительность, расход топлива и масла и т.д.) ухудшаются, появляются повреждения и отказы, ведущие к снижению или потере работоспособности машины. Причинами этого являются изнашивание деталей машины, усталость, старение и вязкость материала деталей, появление коррозии и отложений, нарушение регулировок, механические повреждения деталей и т.п.

Исследования показывают, что износ деталей возрастает с увеличением шероховатости поверхности и нагрузки на деталь и обратно пропорционален твердости материала. Поэтому для снижения интенсивности износа применяют упрочнение деталей термообработкой, цементацией, наплавкой износостойкими сплавами.

Усталостное разрушение происходит под воздействием переменных и пульсирующих нагрузок в таких деталях, как оси, валы, рамы. В результате действия этих нагрузок в кристаллической решетке поверхностных слоев металла возникают микротрещины, развивающиеся в макротрещины, которые приводят к излому и внезапному отказу деталей. Для борьбы с усталостным разрушением применяют методы, уменьшающие влияние этих нагрузок: отжиг сварных швов, шлифование резьбы и т.п.

Старение материала – постепенное и непрерывное ухудшение его свойств под действием механических, электрических и других нагрузок, а также в результате структурных преобразований в материале. Старению подвержены резинотехнические изделия, алюми-

ниевые и силуминовые детали и др. Для уменьшения вредного влияния старения производят искусственное старение деталей – специальную термообработку (отпуск).

Коррозия – поверхностное разрушение деталей, происходящее вследствие химического или электрохимического взаимодействия со средой. Коррозия железа ведет к ежегодной потере до 10 % годового производства этого металла. Для предохранения от коррозии в стали вводят легирующие элементы (нержавеющие стали), применяют защитные покрытия и смазки.

Вязкость материалов – непрерывная пластическая деформация при длительных нагрузках, которая наблюдается в прокладках из различных материалов, на поверхности катания колес железнодорожного подвижного состава, в не прошедших термическую обработку стальных деталях. Борются с ней повышением прочности деталей и их сопротивлению смятию.

Ухудшают работу деталей и могут приводить к отказам отложения (нагар, накипь, лаки и т.п.), которые появляются на деталях при их взаимодействии с маслами, охлаждающими жидкостями, топливом.

На интенсивность изнашивания деталей машин и сроки их службы влияют многие факторы, основными из которых следует считать окружающую среду – климатические и грунтовые условия, влажность и запыленность воздуха, приспособленность конструкции машины для работы в условиях данной среды, интенсивность эксплуатации, квалификацию обслуживающего персонала, качество обслуживания и ремонта машин.

## АКТУАЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ ВЕРСТАТНОГО УСТАТКУВАННЯ

Крамар І. Є., Яковлев С. О., Шаптала О. І., Віслогузов О. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Сучасне приладобудування та машинобудування характеризується неперервним освоєнням та випуском великої кількості нових машин, які забезпечують технічний прогрес промисловості. Постійно збільшуючи вимоги до сучасних машин та приладів викликають підвищення їх складності та точності і як наслідок, необхідність підвищення ступені оснащення технологічних процесів. В зв'язку з цим одною з основних задач в галузі підготовки виробництва є розробка та запровадження технологічної оснастки, в тому числі і верстатного обладнання, які забезпечують максимальне оснащення технологічних процесів в короткі строки при мінімальних затратах матеріальних засобів.

Одним з ефективних напрямків удосконалення виробництва є підвищення коефіцієнта оснащеності технологічних процесів механізованою та автоматизованою оснасткою, комп'ютеризація технологічних процесів. Якщо обладнання входить в склад обробляючої технологічної системи, його називають верстатним обладнанням. В зв'язку з цим підвищення ефективності використання обладнання стає актуальним.

Від якості обладнання в значній ступені залежить ефективність технологічних процесів виготовлення деталей. Жорсткість обладнання впливає на жорсткість всієї технологічної системи. Застосування верстатного обладнання може суттєво знизити час установки і тим самим підвищити продуктивність процесу.

В плані загальних вимог верстатне обладнання, яке необхідно розробити, повинно бути: а) зручним для роботи та швидкодіючим; б) достатньо носким для забезпечення заданої точності обробки; в) раціональним з точки зору техніки безпеки; г) зручним для установки на верстат, що має велике значення при періодичній зміні обладнання в серійному виробництві; простим та дешевим в виробництві; д) доступним для ремонту та заміни зношених деталей.



## ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ ОПИС ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ МІЦНОСТІ ПРИПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МЕТАЛІЧНИХ СИСТЕМ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Кузін М. О.  
(ДТГО «Львівська залізниця»)

Features of mathematical modeling of change strength properties of metal systems are analyzed. The variant of the thermodynamics description of degradation of materials in the conditions of external loading is offered.

Довготривала та інтенсивна експлуатація рухомого складу залізничного транспорту призводить до зміни міцнісних властивостей найбільш інтенсивно навантажених конструкційних елементів. В результаті динамічних і статичних навантажень, впливу зовнішнього середовища в приповерхневих шарах утворюються дефекти, які суттєво зменшують міцнісні властивості деталей, надійність роботи техніки та можуть призвести до її руйнування.

Одним з найбільш ефективних методів прогнозування зміни експлуатаційних параметрів досліджуваного об'єкту є метод математичного моделювання, оскільки він дозволяє кількісно визначати ресурс роботи деталі без використання затратних натурних експериментів.

Для опису зміни міцнісних властивостей матеріалу в часі в простір опису внутрішніх параметрів математичної моделі вводять змінну «адитивної» природи – «пошкоджуваність», яка описує деградацію матеріалу. В сучасних роботах пошкоджуваність розглядають як об'єкт скалярної, векторної або тензорної природи довільної валентності. Утворення пошкоджуваності пов'язують із дією силового та температурного факторів, а фізично її найчастіше трактують як ступінь «розрихлення» матеріалу тіла та зменшення пружного відгуку матеріалу на зовнішнє навантаження.

Недоліками таких підходів є неможливість врахування переміщення дефектів в тілі, зменшення дефектності матеріалу при деяких умовах його експлуатації, що отримало назву «самолікування», та впливу процесів дифузійної природи на довговічність матеріалу.

Тому найбільш природнім є поєднання опису деградації приповерхневих шарів за допомогою підходів локально рівноважної термодинаміки, фізичних уявлень теорії твердих розчинів та сучасних феноменологічних моделей.

Запис системи балансових рівнянь відносно таких параметрів металічних систем як маса, ентропія, імпульс, енергія та пошкоджуваність дозволив отримати рівняння локального стану відносно шуканих екстенсивних і інтенсивних параметрів та побудувати визначальні кінетичні співвідношення.

Побудовані співвідношення дозволили провести опис деградації експлуатаційних параметрів в широких межах від початку утворення точкових та лінійних дефектів до макроруйнування. Одним з принципово важливих параметрів для даних моделей є вибір ймовірнісного критерію, коли в матеріалі утворюється макротріщина. Поширення тріщини як автотермічний процес описано з використанням підходів теорії фракталів та методів механіки руйнування.

Необхідно відзначити, що на даний час фізичне трактування терміну «пошкоджуваність» не має однозначної інтерпретації, зв'язок його з іншими параметрами матеріалу вимагає подальших досліджень. В зв'язку з цим якість результатів комп'ютерного моделювання пошкоджуваності залежить від конкретизації кінетичних рівнянь еволюції деградації приповерхневих шарів при заданих умовах експлуатації.

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СТРУКТУРИ ФУНКЦІОНАЛЬНО ГРАДІЄНТНИХ МАТЕРІАЛІВ З ПІДВИЩЕНОЮ КОНТАКТНОЮ ДОВГОВІЧНІСТЮ

Кузін М. О.<sup>1</sup>, Мещерякова Т. М.<sup>2</sup>

(1 – ДТГО «Львівська залізниця», 2 – Львівська філія ДНУЗТ)

A mathematical model of coordinate-nonuniform elastic bodies is built on the basis of which some approaches to description and analysis of structurally nonuniform bodies behavior in conditions of force frictional loading are proposed. Multiply realizations of approaches worked out in the thesis are approached to determine optimal parameters of babbit structure, ferritic-perlite steels after overlaying welding and plasma strengthening.

Для більшості деталей залізничного транспорту, що працюють в умовах контактної взаємодії, характерною є структура функціонально градієнтних матеріалів, властивості окремих зон яких суттєво різняться, а формування неоднорідності пов'язано як із технологією отримання виробів, так і з умовами їх експлуатації.

Надійність і довговічність неоднорідних металічних систем вимагає отримання на поверхні контактної взаємодії такої структури, щоб її складові найефективніше сприймали діючі зовнішні навантаження. Тому оптимізацію технології отримання і обробки таких матеріалів слід проводити на основі використання моделей, які дозволяють описувати геометричну будову гетерогенних систем і визначати не тільки осереднені характеристики, але й їх властивості в локальних об'ємах.

Для опису структури і поведінки матеріалів побудовано алгоритм аналітико-числового дослідження впливу кількісних характеристик структури матеріалів на параметри контактної міцності та розроблено програмний комплекс, який складається з двох частин, перша з яких будує комп'ютерну модель фрагмента матеріалу, а друга визначає її ефективні властивості. При встановленні зв'язку між структурою і механічними властивостями в якості основного об'єкта досліджень були обрані геометричні моделі стохастичної структури.

Побудована комп'ютерна модель являє собою ідеалізоване тривимірне зображення, заповнене елементами, які відображають структурні складові. При побудові комп'ютерних моделей бінарних гетерогенних металічних систем використано наступні параметри: процентне співвідношення структурних складових, характеристики форми і розмірів складових, розподіл структурних складових за розмірами.

Механічні властивості досліджених фрагментів визначали з використанням розробленого програмного забезпечення за допомогою методу скінчених елементів і теорії ефективних властивостей матеріалів, згідно з якою властивості структурно-неоднорідного матеріалу відповідають властивостям однорідного матеріалу, якщо їх реакції на зовнішнє навантаження є еквівалентними.

Для встановлення параметрів ефективних властивостей побудованих комп'ютерних моделей структур матеріалів проведено чисельні експерименти з граничними умовами, які відповідають одноосному розтягу пружних тіл. Розв'язок для окремих фрагментів одержано за допомогою методу скінчених елементів, розміри яких вибиралися меншими за розміри структурних складових. В результаті, на основі побудованих комп'ютерних моделей структур, встановлені значення ефективних характеристик модуля пружності та коефіцієнта Пуассона, які описуються поліноміальними залежностями від процентного вмісту складових. Одержані аналітичні залежності використані як базові співвідношення для встановлення вмісту складових бінарних гетерогенних систем, при яких підвищуються параметри їх контактної довговічності. Розроблені моделі механіки використали при роз-

рахунках і оптимізації параметрів градієнтних поверхневих структур бабітів, ферито-перлітних сталей після наплавлення та плазмового зміцнення для підвищення їх зносотривкості.

## ОПТИМІЗАЦІЯ МІКРОСТРУКТУРИ ДЛЯ УСУНЕННЯ ІНТЕРКРИСТАЛІТНОГО РУЙНУВАННЯ ПОКРАЩУВАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

Кузін О. А.

(Національний університет «Львівська політехніка»)

The investigation results of the fracture mechanism of 40X steel after quenching and high tempering and also after embrittlement treatment are presented. The thermal treatment is suggested which makes it possible to reduce the tendency of the improved steel to intergranular fracture.

Експлуатація деталей при зростаючих швидкостях і навантаженнях вимагає розробки нових і вдосконалення існуючих методів підвищення опору крихкому руйнуванню сталей. Суттєве зниження опору крихкому руйнуванню спостерігається при появі інтеркристалітного сколу. Такі елементи структури, що належать до різних рівнів її ієрархії, як аустенітні зерна, пакети рейок мартенситу і бейніту, окремі рейки, пластини, комірки субзерна, а також карбіди у високовідпущеній сталі, їх розміри, тип та однорідність розподілу, по різному впливають на здатність сталей до інкристалітного руйнування сталей. Підвищення експлуатаційної надійності деталей машин вимагає створення структури, здатної забезпечити високий опір інтеркристалітного сколу.

В роботі вивчали вплив розмірів аустенітних зерен, а також розмірів та розподілу карбідної фази на схильність до інтеркристалітного сколу сталі 40X після високого відпуску. Сталі промислової виплавки після попереднього відпалу нагрівали в соляній ванні до температур 860...1050 °C і гартували в маслі. Відпуск проводили при 600 °C з витримкою протягом двох годин та наступним охолодженням у воді. Для частини зразків проводили окрихчувальний відпуск при 550 °C із наступним повільним охолодженням.

Після гартування від температури 860 °C в сталі отримуються зерна із середнім діаметром 21,5 мкм. При підвищенні температури до 950 °C середній діаметр аустенітного зерна становить 52,4 мкм, а після гартування від 1050 °C – 102 мкм, при цьому середній діаметр пакетів мартенситу зростає від 7,9 мкм до 48,0 мкм. Незалежно від температури гартування в структурі виявляється присутність мартенситу двох морфологічних типів – пакетного з рейковою будовою та голчастого з дислокаційною або переважно мікродвійниковою будовою.

Високий відпуск сприяє не тільки інтенсифікації процесів карбідоутворення, але і змінам тонкої структури мартенситу. З підвищенням температури гартування від 860 до 1050 °C середній діаметр комірок в сталі 40X після відпуску зростає з 0.23 мкм до 0.39 мкм. В пакетах рейкового мартенситу карбіди виділяються вздовж полігонізаційних границь рейок, в кристалах  $\alpha$  – фази з дислокаційною або частково двійниковою внутрішньою структурою вони утворюють жорсткий карбідний каркас. Із підвищенням температури гартування зростає середній розмір карбідів, а їх кількість зменшується. Після гартування від 950 °C відпуск сприяє зменшенню кількості дрібних карбідів, причому присутні ділянки вільні від карбідних виділень.

Дослідження зразків на ударний згин в інтервалі температур від -186 до +100 °C показали, що при підвищенні температури гартування сталі поріг холодноламкості зсувається в сторону високих температур. Найменший зсув порогу холодноламкості після вторинного відпуску ( $\Delta T_{50}=49$  °C) спостерігається в зразках загартованих від температури 950 °C.

В крихких макророзривах зламу зустрічаються окремі мікроділянки череззеренного ямкового, відкольного, а також міжзеренного руйнування. Після вторинного відпуску з повільним охолодженням зростає частка інтеркристалітного сколювання. Визначальну роль в схильності сталі до інтеркристалітного руйнування відіграє розподіл карбідів. Переважне їх виділення на міжсубзеренних границях при відпуску підвищує опір міжзеренному руйнуванню сталі, що пройшла гартування від температури 950 °С.

## КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ЗНОШУВАННЯ СТАЛЕЙ ШЛЯХОМ ЗМІНИ СТРУКТУРНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ РОЗДІЛУ

Кузін О. А.<sup>1</sup>, Мещерякова Т. М.<sup>2</sup>

(1 – Національний університет «Львівська політехніка», 2 – Львівська філія ДНУЗТ)

Investigation of the influence of quenching temperature and tempering condition show that the development of various grain sizes, precipitate of carbides on grains and subgrains boundaries decrease the wear resistance of 40X steel. Quenching from 1050 °C elimination of the development of reversible brittleness assure the obtaining of microstructure which increase serviceability of a friction unit.

Тертя металевих матеріалів супроводжується деформуванням, утворенням і руйнуванням зв'язків на окремих ділянках поверхні. За питомих тисків 1.3... 1.8 МПа у деталей машин фактичний діаметр зон контакту відповідає 22...42 мкм. Для покращених сталей із зерном завбільшки 10...50 мкм існує велика ймовірність попадання в зону контакту зерен, границь і потрійних зеренних стиків. У сталях із більшим зерном потрапляння цілого зерна мало ймовірно, але завжди на фактичну площу контакту виходять границі, а також стики зерен і субзерен. Але технології обробки, які ґрунтуються на зміні стану атомів на границях зерен сталей для підвищення їх зносотривкості, використовують обмежено.

Досліджували сталь 40Х промислової виплавки. З відпалених прутків вирізали заготовки, які гартували в оливі після нагріву в соляній ванні до температур 860... 1050 °С. Відпускали при 600 °С з витримкою 2 год та охолоджували у воді. Структурно-енергетичний стан внутрішніх поверхонь розділу змінювали окрихчувальною обробкою: частину зразків повторно відпускали при 520 °С протягом 2 год і охолоджували з піччю. З метою отримання структури з різними кількісними параметрами зразки під час гартування витримували в аустенітній області 30 і 80 хв.

Після гартування від 860 і 900 °С і витримки 30 хв отримується однорідне зерно. Збільшення температури гартування та витримки сприяє появі різнозернистості. Розрахунок методом січних показав, що площа міжсубзеренних границь мінімальна після гартування від 950 °С і максимальна після гартування від 1050 °С. Зі збільшенням витримки вона зменшується, а вторинний відпуск з повільним охолодженням суттєво на неї не впливає. При температурі гартування 950 °С кількість карбідів на міжсубзеренних границях сталі зростає в 2 – 2.2 рази, а після гартування від 1050 °С зменшується. Окрихчувальна обробка сприяє виділенню карбідів на границях субзерен після всіх температур гартування. Після гартування від 1050 °С та наступного відпуску виникає нерівномірність в розподілі карбідів, що утворюють зони в межах зерна, мікротвердість яких суттєво різниться. Формування таких зон пов'язано з утворенням при гартуванні мартенситу двох морфологічних типів – пакетного з рейковою будовою та голчастого з переважно дислокаційною або мікродвійниковою будовою.

Дослідження зносостійкості в режимі сухого тертя показало, що мікроструктура більше впливає на інтенсивність зношування, ніж твердість сталі. Розвиток різнозернистості, зменшення площі міжсубзеренних границь, збільшення густини на них карбідів з підвищенням температури гартування до 950 °С зменшують зносотривкість сталі 40Х після

покращення. Вторинний відпуск з повільним охолодженням підвищує кількість карбідів на границях зерен і субзерен, а також інтенсивність зношування сталі незалежно від температури гартування. Гартування від 1050 °C сприяє подрібненню субзерен, утворенню в межах зерна карбідних скупчень з різною мікротвердістю. В результаті одночасно зростає зносотривкість зразка і контртіла.

## АБРАЗИВНО-КОРРОЗИОННАЯ И УДАРНО-АБРАЗИВНО-КОРРОЗИОННАЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ

Кузьмин С. О., Ткаченко Ф. К., Ефременко В. Г.

(Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь)

The particularities of influence of heat treatment modes on abrasive-corrosive wear resistance and impact-abrasive-corrosive wear resistance of railway steels are described.

Рельсовые стали находят достаточно широкое применение в качестве материала для мелющих шаров, получаемых методом поперечно-винтовой прокатки. Для шаров из этих сталей характерно изменение структурного состояния по сечению, причем тип структурного градиента определяется режимом упрочняющей термической обработки изделий. Распределение микроструктуры по сечению шаров оказывает решающее влияние на их эксплуатационную долговечность, поскольку при работе в мельнице шары изнашиваются практически полностью. Для нахождения оптимального структурного градиента необходимо проанализировать данные относительно износостойкости того или иного типа микроструктуры, формирующейся в рельсовых сталях в условиях, близких к реальным условиям термоупрочнения мелющих шаров.

Исследовали образцы из сталей М74 (0,75 % С, 0,94 % Мп, 0,28 % Si) и 75ХГСМ (0,77 % С, 0,98 % Мп, 0,46 % Si, 0,38 % Cr, 0,064 % Mo), вырезанные из головок рельсов Р65. Образцы аустенизировали при 970 °C (температура нагрева шаровой заготовки под прокатку), после чего часть образцов закаливали в воде с последующим отпуском в интервале 200–650 °C, а вторая часть проходила изотермическую обработку (ИЗО) в соляной ванне при температурах изотермы от 200 до 650 °C (продолжительность выдержки выбирали по диаграммам изотермического распада аустенита до полного завершения превращения при данной температуре). Испытание на изнашивание проводили в лабораторной мельнице при помоле электрокорунда с добавлением водного раствора, по составу аналогичного технической воде ЦГОКа. Образцы испытывали при малой и большой скоростях вращения мельницы, что позволило оценить их абразивно-коррозионную и ударно-абразивно-коррозионную износостойкость (АКИ и УАКИ, соответственно). Эталонном служила отожженная сталь Ст3.

Было установлено, что в целом АКИ растет по мере увеличения твердости образцов, при этом коэффициент износостойкости изменяется от 1,75 до 2,80. В интервале  $t_{\text{отп}}=200\text{--}300$  °C обе стали имеют одинаковую АКИ, однако при более высоких температурах преимущество имеет сталь 75ХГСМ. В состоянии ИЗО картина меняется: при  $t_{\text{ИЗО}}$  свыше 350 °C более износостойкой является сталь М74. При твердости 50–65 HRC АКИ отпущенных образцов и образцов, прошедших ИЗО, практически одинакова, при меньшем уровне твердости предпочтение имеют изотермически обработанные образцы.

При ударно-абразивно-коррозионном изнашивании обнаружены сходные тенденции: коэффициент УАКИ сталей изменяется от 1,73 до 2,69 прямо пропорционально росту твердости. Вместе с тем, при  $t_{\text{отп}}=200\text{--}450$  °C УАКИ выше в стали М74, а при больших температурах отпуска – в стали 75ХГСМ. После ИЗО при  $t_{\text{ИЗО}}=200\text{--}350$  °C износостойкость

выше у образцов из стали 75ХГСМ, а при  $t_{\text{изо}}=400-650\text{ }^{\circ}\text{C}$  – у образцов из стали М74. Для УАКИ характерно преимущество изотермически обработанных образцов над отпущенными при твердости ниже 60 HRC.

Представленные данные показывают неоднозначность влияния вида и температуры обработки на износостойкость рельсовых сталей, что необходимо учитывать при выборе режима термоупрочнения мелющих шаров, стремясь обеспечить им максимальную эксплуатационную долговечность.

## ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОЛЕСНЫХ ЦЕНТРОВ, ПРОИЗВЕДЕННЫХ ПРОКАТКОЙ

Кузьмичев В. М., Перков О. Н., Раздобреев В. Г.  
(Институт черной металлургии НАН Украины, г. Днепропетровск)

The results of research of character of current of metal are submitted at rolling of the wheel centres. Is shown, that the distribution of metal both on a surface, and in centre of a preparation of an ingot carries favorable character.

При разработке технологии горячего деформирования заготовок для центров на лесопрокатной установке в качестве основных ставились задачи получения требуемых конфигурации и размеров черновых центров и отсутствие на них поверхностных дефектов. В тоже время процесс деформации может решать еще одну весьма важную задачу: обеспечение высокого качества металла центра путем формирования структуры и оптимального распределения структурных зон исходной заготовки в элементах центра.

В процессе деформирования заготовок на прессах и стане происходит сосредоточения в отдельных элементах центров, имевшихся (концентрация осевой ликвации и рыхлости в ступице, раскрытие трещин, плены на поверхности заготовки) и образование новых (закаты, складка ступицы и т.п.) дефектов. Наличие и распределение этих дефектов определяется характером и величиной напряжений и деформаций отдельных элементов центров.

Внутренняя структура слитка, состоящая из зон, отличающихся по ориентации зерен, загрязненности неметаллическими включениями и другими параметрами, предопределяет, в известной мере, качество отдельных элементов центров. По этой причине весьма важно определение качественного и количественного распределения различных зон исходной заготовки в элементах центров, выявление механизма деформации и имеющихся закономерностей течения металла, что является основой для выбора путей совершенствования действующих и разработки новых технологических процессов изготовления центров, совершенствования режимов обжаты.

Исследовали характер течения металла в процессе изготовления (при прокатке) колесных центров. Использовали наблюдение за изменением формы, размеров и взаимного положения шпилек или стержней, заранее вмонтированных в исследуемые зоны заготовок. Заготовки были про деформированы на прессопрокатной линии. Затем из них вырезали радиальные темплеты, на которых фиксировали изменное положение стержней. Обработка полученных данных позволила проанализировать распределение наружных слоев исходной заготовки на поверхности различных элементов готового центра и распределение внутренних объемов металла в элементах центра. Было установлено, что и поверхностные и внутренние слои металла сформированы из различных зон исходной заготовки. Так, большая часть обода формируется из участка слитка с наиболее плотным металлом, а его центральная часть – из зоны столбчатых кристаллов; практически весь диск и переход

от диска к ободу и ступице сформирован из двух структурных зон: столбчатых и различно ориентированных дендритов. Наименее качественная часть слитка – центральная, практически вся удаляется с выдавкой и при расточке центрального отверстия. Основная часть ступицы сформирована из металла зоны различно ориентированных дендритов. Таким образом, показано, что распределение поверхностных слоев, так и различных структурных зон исходного слитка в элементах центра носит благоприятный характер и не требует изменения.

## МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Кустов В. Ф.

(Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков)

Необходимость замены релейных систем на микропроцессорные системы железнодорожной автоматики (МСЖА) является очевидным фактом, т.к. при этом существенно расширяются их функциональные возможности, снижается стоимость проектирования и строительства, снижаются эксплуатационные расходы и повышается надежность и эффективность работы железнодорожного транспорта.

Наиболее значимым препятствием для внедрения МСЖА, непосредственно влияющих на безопасность движения поездов, является сомнение Заказчиков в возможности достоверного доказательства их функциональной безопасности.

В основе создания безопасных МСЖА должна быть полная открытость технической документации на программное и аппаратное обеспечение для Заказчиков и экспертов при гарантированном выполнении ими обязательств по ее неразглашению и сохранению ими прав интеллектуальной собственности организации-разработчика.

Основными методами обеспечения и доказательства безопасности МСЖА являются: синтез безопасных структур МСЖА и разработка для них достоверных математических моделей безопасности, по которым должны проводиться расчеты показателей безопасности; проведение корректных с позиции обеспечения безопасности имитационных и стендовых испытаний, а также испытаний в условиях эксплуатации.

Для количественной оценки безопасности должны быть обоснованы расчетно-логические схемы функциональной безопасности с представлением исходных данных для расчета (данных по надежности комплектующих элементов с учетом реальных нагрузок), принципиальных схем и соответствующих спецификаций не только каналов резервирования МСЖА, но и решающих элементов, устройств согласования с объектами управления и контроля. В расчетах должны быть учтены однократные и кратные отказы элементов МСЖА, которые могут приводить к их опасным состояниям.

Основополагающее значение при проведении расчетов имеют математические модели функциональной безопасности резервированных структур. В докладе приводятся такие модели для наиболее распространенных двухканальных структур с нагруженным резервированием и мажоритарным резервированием «2» из «3», используемые как для анализа безопасности, так и для синтеза МСЖА.

Обязательным при доказательстве безопасности программного обеспечения являются испытания МСЖА на имитационных моделях, созданных на базе ПЭВМ. Эти испытания позволяют на различных стадиях определять опасные ошибки программистов и технологов в процессе разработки, отладки и ввода в эксплуатацию программного обеспечения. Существенным является разработка одинакового ядра программного обеспечения для однотипных систем, что позволяет существенно уменьшить объем работ по доказательст-

ву безпеки МСЖА для конкретних об'єктів з різними технологічними особливостями. Основой проведення якісних стендових випробувань на безпеку є відповідна методика випробувань, що враховує особливості функціонування МСЖА в найбільш відповідальних і небезпечних режимах, а також вплив зовнішніх і внутрішніх факторів, які недостатньо точно враховуються в розрахункових моделях. В доповіді наводяться результати реалізації методів забезпечення безпеки для ряду МСЖА, введених в експлуатацію (см. сайт: [www.satep.com.ua](http://www.satep.com.ua)), які підтверджують можливість їх подальшого впровадження на залізничному транспорті.

## ВЛАСТИВОСТІ, СТРУКТУРО– ТА ТЕКСТУРОУТВОРЕННЯ ГАРЯЧЕКАТАНОЇ СТАЛІ 01ЮТА

Куцова В. З., Котова Т. В., Іванченко В. Г.<sup>1</sup>

(Національна металургійна академія України, 1 – Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАНУ, м. Дніпропетровськ)

The microstructure and properties of hot-rolled ultralow-carbon steels 01ЮТА have been studied. The tests of mechanical properties have revealed that the steel 01ЮТА is deformed in the austenitic temperatures area, has very good ability to the deep stretch forming. It is explained by the prevalence in its structure of the micro angular boundaries and the twinned boundaries formation  $\Sigma 3\ 60^\circ \langle 111 \rangle$ . Due to EBSD-analysis it has been determined, that in the central zone of the steel sample 01ЮТА the most expressed is the texture with primary orientation of ferrite grains by plane  $\{101\}$ , in a superficial zone – planes  $\{111\}$  and  $\{101\}$ .

Гаряча обробка тиском є самостійною технологічною операцією формоутворення різних виробів, у тому числі деталей залізничного транспорту, що отримують із використанням листового прокату. Гаряче прокатування може передувати холодному та теплому обробленню тиском. Пластичне деформування сталі в аустенітному стані супроводжується двома конкуруючими процесами: значним збільшенням щільності дислокацій, які викликають зміцнення (гарячий наклеп), та перебудовою цих дислокацій (знеміцнення сталі). Наклеп виникає в ході гарячої деформації, знеміцнення – при деформації та після неї. Структурні та субструктурні зміни в сталі являють собою складний комплекс процесів, які накладаються один на інший.

Проблема суттєвого покращення штампуємості листів в промислово розвинутих країнах вирішується шляхом використання IF- сталей (Interstitial Free Steels). IF- сталі високوپластичні, їх структура стабілізована мікродобавками титану, містить низьку кількість вуглецю (менше 0,02%), який сумісно із азотом повністю зв'язан в карбіди, нітриди і карбонітриди. Міцність зумовлена зміцненням твердого розчину кремнієм, марганцем та фосфором.

Для удосконалення уявлень про деякі процеси, що відбуваються в твердих тілах, використовують нову методику автоматичного аналізу картин дифракції зворотньо розсіяних електронів (EBSD–аналіз), який дозволяє визначати локальні орієнтування кристалітів, оскільки знання про розорієнтацію зерен, площини проходження границь є вихідною умовою для аналізу структури.

Структура досліджених гарячекатаних зразків сталі 01ЮТА характеризується наявністю островної різнозернистості, дані EBSD–аналіза свідчать про домінування в структурі центральної зони зразка малокутових границь та формування спеціальних двійникових границь  $\Sigma 3\ 60^\circ \langle 111 \rangle$ , вміст яких складає 0,813%.

Випробування механічних властивостей показали, що сталь 01ЮТА, яка деформована в аустенітній області температур, має дуже добру здатність до глибокого



втягування, що пояснюється домінуванням в її структурі малокутових границь і формуванням двійникових границь.

Аналіз текстури виявив, що в центральній зоні зразка сталі 01ЮТА найбільш вираженою є текстура з переважним орієнтуванням феритних зерен площиною  $\{101\}$ , в поверхневій зоні – площинами  $\{111\}$  і  $\{101\}$ .

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОМ СВАРКИ НА КАЧЕСТВО БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ

Мамчур С. И., Носова Т. В., Бренько Е. О., Макаренко Т. Ю.  
(Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара)

Having accompanied researches, the got results showed that using mathematical model of welding process, we can solve the problem having combined meanings of parameters of welding regime without extra researches which can provide high-quality joint.

Сварка трением это разновидность сварки давлением, при которой нагрев осуществляется трением, вызванным перемещением (вращением) одной из соединяемых частей свариваемого изделия. В процессе сварки трением энергия, подводимая к одной из свариваемых деталей, преобразуется в тепловую; при этом генерирование теплоты происходит непосредственно в месте будущего соединения.

В отличие от сварки плавлением, сварка в твердом состоянии дает более широкие возможности для получения соединений из разнородных материалов.

Достоинством сварки трением является возможность получения прочных соединений не только из одноименных, но также и из большого числа сочетаний разноименных металлов и сплавов, в том числе таких, теплофизические характеристики которых резко различны: алюминия со сталями, титана с алюминием, меди со сталью и др. Наиболее эффективно ее применение для экономии дорогого или дефицитного материала, когда цельная деталь заменяется сварной – биметаллической.

В проведенной работе сварка трением проводилась на образцах:

- 1) ниобиевый сплав ВН-2АЭ (пруток диаметром  $(12..14) \times 10^{-3}$  м) и титановый ОТ4 (пруток диаметром  $(15..20) \times 10^{-3}$  м);
- 2) сталь 12Х18Н10Т (пруток диаметром  $10 \times 10^{-3}$  м) и магниевый сплав МА2-1 (пруток диаметром  $15 \times 10^{-3}$  м).

Для обеспечения стабильности механических свойств сварных соединений, свариваемые поверхности заготовок из пруткового материала перед сваркой торцевались на токарном станке до 4-5 класса шероховатости обработанной поверхности и обезжиривались.

При сварке фиксировались следующие параметры: величина осадки при нагреве, время нагрева, скорость относительного вращения, давление при нагреве и проковке, длительность проковки и общая садка. Для замера температуры в зоне сварки использовались хромель-алюмелевые и платино-платинородиевые термопары.

Проведенные в работе исследования и полученные зависимости показали, что при использовании математической модели процесса сварки трением без дополнительных исследований можно решить вопрос по определению сочетаний значений параметров режима сварки, обеспечивающих качественное соединение.

## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ НАГРУЖЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ

Новогрудский Л. С.<sup>1</sup>, Оправхата Н. Я.<sup>1</sup>, Зайцева Л. В.<sup>2</sup>

(1 – Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины,

2 – Филиал НПЦ «Техдиагаз» ДК «Укртрансгаз» НАК «Нефтегаз Украины»)

This report presents the results of experimental investigations of the influence of the long-term service of the change mechanical characteristics of rail steel.

Работоспособность несущих конструкций и их элементов в первую очередь определяется уровнем исходных значений физико-механических свойств конструкционного материала. На электрифицированном железнодорожном транспорте такими высоконагруженными элементами, отвечающими за безопасность движения поездов, являются колесные пары и рельсовые колеи. Взаимодействие колес и рельсов при эксплуатации происходит в условиях действия сложной системы циклических силовых и электрических нагрузок. Длительная работа конструктивных элементов в таких условиях требует использования материалов с высоким уровнем прочности, долговечности и износостойкости. При производстве рельсов, регулируя соотношение основных и легирующих химических элементов, режимов термообработки, можно управлять исходной микроструктурой, твердостью, прочностью и вязкостью стали. Использование деформационных методов обработки позволяет не только придавать изделию необходимую геометрическую форму, но и задавать направление максимальных значений механических характеристик. Анализ условий работы и нагруженности рельсового пути показал, что длительная эксплуатация железнодорожных рельсов вызывает значительные изменения механических характеристик материала, из которого они изготовлены. Такого рода изменения могут привести к понижению сопротивления рельсов деформированию и разрушению. Поэтому изучение характера изменения прочности и пластичности рельсовых сталей во времени представляет значительный практический и научный интерес.

В докладе приведены результаты экспериментального исследования влияния наработки на механические характеристики материала рельсов после их длительной эксплуатации в прямом и криволинейном участках пути. Эксперименты были проведены на образцах, вырезанных вдоль и поперек направления продольной оси рельса. Выявлено существенное влияние геометрии пути на характер изменения механических свойств рельсовой стали после ее длительной эксплуатации. Условия нагружения материала в прямолинейных и криволинейных участках пути несущественно влияют на изменения значений характеристик прочности образцов, изготовленных в направлении прокатки рельсов. Для образцов, вырезанных в поперечном направлении, отмечается значительное различие в значениях условного предела текучести материала. Из характеристик пластичности стали для образцов обоих направлений вырезки наиболее чувствительной к условиям эксплуатации является относительное сужение площади поперечного сечения образца после разрыва. Следует также отметить, что эксплуатация рельсов независимо от геометрии пути приводит к упрочнению материала в поперечном направлении по сравнению с исходным состоянием.

В докладе также рассмотрено влияние импульсов электрического тока на характеристики прочности и пластичности стали, используемой для изготовления рельсов, в исходном состоянии и после длительной эксплуатации.

## ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ НА МЕХАНИЗМЫ ИХ РАЗРУШЕНИЯ

Островская А. Е., Волчок И. П.  
(ЗНТУ, г. Запорожье)

Investigation of the influence of intermetallic phases on the mechanism of fatigue fracture of the secondary aluminum alloys was made.

Силумины – литейные алюминиевые сплавы, обладающие удовлетворительными механическими и хорошими технологическими свойствами, что обуславливает их широкое применение самых различных областях производства и разнообразие условий эксплуатации. Одним из основных критериев выбора является сопротивление разрушению этих сплавов при разных видах нагружения. Согласно литературным данным одной из основных причин выхода из строя деталей машин становится усталостное разрушение.

Изучали разрушение вторичного силумина АК8МЗ при испытаниях на малоцикловую усталость. Провели металлографический анализ исходной структуры. Испытания на малоцикловую усталость проводили на полированных образцах, что позволило исследовать механизмы зарождения и распространения трещин. Изломы разрушенных в результате испытаний образцов анализировались на электронном микроскопе. Рассматривалось влияние на механизм разрушения трех факторов: количества стружки в шихте сплава, количества железа в сплаве и величина присадки модификатора.

Анализ исходной микроструктуры сплава показал, что в ней присутствуют три вида включений:  $Al_5SiFe$  ( $\beta$ -фаза),  $Al_{15}(FeMn)_3Si_2$  ( $\alpha$ -фаза), Si. Был рассчитан параметр формы  $\lambda$  для каждого из видов включений отдельно и суммарный. При максимальном содержании стружки в шихте и железа в сплаве и минимальной величине присадки модификатора параметры формы включений были такими:  $\lambda_\beta=62,3$ ,  $\lambda_{общ}=12,6$ . При снижении содержания стружки и железа и возрастании величины присадки модификатора параметр формы уменьшался до:  $\lambda_\beta=7,87$ ,  $\lambda_{общ}=2,79$ . При дальнейшем снижении стружки и железа и возрастании величины присадки модификатора параметр формы достигал минимальных значений:  $\lambda_\beta=6,98$ ,  $\lambda_{общ}=2,28$ . Очевидно, что со снижением содержания стружки и железа и ростом присадки модификатора размеры включений уменьшаются, их компактность увеличивается. Причем в наибольшей мере это касается  $\beta$ -фазы. В процессе испытания на малоцикловую усталость первые трещины появлялись не в матрице, а во включениях. В первую очередь растрескивались длинные пластины включений  $\beta$ -фазы. Именно они являлись концентраторами напряжений, от которых трещина распространялась в матрицу сплава. Фрактографический анализ показал, что со снижением содержания стружки и железа, и ростом присадки модификатора характер разрушения сплава изменялся с хрупкого на смешанный с преобладанием вязкого. На фрактограмах отчетливо были видны выходящие на поверхность излома, растрескавшиеся, пластины включений  $Al_5SiFe$ , что подтвердило их непосредственное участие в процессе разрушения сплава.

Коэффициент корреляции между общим параметром формы и сопротивлением усталости составил  $-0,63$ , а коэффициент корреляции между параметром формы  $Al_5SiFe$  и сопротивлением усталости составил  $-0,97\%$ . Это подтвердило данные металлографического анализа о том, что ведущую роль в разрушении сплава принимают включения  $\beta$ -фазы. При сопоставлении данных о сопротивлении усталости и вида излома был сделан вывод, что максимальный уровень сопротивления усталости соответствует смешанному типу излома с преобладанием вязкой составляющей.

Изменение формы включений в результате оптимизации процесса модифицирования позволило увеличить сопротивление усталости сплава АК8МЗ в 2,3 раза.

## ЗВАРЮВАННЯ БЕЗ РОЗПЛАВЛЕННЯ МЕТАЛУ

Плітченко С. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Technology of welding without melting of parent metal is considered

За минуле сторіччя алюміній і сплави на його основі знайшли широке використання в різних галузях промисловості. За вказаний період було розроблено безліч сплавів з різним комплексом властивостей. При цьому неминуче, залежно від умов роботи сплавів, розроблялися технології їх з'єднання.

Враховуючи, що на сьогоднішній день провідною технологією по зварюванню алюмінію і більшості його сплавів для машинобудування вважається дугове зварювання плавким і неплавким електродами в середовищі інертних газів, розробка інших технологій є цілком обгрунтованою. Так, на підставі ефекту підвищення температури в зоні контакту елементів, що труться, були розроблені технології формування нероз'ємних з'єднань без розплавлення металу. На підставі численних досліджень були показані переваги зварювання без розплавлення, такі як якісна зміна зона термічного впливу, відсутність деформацій конструкції і так далі.

Спосіб з'єднання С.Т.П. (зварювання тертям з перемішуванням) заснований на підвищенні температури в зоні стику за рахунок сили тертя між поверхнями основного металу і спеціального інструменту, який здійснює обертальний рух щодо осі, розташованої приблизно перпендикулярно до основного металу. Робоча (торцева) частина інструменту, звана буртом, зазвичай має поверхню складної форми у вигляді невеликої ввогнутості для можливості перемішування металу стику і перерозподілу його на ділянці шва. Для отримання різних глибин провару інструмент має в торці виступ, який залежно від марки сплаву і товщини металу може мати різну геометричну форму, а також в деяких випадках складну спіраль або різьблення.

В процесі зварювання інструмент переміщується уздовж стику. Завдяки високим частотам обертання інструменту основний метал зварного стику розігрівається до температур, при яких відбувається заповнення зазору між елементами, що з'єднуються. Перемішування металу в об'ємах реакції дозволяє отримати однорідну структуру зварного шва.

Виходячи з того що інструмент бере участь в процесі тертя, метал з якого він виготовлений повинен володіти високою стійкістю до зносу. Враховуючи що сплави на основі алюмінію мають відносно низьку температуру плавлення, для їх зварювання немає необхідності виготовляти інструмент з дорогих високотвердих і зносостійких матеріалів, складних в обробці. Доцільніше виготовляти інструмент з інструментальної сталі, що пройшла спеціальну обробку. Очікується що інструмент, виконаний з інструментальної сталі відповідатиме більшості вимог без використання дорогого устаткування для його виробництва.

Окрім цього до переваг С.Т.П. необхідно віднести відсутність формування тугоплавкої окисної плівки, яка знімається в процесі роботи інструменту, без негативного впливу зміни хімічного складу в зоні з'єднання. Для розробки промислової технології необхідно вирішити ряд питань, зокрема забезпечення точної підготовки зварних елементів, надійне їх закріплення, і що особливо важливо, виготовлення інструменту необхідних параметрів.

## ВПЛИВ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ НА ТЕРМОСТІЙКІСТЬ ГРАФІТИЗОВАНИХ СТАЛЕЙ

Савченко В. О.  
(ЗНТУ, г. Запорозьє)

Heat resistance of graphitized steels in the conditions of increased temperatures depending on chemical content has been researched.

В промисловості існує ряд деталей які працюють в умовах термоциклічних напружень (кокіль, виливниці, склоформуючий інструмент, деталі пічного обладнання та ін.). Основною особливістю їх роботи є циклічна теплова дія, яка визиває температурний градієнт в тілі виробу і, як наслідок цього, появу термічних напружень та термовтомних тріщин. Відомо, що для виготовлення цих деталей широко використовуються чавуни, які завдяки високому вмісту вуглецю та кремнію мають ряд цінних властивостей (високі ливарні властивості, демпфуючу здатність, теплопровідність та ін.). Для виготовлення таких деталей починає використовуватися графітизована сталь, яка завдяки своєму хімічному складу має кращі механічні та експлуатаційні властивості ніж у чавунів. Широке застосування цих сталей стримується рядом факторів: по-перше довготривалим графітизуючим відпалом для отримання необхідної структури, по-друге недостатнім вивченням механічних і службових властивостей, особливо, в умовах підвищених температур.

Відомо, що довговічність виробів, що працюють в умовах термоциклювання, залежить від термостійкості матеріалу, з якого вони виготовлені, тобто, комплексного показника, що характеризує опір матеріалу виникненню в ньому термічних напружень, зародженню і поширенню термовтомних тріщин. Показниками термостійкості є параметр теплових напружень  $K$  та критерій стійкості матеріалу при термоциклічному навантаженні  $C$ , чисельне значення яких підвищується зі збільшенням теплопровідності (через зменшення градієнту температур і, відповідно, величини термічних напружень в стінках форми), міцності та пластичності, що стримують зародження та розповсюдження термовтомних тріщин, а також зі зменшенням коефіцієнту термічного розширення  $\alpha$  та модуля пружності  $E$ . Чим менша величина термічного розширення, тим менших деформацій зазнає матеріал металевої форми і тим менша величина напружень, що в ній утворюються.

Дослідні зразки виготовлялися з модифікованої феросиліцієм та алюмінієм графітизованої сталі з вмістом вуглецю 0,8% та 1,19%, а вміст кремнію змінювали з 1,19% до 1,62% та піддавали графітизуючому відпалу за режимом: нагрівання до 810°C – витримка 2 години; охолодження до 680°C – витримка 2 години з наступним охолодженням з піччю. Проведене термічне оброблення забезпечило ферито-перлітну металеву основу сталей з графітовими включеннями компактної форми. Результати отриманих значень термостійкості для графітизованих сталей порівнювали із властивостями високоміцного чавуну ВЧ40.

Параметр теплових напружень  $K$  для графітизованих сталей знижувався з підвищенням температури, як і у чавунів, але при температурі 20 °C він перевищував в 2,5...4 рази цей параметр для чавуна, майже вирівнюючись з ним при температурі 600°C. У значеннях критерію термостійкості  $C$  для графітизованих сталей був виявлений пік при 400°C, наявність якого можна пояснити перед усім деякою стабілізацією міцності та зростанням пластичності сталей в інтервалі 200...400°C. З подальшим збільшенням температури значення критерію  $C$  знижувалося, що пояснюється значним зниження міцності сталей при температурах 600..800°C. В порівнянні з чавунами критерій  $C$  для сталей перевищував аналогічний показник в 1,5...2 рази.

## ВЛИЯНИЕ Мо И Р НА МЕХАНИЗМ И КИНЕТИКУ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИЦ РАЗДЕЛА В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ СО СВЯЗКОЙ Fe-B-C

Сыроватко Ю. В., Суховая Е. В.

(Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара)

In this work contact interaction processes at the composite interfaces was determined to slow down by increasing cooling rate of the W-C filler from 100 to 1000 K/s and by alloying the Fe-B-C eutectic binder with P and Mo.

В работе исследовали структуру и свойства сплавов Fe-1,8%B-3%C, легированных 1-3% Р и 0,5% Мо, с целью разработки состава связки композиционных материалов, предназначенных для работы в абразивных средах. Для получения композиционных материалов с наполнителями W-C ( $V_{\text{охл}}=100-1000$  K/c) использовали метод печной пропитки. Структуру сплавов-связок исследовали методами металлографического, рентгеноструктурного и дифференциального термического анализов. Микро-механические характеристики определяли на приборе ПМТ-3.

Установлено, что с увеличением содержания фосфора в структуре сплава Fe-B-C, кроме эвтектики Fe-Fe<sub>3</sub>(C,B), дополнительно образуются первичные кристаллы Fe<sub>3</sub>(C,B) в форме дендритов. Их появление приводит к увеличению температуры плавления сплавов. Поэтому в качестве основы для разработки связки был выбран сплав, содержащий 1%Р и имеющий эвтектическую структуру. В состав базового сплава дополнительно вводили 0,5%Мо, что практически не влияло на температуру фазовых превращений, но приводило по данным рентгеноструктурного и микрорентгеноспектрального анализов к появлению боридов Mo<sub>2</sub>B<sub>5</sub>.

При введении фосфора в сплав-связку Fe-B-C изменяются линейные размеры и объемное содержание структурных составляющих и фаз в эвтектике. Результаты определения микро-механических свойств сплавов показывают, что введение Р в сплав-связку приводит к увеличению общей микротвердости в среднем на 16%, микрохрупкости на 13% и уменьшению хрупкой микропрочности на 19%. Добавление Мо в сплав, содержащий 1%Р, уменьшает в среднем микрохрупкость на 86% и увеличивает хрупкую микропрочность на 45%, что является положительным результатом. На основании полученных данных для пропитки композиционных материалов были выбраны связки Fe-1,8%B-3%C-1%Р и Fe-1,8%B-3%C-1%Р-0,5%Мо.

Сплавы-связки выбранного состава хорошо смачивают гранулы наполнителя. Содержание наполнителя в композиционных материалах колеблется в пределах 45-64%, размер частиц наполнителя - 45-70 мкм. Применение сферических гранул быстроохлажденного наполнителя обеспечивает большую компактность структуры. На границах раздела между наполнителем и матрицей образуются зоны контактного взаимодействия. Со стороны матрицы после пропитки дополнительно присутствуют кристаллы с перлитной структурой, фазы Fe<sub>3</sub>W<sub>3</sub>C и WC. Со стороны наполнителя полностью исчезает фаза W<sub>2</sub>C и наблюдается только слой монокарбида WC. Вследствие диффузии W и C из наполнителя микротвердость матрицы возле границы раздела увеличивается, а наполнителя уменьшается, что можно объяснить формированием структуры зон контактного взаимодействия по растворо-диффузионному механизму.

Увеличение скорости охлаждения наполнителя вызывает увеличение объемного содержания кристаллов со структурой перлита в структуре зон контактного взаимодействия в среднем на 10%, уменьшение содержания фазы Fe<sub>3</sub>W<sub>3</sub>C на 50% и ширины зоны контактного взаимодействия на 50%. Легирование Мо уменьшает ширину зоны контактного взаимодействия в образцах с быстроохлажденным наполнителем в среднем на 20 %. В результате прове-

денных исследований установлено, что интенсивность процессов контактного взаимодействия, происходящих на границах раздела композиционных материалов во время пропитки, можно снизить путем увеличения скорости охлаждения наполнителя до 1000 К/с и одновременного легирования сплава-связки 0,5% Мо.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ БОРА В СПЛАВЕ НА ДИФФУЗИЮ УГЛЕРОДА И БОРА

Филоненко Н. Ю.

(Украинский государственный химико-технологический университет,  
г. Днепропетровск)

It is shown, that as a result of satiation of surface of boroncontaining alloys the multiphase inclusions structure on the scopes of former austenitic corns appear by a coniferous forest. For dissolution of which, the following method is offered: isothermal self-control in the flow of 1-2 hours at the temperature 870°C.

Одним из фактором, оказывающим влияние на процесс насыщения поверхности является наличие легирующих элементов в сплаве. В работе исследовали влияние содержания бора в сплаве на железной основе на процесс насыщения поверхности бором.

Исследования проводились на образцах с содержанием углерода 0,35% (вес.), бора 0,0035-0,2% (вес.). Микроструктуру сплавов исследовали на металлографическом микроскопе «НЕОФОТ – 2.0» и на сканирующем электронном микроскопе с анализатором JSM – 6490 series. Рентгеноструктурный анализ осуществляли с помощью рентгеновского аппарата ДРОН – 3 в Fe K<sub>α</sub> излучении. Затем образцы насыщали бором в древесноугольном карбюризаторе с добавкой карбида бора и активатора в течение 4 часов при температуре 950°C.

Микроструктура сплавов в исходном состоянии после выплавки представляла собой ферритно-перлитную смесь. После насыщения поверхности борсодержащих сплавов бором образуется борированный слой различной морфологии в зависимости от содержания бора в сплаве. В сплаве, содержащем 0,0035% бора глубина борированного слоя после насыщения поверхности бором составляла 120-125 мкм, глубина подслоя 900-950 мкм.

Увеличение содержания бора до 0,01% приводит к незначительному увеличению глубины борированного слоя до 130 мкм, и уменьшению величины подслоя до 800 мкм, а так же уменьшается объемная доля перлита. При содержании бора в сплаве 0,1% практически не изменялась глубина борированного слоя, но происходит уменьшение глубины подслоя до 500 мкм. В подслое наблюдали образование многофазных включений по границам бывших аустенитных зерен на фоне зерен феррита.

Исследование структуры многофазного включения показало, что в центре включения образуется борид Fe<sub>2</sub>B, окруженный бороцементитом -Fe<sub>3</sub>(CB) и внешняя оболочка состоит из соединения - Fe<sub>23</sub>(CB)<sub>6</sub>. Образование многофазных включений приводит к увеличению хрупкости покрытия и уменьшению износостойкости.

Разработан способ, позволяющий изменить объемную долю и фазовый состав многофазных включений и тем самым улучшить микромеханические свойства сплавов. Для растворения многофазных включений рекомендована изотермическая выдержка после процесса борирования при температуре 870°C в течение 1-2 часа, с последующим охлаждением с печью.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки технологии термической обработки как борсодержащих сплавов на железной основе, так и для упрочнения стальных изделий после борирования.

## КАРБИДНАЯ ФАЗА ОБРАЗУЮЩАЯСЯ ПРИ ОТПУСКЕ ЗАКАЛЕННЫХ ХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ

Чайковский О. А.<sup>1</sup>, Вакуленко И. А.<sup>2</sup>, Котова Л. И.<sup>2</sup>  
(1 – ПГАСА, 2 – ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The observed questions of estimate process formation carbon phase under anneal quenching stainless carbon steel.

Исследование изменения искажений второго рода матрицы, размеров блоков  $\alpha$ -фазы и твердости образцов сталей 7Х8 и 7Х18, закалённых из однородного аустенитного состояния и отпущенных при температуре 650°C, позволило определить их немонотонность изменения в процессе отпуска, и сделать предположение о карбидном превращении. Об этом свидетельствует также характер изменения чувствительных к структурным изменениям свойств. Образование и выделение карбидов, изменение объёмной доли карбидной фазы, искажения кристаллической решетки матрицы вызывают соответствующие изменения твердости, коэрцитивной силы, электросопротивления. Независимо от содержания хрома, в процессе изотермического отпуска выделяются вначале карбиды  $M_3C$  и  $M_7C_3$ , который для стали 7Х8 является стабильным. В стали 7Х18 с увеличением времени выдержки при отпуске обнаруживается выделения кубического карбида  $M_{23}C_6$ . Увеличение содержания хрома сдвигает начальные моменты выделения карбидной фазы к более коротким изотермическим выдержкам. Экспериментально обнаружено, что изменения твердости, искажения второго рода кристаллической решетки матрицы, коэрцитивной силы, электросопротивления сопровождаются образованием в структуре стали 7Х8 карбидной фазы, состоящей из вновь сформированных карбидов  $M_7C_3$  и диспергированных карбидов  $M_3C$ . В стали 7Х18 структурные изменения приводят к диспергированию карбидов  $M_3C$  и  $M_7C_3$  и возникновению карбидов  $M_{23}C_6$ . При электронномикроскопическом исследовании структуры фольг из образцов, прошедших закалку в воде и последующий изотермический отпуск при 650 °С, было обнаружено, что карбидная фаза, которая формируется при распаде мартенсита в стали 7Х8 по форме мало отличается от карбидов образовавшихся в образцах дополнительно охлажденных после закалки в жидком азоте. Наряду с этим в образцах, которые после закалки не охлаждались в жидком азоте, была обнаружена высокодисперсная пластинчатая структура. Расчет электронограмм по карбидной фазе показал, что ее можно идентифицировать как карбид  $M_3C$ . Высокодисперсная пластинчатая структура образовалась в результате распада остаточного аустенита в процессе изотермической выдержки при 650 °С. Подобные структурные изменения отмечены и в стали 7Х18, дополнительно охлажденной после закалки в жидком азоте. Идентификация процесса превращения в подобной структуре показала формирование карбидов  $M_{23}C_6$ , и  $M_7C_3$  в весьма дисперсном виде между пластинами цементита в структуре типа «перлит». Частицы карбидов типа  $M_3C$  имеют форму вытянутой пластинки и, при выделении в матрице, выполняется ориентационное соотношение Ю.А. Багаряцкого.

Кристаллогеометрический анализ формы карбидов  $M_7C_3$  в сталях 7Х8 и 7Х18 показал, что они не имеют общей закономерной ориентировки относительно матрицы. С другой стороны, карбид  $M_7C_3$ , выделяющийся в стали 7Х8, в основном имеет округлую форму и примыкает к частицам цементита или располагается между ними.

В тоже время, анализ электронограмм с рефlekсами от карбидов  $M_{23}C_6$  показывает, что они выделяются закономерно относительно матрицы. В начальные моменты карбиды  $M_{23}C_6$  появляются в виде тонких прерывистых выделений по границам зерен. Далее с рос-



том времени выдержки при отпуске они увеличиваются в размерах и представляют собой уже прямоугольники, расположенные в матрице параллельно друг другу.

## ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ОБЪЕМНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВОЙ МЕДИ

Шалунов Е. П., Смирнов В. М.

(ФГОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И.Н.Ульянова»)

Influence of copper oxide additives on the formation of the structure and the properties of volumetric nano-structured materials  $\text{Cu}+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Cu}_2\text{O}+\text{C}$ , received through the reactionary mechanical alloying method, is investigated.

Объемные наноструктурные материалы  $\text{Cu}+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Cu}_2\text{O}+\text{C}$  (графит) марок С16.105 и С16.106 исходной системы  $\text{Cu}-\text{Al}-\text{C}-\text{O}$ , получаемые реакционным механическим легированием, благодаря высоким прочностным характеристикам, жаропрочности наряду с высокой электропроводностью с успехом применяются в качестве электрических контактов, в том числе, для замены контактов из серебросодержащих материалов, токосъемных элементов полозов токоприемников высокоскоростных и тяжелонагруженных электроподвижных составов железных дорог, электродов контактной сварки, токоподводящих накопечников электродуговой сварки проволочным электродом и т.д.

Основное отличие в получении вышеуказанных материалов от ранее разработанных медных материалов системы  $\text{Cu}-\text{Al}-\text{C}-\text{O}$ , например, С0/70 состоит в том, что в шихту дополнительно вводится оксид меди  $\text{CuO}$ . Такая необходимость обусловлена тем, что при реакционном механическом легировании меди алюминием и углеродом (графит, сажа) в среде воздуха происходит неполное окисление алюминия. Оставшийся алюминий образует твердый раствор алюминия в меди. Это, как известно, значительно снижает электро- и теплопроводность медных материалов.

Формирование структуры материалов С16.105 и С16.106, состоящей из нанокристаллической медной матрицы, внутри которой равномерно распределяются наночастицы (20...50 нм) оксида алюминия и графита, происходит в три этапа. На первом этапе – обработка в атриторе порошка меди с добавками порошков алюминия, графита и окиси меди – достигается получение сильно нагартованных медных гранул, внутри которых равномерно распределены механохимически синтезированные частицы оксидов меди и алюминия, а также непрореагировавшего алюминия и остаточного графита. На втором этапе проводится термообработка гранул с использованием карбюризатора при температуре 800–850 °С, что обеспечивает протекание окислительно-восстановительных реакций, как на поверхности, так и внутри гранул. Окончательное формирование структуры и свойств материала происходит в результате горячей экструзии.

Структуру и фазовый состав материалов исследовали на рентгеновском дифрактометре ДРОН-ЗМ. Результаты измерения периода решетки материалов С16.105 и С16.106 действительно подтверждают, что период решетки этих материалов соответствует периоду решетки чистой меди, а электропроводность составляет 90% и 85% IACS соответственно. Основной упрочняющей фазой, как показывает рентгенофазовый анализ анодных осадков этих материалов, является оксид алюминия  $\gamma-\text{Al}_2\text{O}_3$ . Причем дифракционные линии оксида алюминия являются сильно размытыми, что подтверждает их высокую дисперсность. На дифрактограммах анодных осадков так же проявляются самые сильные линии графита и закиси меди. При этом в материалах наблюдается достаточно низкое содержание водорода, не более 0,0004 масс.%. Анализ физического уширения дифракцион-

ных линий меди показывает, что медная матрица исследуемых материалов сильно фрагментирована, средний размер субзерен составляет 110...120 нм, а плотность дислокаций внутри субзерен не превышает  $5 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2}$ .

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ РАСПЛАВОВ КОЛЕСНЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ КАЧЕСТВА

Шаповалова О. М.

(Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара)

Modifiers for processing of wheel steel are created on an essentially new conceptual basis, tested and introduced into manufacture. Distinctive features of new materials and their actions are multicomponenty and wide spectrum of action. 13 melts of wheel steel were processed by new modifiers. It brought in the following results: the chemical composition of the wheel steel R7 became stable; the grain was reduced to 8-7.5 points (to 90%); the number of nonmetallic inclusions decreased by 49%; their shape were changed into globular; the level and stability of the mechanical properties were increased.

Все возрастающие требования к качеству железнодорожных колес на мировом рынке и жесткая конкуренция вызывают необходимость поисков альтернативных решений повышения их качества, кроме общеизвестных – легирования и термической обработки. Разработанные автором специальные модификаторы РМШ обладают отличительными свойствами, новизна которых подтверждена пакетом патентов, как-то:

- многокомпонентным составом до 7 – 8 компонентов в отличие от большинства известных модификаторов;
- высокоэффективным и многофункциональным воздействием на стальной расплав: они раскисляют, модифицируют, микролегируют, удаляют серу, фосфор, азот;
- резко (до двух раз) снижают содержание неметаллических включений за счет всплывания в шлак и генерируют образование комплексных соединений;
- изменяют неблагоприятные формы выделений неметаллических включений – удлиненные, ограниченные на глобулярную;
- измельчают литое зерно и повышают дисперсность структуры;
- стабилизируют межплавочный и внутриплавочный химический состав колес;
- обладают 100 % - ным растворением в стальном расплаве.

Были выплавлены в условиях мартеновского цеха 13 плавов (по 100 т) четырех колесных марок сталей: R7, КП-Т, КП-2, класс «С». Установлено:

- в сталях с феррито-перлитной структурой (R7, КП-2) увеличено количество микролегирующих элементов с целью повышения их прочности, которая хорошо сочетается с пластичностью феррита, обладающего объемноцентрированной кристаллической решеткой, с большим количеством плоскостей скольжения;
- измельчение зерен (~ в 2 раза), по границам которых выделяется феррит, увеличило количество демпфирующих прослоек из феррита и, соответственно, повысило ударную вязкость в стали R7 до 55 % при комнатной температуре (+20°C) и до 77 % при отрицательной температуре (-20°C) в сравнении с серийными немодифицированными, в стали КП-2 на 20 – 40 % в сравнении с требованиями техдокументации;
- повышен уровень механических свойств всех модифицированных сталей, одновременно прочности, пластичности и ударной вязкости;
- снижено количество неметаллических включений на 40-50 %, изменены их форма на глобулярную, улучшен состав и морфология структуры;
- снижено содержание серы на 50 % отн., фосфора в 1,43 раза в сравнении с серийными немодифицированными плавками.

Все плавки использованы как товарная продукция.

## ВЛИЯНИЕ ФЕРРИТА НА СВОЙСТВА КОЛЕСНЫХ СТАЛЕЙ

Шаповалова О. М., Кушнир М. А., Шаповалов В. П., Камышный А. Е.\*,  
Ивченко Т. И., Полишко С. А.

(Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, \*ОАО  
«ИНТЕРПАЙП НТЗ»)

Steel R7 was processed by special deoxidizes-modifiers. It has given the following results: the size of a grain has decreased, the durability of ferrite has increased and the chemical composition of steel R7 was stabilized.

Железнодорожные колеса испытывают постоянно действующие знакопеременные и ударные нагрузки. Они являются определяющими в склонности металла колес к трещинообразованию. В условиях возрастающих скоростей движения железнодорожных составов, повышенных циклических нагрузок и ухудшения техногенной среды требования к качеству металла резко возросли. Необходимо обеспечить оптимальный химический и фазовый составы сталей с феррито-перлитной структурой (R7, КП-2). Согласно требованиям Европейского стандарта EN 13262 количество феррита должно быть равным 12-14 %. Исследованием 501 серийной плавки немодифицированной стали марки R7 установлено, что среднее количество феррита находится в пределах 17-22 %, превышающих рекомендованное количество. В связи с этим проанализирован состав стали марки R7 и установлены факты недолегирования феррита такими элементами, как Ni, Mo, V, Si, которые являются его упрочнителями, а также нестабильности межплавочных и внутрисплавочных содержаний каждого из элементов и примесей. Поскольку ранее нами было показано на колесах, не выдержавших испытаний на трещиностойкость на базе  $10^7$  циклов, что трещины зарождаются в стали R7 преимущественно в феррите на сульфидах и окисульфидах, необходимо было упрочнить феррит. С целью повышения прочности феррита:

1) проведено модифицирование специальными модификаторами РМШ стали R7 в промышленных условиях для измельчения зерен и изменения толщины ферритных окаймлений вокруг перлитных колоний;

2) рассчитано суммарное количество элементов-упрочнителей, которое обеспечивает его оптимальное количество;

3) долегирована сталь марки R7 элементами-упрочнителями феррита (Ni, Mo, V, Si).

Установлен и рекомендован на ОАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ» оптимальный состав стали R7, который обеспечивает получение 12-14 % феррита в требуемых количествах и с необходимой прочностью его при модифицировании. Значения микротвердости феррита и перлита представлены в таблице.

| № Плавки                                                    | Микротвердость, Н/мм <sup>2</sup> |        |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------|
|                                                             | Феррит                            | Перлит |
| Немодифицированная серийная плавка №21395                   | 178                               | 213    |
| Модифицированная плавка №22482                              | 273                               | 310    |
| Разница микротвердости в модиф. и немодиф. плавках стали R7 | 20%                               | 14%    |

Эти меры позволяют упрочнить феррит, обеспечить оптимальное его количество и стабилизировать состав стали.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВЫБРАКОВКИ ПО ТВЕРДОСТИ КОЛЕС ИЗ СТАЛИ КЛАССА «С»

Шаповалов А. В., Майстренко Е. Н.\*, Кульчицкая Л. Я.,  
Полишко С. А., Татарко Ю. В.  
(ДНУ им. Олеся Гончара, \*ОАО «ИНТЕРПАЙП НТЗ», г. Днепропетровск)

The modifying of wheel steel of a class “C” stabilizes chemical composition, the structure is improved, amount of nonmetallic inclusions.

Химический состав высокопрочной стали класса «С» представлен в таблице.

| Требования и реальный состав             | Химический состав, % мас. |                   |                   |        |                     |                   |       |       |                     |       |       |       |       |            |                   |
|------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|--------|---------------------|-------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------------|-------------------|
|                                          | C                         | Mn                | Si                | P      | S                   | Cr                | Ni    | Cu    | Al                  | Mo    | V     | Ti    | Nb    | [H]<br>ppm | ΣЛЭ               |
| ТК 18-B                                  | 0,70<br>-<br>0,74         | 0,70<br>-<br>0,82 | 0,25<br>-<br>0,37 | ≤0,018 | 0,005<br>-<br>0,018 | 0,10<br>-<br>0,20 | ≤0,25 | ≤0,25 | 0,013<br>-<br>0,030 | ≤0,10 | ≤0,04 | ≤0,03 | ≤0,05 | 2          | 3,0-<br>2,0       |
| Промышлен-<br>ные плавки<br>(137 плавов) | 0,72                      | 0,76              | 0,34              | 0,01   | 0,01                | 0,15              | 0,05  | 0,06  | 0,01                | 0,00  | 0,00  | 0,01  | 0,01  | 2          | 2,37<br>-<br>1,77 |

Σ ЛЭ – сумма легирующих элементов.

Сталь класса «С» является многокомпонентной (14 элементов), высокопрочной, износостойкой. Исследованием химического анализа и структуры установлено:

-большой размах (max-min) межплавочных составов, что свидетельствует о нестабильности концентрации элементов в стали класса «С», наиболее нестабильными были концентрации С (9 % отн.), Мп (17 % отн.), Si (37 % отн.), Ti (40 % отн.);

- нестабильным оказалось содержание Cr, Cu, P, S, Al и ΣЛЭ (79 % отн.);

- минимальное содержание или полное отсутствие карбидообразующих элементов (V, Nb, Mo, Cr, Ti);

- присутствие в структуре металла до 20-30 % избыточного феррита, которого, если исходить из химического состава, вообще не должно быть; его образование связано с отсутствием ряда микролегирующих элементов и неоптимальными режимами термической обработки;

- выделение сульфидов, оксидов, сложных по составу комплексных неметаллических включений неглобулярной формы.

Все указанные негативные факторы способствовали значительной выбраковке колес из стали класса «С» (22 %), в том числе по твердости (42 %), по УЗК (42 %) и по магнитно-порошковой дефектоскопии 16%. Были установлены зависимости между числом отбракованных по твердости колес и величиной углеродного эквивалента.

Основной причиной высокого брака (22 % по всем видам) в стали класса «С» являлась общая недолегированность на 30 % (по max) и 11 % (по min), выделение до 30 % избыточного феррита из-за недолегированности карбидообразующими элементами.

Модифицированием специальными модификаторами стали класса «С» снижен до нуля брак по твердости и определен брак по УЗК в количестве 18 % вместо 42% в серийных.

В химическом составе модифицированной плавки стали увеличены по сравнению с немодифицированной содержания карбидообразующих элементов на 18%, снижено содержание фосфора на 25%. Благодаря модифицированию резко уменьшилось количество неметаллических включений, их размеры и форма. Здесь обнаружены лишь очень мелкие глобулярные включения, равномерно распределенные в металле.

## ВЛИЯНИЕ БИПОЛЯРНОГО ИМПУЛЬСНОГО ТОКА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

Штапенко Э. Ф., Прокопчук М. С.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

The influence of the bipolar pulsed current regimes on structure of electrodeposited films has been studied. A mechanism of formation of nonequilibrium or equilibrium structure by bipolar pulsed current is proposed.

Действие импульсов обратного тока, идущих сразу за прямыми импульсами тока, в зависимости от величины создаваемой ими поляризации заключается либо в частичном растворении пленок, приводящем к обогащению католита ионами металла, либо в изменениях, связанных с ее пассивированием. В первом случае катодный потенциал за время действия обратного импульса тока, спадает до значения меньше значения стационарного потенциала, что приводит к растворению. Поверхность становится энергетически однородной и активной для появления новых центров кристаллизации и равномерного осаждения металла при последующем прямом импульсе. В этом случае снижается число дефектов кристаллической решетки и содержание примесей в пленки. При относительно большой плотности тока в обратных импульсах ( $j_{об} > 0,5j_{пр}$ ) и значительных длительностях их протекания (скважность больше 8) растворяются не только грани растущих кристаллов, но и границы зерен. В результате пленки формируются крупнокристаллические и с небольшими внутренними напряжениями. Во втором случае катодное пересыщение, за время действия обратного импульса тока, спадает до нуля или до некоторого положительного значения. Сброс пересыщения до нуля позволяет фиксировать состояние, полученное за время действия прямого импульса тока. Образующиеся за время паузы пассивные пленки затрудняют рост кристаллов. Это приводит к формированию мелкокристаллической структуры с большой плотностью точечных и линейных дефектов, и соответственно, повышенным значениям микротвердости и прочности на разрыв.

В подтверждение приведем данные исследования структуры и свойств кобальтовых пленок, полученных биполярным импульсным током (прямые импульсы -  $f = 30\text{Гц}$ ,  $Q = 2$ ,  $j_{пр} = 100\text{ А/м}^2$ ; обратные импульсы -  $f = 30\text{Гц}$ ,  $Q = 32$ ,  $j_{об} = 0 - 0\text{ А/м}^2$ ).

Зависимость структуры и свойств кобальтовых пленок, полученных биполярным импульсным током, от плотности тока обратных импульсов:

| $j_{об}, \text{ А/м}^2$ | $\eta_{макс}, \text{ В}$ | $\eta_{мин}, \text{ В}$ | $D, \text{ нм}$ | $\rho \times 10^{-10}, \text{ см}^{-2}$ | $\Delta a/a \times 10^3$ | $H_{ц}, \text{ МПа}$ | $\sigma_b, \text{ МПа}$ |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| 0                       | 0,75                     | 0,65                    | 60              | 2,7                                     | 3,2                      | 4000                 | 1000                    |
| 30                      | 0,75                     | 0,45                    | 30              | 11                                      | 4,0                      | 4200                 | 1100                    |
| 50                      | 0,70                     | 0,35                    | 110             | 0,7                                     | 0,9                      | 3000                 | 650                     |

Другим фактором, влияющим на структуру и свойства, является длительность обратного импульса тока. Например, при уменьшении скважности обратных импульсов тока от 32 до 8 при средней плотности тока  $70 \text{ А/м}^2$  происходит увеличение размера блоков мозаики от 30 нм до 200 нм.

Проведенный анализ воздействия биполярного импульсного тока на структуру и свойства кобальтовых пленок показал, что изменяя параметры обратного импульса тока (амплитуду и длительность), можно влиять на процесс формирования структуры и тем самым получать пленки с заданными структурой и свойствами.

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ ТЕХНІКИ ДЕРЖСПЕЦТРАНССЛУЖБИ

Щока І. М., Храмцов А. М., Примакин А. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Technological process of repair of the mechanics is developed and set in the structural departments of the State Transport Service of Ukraine taking into account typical technological processes, peculiarities of the detachment's location and other working conditions.

Державна спеціальна служба транспорту в складі Міністерства транспорту та зв'язку України має завдання забезпечення ефективного функціонування різновидів транспортних засобів та інфраструктури пов'язаної з ними. Виконання цього завдання неможливо без використання сучасних технологій, які передбачають застосування вітчизняної та закордонної техніки. У процесі експлуатації техніки її функціональні властивості поступово погіршуються внаслідок спрацювання, корозії, пошкодження деталей, стомленості матеріалу, з якого їх виготовлено, та ін. У техніці виникають різні несправності (дефекти), що знижують ефективність його експлуатації. Для запобігання появи дефектів і своєчасного їх усунення техніка підлягає технічному обслуговуванню та ремонту. За рахунок удосконалення методів технічного обслуговування і ремонту потенційно можливо підвищення ефективності використання техніки на 60...80 %.

В окремих та об'єднаних загонах Держспецтрансслужби транспортно-технічні частини організують ремонт техніки та виконують при цьому такі функції:

- забезпечують утримання техніки у справному стані й підготовку її до виконання завдань за призначенням;
- складають графіки ТО та ремонту техніки й забезпечують її виконання;
- ведуть облік техніки, облік експлуатації, ремонту та технічного обслуговування;
- здійснюють технічне нормування;
- використовують заходи щодо безаварійної роботи й техніки безпеки;
- вивчають і упроваджують прогресивні методи праці;
- розробляють і реалізують плани впровадження нової техніки.

Технологічний процес ремонту техніки розробляється і встановлюється в структурних підрозділах Держспецтрансслужби з урахуванням типових технологічних процесів, особливостей розміщення загону й інших умов роботи.

Технологічний процес ремонту техніки Держспецтрансслужби включає:

- під час поточного ремонту – миття техніки зовні; визначення причин відмови (несправності), у тому числі за допомогою діагностичних засобів; демонтаж деталей і агрегатів, які вийшли з ладу, їхнє відновлення або заміну; монтаж відновлених або заміненних деталей і агрегатів техніки; виконання зварювальних та інших робіт на базових деталях і агрегатах; випробування техніки; видачу її з ремонту; проведення робіт із чергового технічного обслуговування техніки;

– під час середнього ремонту – приймання в ремонт; миття техніки зовні; визначення агрегатів і деталей, які підлягають демонтажу для ремонту; демонтаж несправних агрегатів і деталей, їх миття і розбирання агрегатів на деталі; відновлення агрегатів або заміну їх з оборотного фонду; виконання робіт із ремонту базових деталей і систем керування; складання і регулювання техніки; обкатка й випробування техніки; приймання її особою, яка відповідальна за якість ремонту; фарбування і видачу з ремонту;

– при капітальному ремонті – повний комплекс робіт з відновлення ресурсу техніки відповідно до технічних умов на капітальний ремонт за технологічною схемою, прийнятій в окремому ремонтному загоні (майстерні, на підприємстві).

Постановка техніки на черговий плановий ремонт проводиться після виробітку встановленого нормами моторесурсу.

## СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СПЛАВОВ Fe-Ni-P, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИМПУЛЬСНЫХ РЕЖИМАХ ОСАЖДЕНИЯ

Заблудовский В. А., Ганич Р. Ф.  
(ДНУЗТ, г. Днепропетровск)

Большой практический интерес представляют сплавы на основе железа с металлоидами (бор, фосфор, сера) полученные электролитическим способом.

Соосаждение металлоидов с металлами приводит к замедлению роста и измельчению размеров зёрен металлических сплавов вплоть до формирования рентгеноаморфной структуры. Использование в процессе электроосаждения импульсного тока по сравнению с постоянным позволяет в широких пределах управлять химическим составом образующихся сплавов, а соответственно и структурой, что сказывается на их физико-химических свойствах.

Для получения и исследования железо-никель-фосфорных плёнок осаждение производили при плотности тока  $2 \text{ А/дм}^2$  из сернокислого электролита следующего состава:  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$ - 200 г/л,  $\text{Ni}_2\text{SO}_4$ - 20 г/л,  $\text{NaH}_2\text{PO}_2$ - 10 г/л, pH- 3. Частота импульсного тока менялась в интервалах от 30 Гц до 1000 Гц, а скважность от 2 до 32.. Полученные пленки подвергались рентгеноструктурному и рентгеноспектральному анализу. Анализ исследований показал сильную зависимость химического состава плёнок от параметров импульсного тока. Наиболее сильное влияние параметры оказали на процентное содержание фосфора в плёнках. Наименьшее содержание фосфора в сплавах (12 ат. %) фиксировалось при частоте 30 Гц и скважности импульсов 32, максимальное значение фосфора (20 ат. %) достигало при частоте 1000 Гц и скважности 2. Рентгеноструктурный анализ показал, что при содержании фосфора в сплавах 17 ат. % и выше у сплавов формируется рентгеноаморфная структура, при этом размер областей когерентного рассеивания составлял 3-5 нм. По мере уменьшения концентрации фосфора в сплавах дифракционная картина претерпевала изменения, на фоне аморфного гало начинали наблюдаться пики - отражение от кристаллических плоскостей. При падении концентрации фосфора ниже 14 ат. % структура сплавов была полностью кристаллической, о чём свидетельствовали только отражения от кристаллических плоскостей. Размер блоков мозаики составил порядком 100-150 нм. Измерение микротвёрдости сплавов показало, что с ростом концентрации фосфора она увеличивалась от 3600 МПа до 4700 МПа.

Сплавы, полученные с помощью постоянного тока из того же самого электролита, обладали аморфной структурой, содержание фосфора в них равнялось 19- 21 ат. %. Размер областей когерентного рассеивания составлял порядка 4-6 нм. Микротвёрдость коле-

балась в пределах 4100- 4700 МПа. Изменение плотности тока от 1.5 до 3 А/м<sup>2</sup> позволяло незначительно изменять концентрацию фосфора порядка 1-3 ат. %.

Проведенный отжиг сплавов, содержащих фосфор, при температуре 800 К приводил к распаду рентгеноаморфной структуры с образованием кристаллической (смесь фазы фосфидов металлов и фазы с ГЦК решёткой на основе железа) структуры. При этом размеры блоков мозаики увеличивались до 300-400 нм. Образование фосфидов в результате отжига значительно сказалось на микротвёрдости сплавов, она возросла до 8700-9700 МПа.

Проведенный анализ показал, что изменением параметров импульсного тока (частоты, скважности) удастся более эффективно управлять структурой и свойствами электролитических сплавов.

## ВПЛИВ ОБРОБКИ ВИБУХОМ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ

Спиридонова І. М., Дорогань К. І.

(Дніпропетровський національний університет, м. Дніпропетровськ),

Дорогань Т. Є. (ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

One of the types of explosive technology which is closely associated with structural changes during the shock-wave treatment of metals is the strengthening of the explosion. When the charge of explosive detonates in contact with metal in a superficial layer there is a deformation hardening, which is connected with formation of a plenty of defects. Hardness and depth of area of hardening depends on initial deformation properties of metal and the nature of shock-wave loading. Wear resistance and durability of details from various kinds of steels are increased at a correct choice of parameters of loading superficial hardness. Deformation of metals with high speeds leads also to changes in structure and properties, which intensify processes of diffusion at chemical-heat thermal processing in further.

Один з різновидів вибухових технологій, що тісно пов'язаний зі структурними змінами під час ударно-хвильової обробки металів – зміцнення вибухом. Коли заряд вибухової речовини (ВР) детонує в контакті з металом, у поверхневому шарі останнього відбувається деформаційне зміцнення, пов'язане з утворенням великої кількості дефектів. При правильному виборі параметрів навантаження збільшуються поверхнева твердість, зносостійкість і міцність деталей з різних сталей. Деформація металів з високими швидкостями призводить також до змін у структурі й властивостях, які в подальшому інтенсифікують процеси дифузії при хіміко-термічній обробці.

В якості досліджуваних матеріалів були обрані сталь 40Х, сталь 45 і сталь 3 у нормалізованому стані. Пластини, за допомогою яких здійснювали високошвидкісну деформацію, прискорювали шляхом контактного вибуху зарядом амоніта 6ЖВ. Товщина заряду змінювалася й становила 20 і 30 мм, що дозволило регулювати інтенсивність впливу. Для запобігання дії хвиль розвантаження зразки розміщали на мокрому піску.

Встановлено, що дислокаційна структура, яка була сформована при швидкісному навантаженні, залежить від параметрів ударної хвилі й матеріалу. Найважливішим параметром є тиск, причому зі збільшенням тиску густина дислокацій збільшується на  $D \propto \sqrt{P}$ .

Виходячи з отриманих даних рентгеноструктурного аналізу можна зробити висновок, що при збільшенні потужності деформації збільшується величина мікронапружень і густина дислокацій. Розвиток субструктури деформованого металу в міру збільшення інтенсивності деформації можна пов'язати зі зменшенням об'єму зерен, що розрізняються ступенем досконалості й властивостями границь, а також із збільшенням кількості дефектів. Має місце утворення нових границь. Границя деформаційного походження є новою



структурною складовою. Створення границі пов'язане з перетворенням пружної енергії, накопиченої в металі під час пластичної деформації за рахунок генерації дефектів кристалічної будови, в поверхневу енергію нової границі. Відбувається також підвищення мікротвердості майже в два рази.

Результати досліджень свідчать про те, що попереднє ударно-хвильове навантаження істотно впливає на інтенсивність розвитку дифузійних процесів при наступній ХТО. Завдяки ряду структурних змін, що відбулися під час високошвидкісної деформації в металі, горофільний елемент бор переміщається по утвореним дефектам і новим границям зерен, а це в цілому інтенсифікує дифузію.

## Секция 10

**«Гуманитарная составляющая подготовки кадров»****ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО  
ПРОСТОРУ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ В МЕЖАХ НОРМ ПРАВА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ**

Агієнко І. В.

(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Інформаційний простір суспільства ХХІ століття швидко змінюється, наповнюючись новим змістом. Однією з найперспективніших інформаційних технологій сучасності є мережа Інтернет, змістовна наповненість якої не має жодних об'єктивних обмежень. З року в рік можливості залучення до «інформаційного безмежжя» Інтернету зростають: вдосконалюються комунікаційні технології, з'являються гнучкі варіанти доступу до мережі (наприклад, Wi-Fi технологія). Крім того, «світова павутина» дозволяє будь-якому суб'єкту інформаційних відносин отримати фактично вільний доступ до інформації без соціально правових обмежень, без знань про норми права інтелектуальної власності.

Серед найбільш активних користувачів Інтернету можна виділити категорію викладачів та студентів сучасних вищих навчальних закладів. Сучасна практика пошуку потрібної інформації наукового чи загальноосвітнього характеру в Інтернеті надає більшості з них впевненості щодо необмежених можливостей її використання на власний розсуд, без вагань щодо прав виробників та споживачів інформаційних ресурсів Інтернету в контексті інтелектуальної власності. Багато хто з них щиро, але безпідставно вважає, що «віртуальна реальність» інформаційного простору в мережі не підвладна будь-якому контролю, в тому числі і на законодавчому рівні. З цього приводу існує багато думок серед фахівців різних галузей – соціологів, правознавців, психологів, спеціалістів з інформаційних технологій. Одні займають таку непохитну позицію: мережу потрібно підчинити чітко визначеним нормам закону, як і будь-яке явище сучасної дійсності. Інші вважають, що правозастосування в Інтернеті – категорія віртуальна, і потрібно піти на значні зміни у законодавстві для цієї сфери у бік полегшеного його варіанту. І якщо погодитися з тією точкою зору, що мережа Інтернет має невичерпаний перелік переваг та недоліків, особливо у сфері прав виробників та споживачів інформації, то актуалізується проблема використання її інформаційного простору як навчального полігону у контексті підготовки фахівців зі спеціальності «Інтелектуальна власність». Такий підхід до проблеми використання інформаційного простору мережі Інтернет має своє втілення у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, де вже 6-й рік ведеться підготовка фахівців за даною спеціальністю. Одним з важливих чинників формування такого підходу є те, що більшість студентів фактично отримують дві вищі освіти – за фахом в галузі транспорту, економіки, кібернетики та в галузі права інтелектуальної власності.

Саме сучасні інформаційні технології, і насамперед мережа Інтернет, дозволяють швидко знайти і використати в навчальному процесі як відомості стосовно теоретичних аспектів охорони і захисту права власності на результати інтелектуальної, творчої діяльності (тексти законів, постанов, стандартів, коментарі, форуми за участю фахівців відповідних галузей права та інформаційних технологій тощо), так і об'єкти дослідження означеної проблеми на практиці (наприклад, форми охороноздатності окремих об'єктів в мережі, аналіз правозастосування у сфері інформаційних технологій, обсяг правопорушень стосовно конкретного об'єкту права інтелектуальної власності: винаходів, промислових зразків, раціоналізаторських пропозицій, проектів тощо).

Тож знання студентів за першою спеціальністю викладачі намагаються використати як базові у навчальному процесі за спеціальністю «Інтелектуальна власність».

Наприклад, у дипломних роботах одними з найбільш яскраво висвітлених стали проблеми охорони комп'ютерних програми та баз даних у сучасному інформаційному просторі, форми цивільно-правової охорони торгових марок в цифровому середовищі, виявлення інноваційних рішень в галузі транспортних технологій на підставі аналізу патентних ресурсів, охорона прав на сучасні технічні рішення (винаходи, корисні моделі) і так далі. При цьому така практика поєднання специфічних знань і навичок студентів та фахового досвіду викладачів дає вихід на окреслення нових проблем у сфері права інтелектуальної власності, які стосуються не тільки традиційних, але й зовсім не досліджених об'єктів, існуючих виключно в інформаційному просторі мережі Інтернет.

Така практика має ще один аспект – світоглядний. Коли для студентів перебування у «паралельній дійсності» Інтернет-простору стає звичним, виникає проблема навички користуватися чужими результатами інтелектуальної праці без обмежень: адже існуючі інформаційні ресурси дозволяють копіювати і використовувати об'єкти права інтелектуальної власності фактично без обмежень, і випадки порушення прав авторів в мережі Інтернет є масовим явищем. Тому набуття практичних знань стосовно можливості і необхідності правозастосування в інформаційному просторі всесвітньої мережі набуває значення світоглядного орієнтиру, який є важливою складовою процесу підготовки фахівців в умовах розвитку інформаційних технологій.

## ІСТОРИЧНО-АНТРОПОЛОГІЧНІ ТА ФІЛОСОФСЬКО-ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ СЛОВ'ЯНО-ПРАВОСЛАВНОЇ ЦИВІЛІЗАЦІЇ І ВИВЧЕННЯ СОЦІАЛЬНО-ГУМАНІТАРНИХ НАУК

Айтов С. Ш.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Вивчення ролі православної релігії у історичному процесі України та країн «пост візантійського» культурного простору на великому протязі її історії є однією із провідних тем філософських і соціально-гуманітарних студій сучасності. Втім, дослідження закономірностей та траєкторії історичного розвитку всієї слов'яно-православної цивілізації, сукупності народів і держав із домінуючою православною релігією, знаходиться на початку свого пізнавального шляху.

Так, існує великий за обсягом і значний за інтелектуальним і концептуальним рівнем масив релігійно-філософських студій першої половини ХХ ст, зокрема, М. Бердяєва, Ф. Степуна, М. Лоського, Г. Федотова, Г. Вернадського, Л. Карсавіна, у яких аналізуються загальні тенденції та напрямки руху російського історичного процесу у їх взаємодії із етнопсихологічними і етнокультурними особливостями російського народу.

Втім цікаві роздуми та ідеї вказаних й інших представників російської релігійної філософії майже не підтверджені і не обґрунтовані фактичними даними і теоретичними концепціями історичного пізнання, і особливо його історико-антропологічної складової. За межами аналізу вказаних мислителів залишалися, зокрема таку питання, як: релігійність народів православного «поствізантійського» простору (українців, білорусів, сербів, черногорців, греків тощо); зіставлення релігійності даних та інших народів слов'яно-православної цивілізації в універсумі їх історичного буття.

Доповнити та поглибити філософсько-антропологічні студії впливу православ'я на соціокультурні та геополітичні особливості розвитку слов'яно-православної цивілізації може історична антропология як наука, що вивчає формування історичних підвалів

ментальності народів, та соціальних груп, стереотипи їх соціально-значущої та приватної поведінки. Це також має велике значення для розвитку соціально-гуманітарної складової вищої освіти.

Історично-антропологічні дослідження можуть бути зорієнтовані на вирішення таких наукових проблем, як: врахування релігійних чинників у генезі та подальшій еволюції ментальності і соціальної поведінки народів слов'яно-православної цивілізації; вивчення проявів релігійності у індивідуальній та масовій свідомості; вплив релігійно-ментальних і соціокультурних чинників на цивілізаційну динаміку і відносини із іншими цивілізаційними утвореннями та ін.

Важливими аспектами історично-антропологічних досліджень слов'яно-православної цивілізації є: виявлення впливу православної релігії у її духовному, суспільному та соціально-психологічному вимірах на ментальність народів даного цивілізаційного утворення; взаємозв'язок православної релігійності та стереотипів ментальності, побутової та соціально-значущої поведінки народів і соціумів даної цивілізації; зіставлення соціально-психологічних і соціально-культурних проявів релігійності у процесах історичного розвитку народів із домінуючою православною релігією, та ін. Втім ця робота потребує істотного продовження і розповсюдження її на матеріалі східнослов'янських народів (українці і білоруси) та народів південно-слов'янського ареалу.

Впровадження даних теоретичних підходів у викладання соціально-гуманітарних наук суттєво поглибить розуміння політичних і соціально-культурних процесів в Україні і країнах Східної Європи.

## КАР'ЄРНІ СТЕРЕОТИПИ ЖІНКИ-НАУКОВЦЯ: МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ

Андросова-Байда Д. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Класичне визначення кар'єри відображає динамічність цього соціального феномену, ототожнюючи його з професійним та посадовим зростанням спеціаліста. Натомість, сучасні дослідники кар'єри виділяють щонайменше два виміри цього явища – соціально-особистісний (соціально-статусний) та соціально-структурний.

Перший вимір центрується навколо особистості у певній соціальній (професійній) спільноті. Таким чином, актуалізуються питання про особисті мотиви та настанови людини, особливості соціалізації в професійному середовищі.

У другому вимірі розкриваються загальні механізми диференціації (стратифікації) суспільства, тобто розшарування його на окремі соціальні спільноти (субкультури) під впливом професійної діяльності.

Аналізуючи потенційні можливості людини пересуватися по кар'єрних сходах, дослідники виділяють дві основні групи факторів: внутрішні (особистісний вимір: мотивація, психологічні та інтелектуальні особливості) та зовнішні (соціокультурна ситуація в суспільстві, наявність певних соціальних норм та заборон, традиції тощо). Цікаво, що не зважаючи на розбіжності в численних інтерпретаціях ролі та місця кожного із компонентів обох груп, одностайною серед авторів побутує думка про те, що неможливо аналізувати сукупність внутрішніх факторів без урахування суми факторів зовнішніх та навпаки.

Цікаво, що стаття спеціаліста розглядається водночас і як зовнішній, і як внутрішній фактор.

Динаміка кар'єри визначається у трьох основних термінах: «кар'єрний прогрес»,

«каргерний застой» та «каргерний регрес».

До суто жіночих, дослідники відносять також модель «уповільненої» каргери.

Логічно припустити, що впровадження гендерної складової в дослідження каргерних стереотипів, вимагає аналізу соціокультурних умов, які не тільки надають жінці право на отримання професії, але й роблять її конкурентноспроможним учасником вічної гонки (не дарма ж, саме слово «каргера» походить від фр. «carrière» - «біг»), де головним призом виступають загально визнані блага – високі звання, високі посади, «високі» гроші.

Жіноча доля в науці є популярним сюжетом сучасних гуманітарних студій. Відкриття для жінок дверей професійної науки символізує для adeptів теорій гендеру початок нової ери (і назву має відповідну – «феномен фемінізації науки»). Втім, хоча й позиціонується цей процес дуже яскраво (дослівно: «в соціальному контексті входження жінок в науку розглядається як активне залучення їх в суспільне виробництво, у сферу висококваліфікованої праці і наукової творчості»), на жаль, досліджується з позицій «додаткової сили», «додаткової вартості».

Корені подібного бачення проблеми криються в усвідомленні того факту, що в ментальності наукового співтовариства закладені підвалини патріархатної моделі академічної спільноти.

## ІНОВАЦІЙНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС У ВИЩІЙ ШКОЛІ В КОНТЕКСТІ ГУМАНІСТИЧНОЇ СПРЯМОВАНOSTI

Афанас'єва Л. В.

(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Зараз в руслі гуманістичної спрямованості навчального процесу особлива увага приділяється вищій освіті, університетам, їх інтелектуальному потенціалу, який постійно змінюється і використовується в загальноєвропейському інтеграційному процесі, для поширення необхідних знань з метою усвідомлення спільних цінностей. Вимоги часу й розпочата радикальна реформа системи освіти в Україні орієнтують нинішніх і майбутніх вчителів та викладачів на відмові від авторитарного стилю навчання на користь гуманістичного підходу, на застосування методів, які сприяють розвитку творчих засад особистості з урахуванням індивідуальних особливостей учасників навчального процесу й спілкування. Для досягнення комунікативної компетенції – комунікативних вмінь, сформованих на основі мовних знань, навичок і вмінь – викладач іноземної мови використовує новітні методи навчання, що поєднують комунікативні та пізнавальні цілі. Сучасна комунікативна методика пропонує широке впровадження в учбовий процес активних нестандартних методів і форм роботи для кращого свідомого засвоєння матеріалу. У практиці виявили досить високу ефективність такі форми роботи: як індивідуальна, парна, групова і робота в команді.

Найбільш відомі форми парної і групової роботи: внутрішні (зовнішні) кола (inside/outside circles); мозковий шторм (brain storm); читання зигзагом (jigsaw reading); обмін думками (think-pair-share); парні інтерв'ю (pair-interviews) та інші.

Слід зазначити, що всі вище згадані форми інтерактивного навчання ефективні в тому випадку, якщо поставлена проблема попередньо обговорювалась на заняттях і студенти мають певний досвід і думки, набуті раніше в процесі навчання. Викладач також має враховувати той факт, що теми для обговорення не повинні мати обмежений характер. Однією з особливостей інтерактивних форм навчання є те, що вони мотивують студента не лише висловлювати власну точку зору, але й змінювати її під аргументованим впливом партнерів у процесі спілкування.

Серед визначених переваг інтерактивного навчання слід виділити такі:

- 1) встановлення дружньої атмосфери і взаємозв'язків між учасниками спілкування.
- 2) студенти мають можливість бути більш незалежними і впевненими в собі.
- 3) викладач заохочує студентів до співпраці, підбадьорює їх, вони не бояться робити помилки.
- 4) студенти отримують можливість подолати страх перед мовним бар'єром.
- 5) викладач не домінує.
- 6) кожен студент залучений до роботи; має певне завдання.
- 7) слабкі студенти можуть отримати допомогу від більш сильних.
- 8) студенти можуть використовувати свої знання і досвід, набутий раніше.

Як показує попередній досвід практикуючих такі методи викладачів, він знімає нервову напругу студентів, змінює форми діяльності, привертає увагу до основних питань уроку.

Отже слід зазначити, що вивчення і застосування на практиці інноваційних методологічних підходів надають можливість викладачам іноземної мови впровадити та удосконалити нові методи роботи, підвищити ефективність навчального процесу і рівень знань учнів.

## СТАНДАРТИЗАЦІЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТЕРМІНОЛОГІЇ

Бочарова О. О.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Сучасне суспільство вимагає ефективного забезпечення упорядкованої інформації, в першу чергу термінології у широкому змісті цього поняття, усіх соціальних сфер – виробництва, науки і техніки.

Під упорядкуванням розуміється спільна робота відповідних фахівців і лінгвістів, спрямована на якнайповнішу відповідність термінів тим поняттям, які вони позначають, на уточнення визначень цих понять та на удосконалення засобів мовного вираження.

Упорядкування термінології складається з двох етапів: а) сукупність заходів, спрямованих на аналіз, виявлення та фіксацію необхідних понять; б) аналіз, оцінка і вибір рекомендованих термінів.

Необхідність першого етапу виникає тому, що науково-технічні поняття, якими користуються фахівці, не завжди виявлені, і саме це часто виявляється головною причиною, що змушує проводити термінологічну роботу. Поняття вважається виявленим тоді, коли відомий не тільки його термін, але й синоніми (якщо вони є), а також встановлені межі поняття, перераховані його існуючі ознаки і поняття зафіксовані у вигляді визначення.

На другому етапі упорядкування виявляються різні типи термінів з погляду лексикології та словотворення та їхні основні властивості. При цьому лінгвістами виробляються критерії для оцінки наявних термінів і добору тих, що задовольняють установлені вимоги до терміна як такого, а також нових термінів.

Робота з упорядкування національної термінології ведеться у всіх галузях з розвинутою наукою та технікою й узагальнюється у вигляді стандартів та інших рекомендованих документів.

Під стандартизацією розуміється закріплення (установлення) якоїсь однієї форми термінологічної одиниці за визначеним поняттям і закріплення його в спеціальних (у тому числі й державних) документах. Переваги стандартизації науково-технічної термінології перед іншими формами упорядкування термінології: плановий системний характер робіт із державної стандартизації науково-технічних термінів, єдина методологія

підготовки термінологічних стандартів, їх планове впровадження, обов'язковість застосування і перегляд.

Значну роль у процесі стандартизації та систематизації термінології відіграють термінологічні словники, які не лише відбивають стан розвитку тієї чи іншої терміносистеми, а й є своєрідними пропагандистами нормативної, удосконаленої, упорядкованої та уніфікованої термінології як вихідної мови, так і мови перекладу.

Важливу роль сьогодні відіграють багатомовні тлумачні галузеві словники. У таких словниках термін порівнюється із термінами-відповідниками в інших мовах (англійська, німецька, російська, французька), які особливо поширені в науковому світі. Для перекладу вибирається термін із мови, де він найраціональніше сконструйований. При цьому досягається максимальна відповідність терміна дефініції, що зумовлює його вмотивованість. Тому такі словники можуть стати основою для укладання стандартів на терміни у відповідних галузях. Такий словник є одночасно перекладним для будь-якої і на будь-яку з використаних у ньому мов, що є надто важливим для фахівців, які безпосередньо працюють з іноземними джерелами, що є актуальним на сучасному етапі інтеграції України у світову науку.

## ВИХОВАННЯ СТУДЕНТСЬКОЇ МОЛОДІ: ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ

Бондаренко З. П.

(Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара)

Студентство завжди розглядається як резерв національної еліти, маючи реальні шанси на досягнення найвищого соціального статусу у майбутньому. Крім того, студентська молодь залишається носієм нових поглядів, стилю життя й поведінки, рушійною силою соціальних змін. Зважаючи на це, одним із основних завдань може бути вдосконалення навчально-виховного процесу у вищих навчальних закладах, сприяння професійній і соціальній зрілості студентів, включаючи можливості організаційно-виховної роботи з цією категорією.

Виховна діяльність щодо розвитку особистості студента в умовах ВНЗ має вибудовуватися із основного соціокультурного постулату сучасності: головною справою людства, нормою його життя є вирішення моральних проблем. Для багатьох із нас це незвична позиція, але єдино правильна. Наші нинішні негаразди, що проявляються у бездуховності, агресивності, жорстокості, невихованості молоді, лихослів'ї, зневаги до старшого покоління, аморальності та конфліктності із законом тощо, – ось результат нехтування цим постулатом. Отже, всі зусилля мусять бути спрямованими на те, щоб організація життєдіяльності молоді була розумно спланованою та зорієнтованою на створення *моделі власної позитивної поведінки*. Зважимо на те, що молодь функціонує у надзвичайно складному й динамічному соціумі, який є не просто середовищем її існування. Він постає перед людиною у формі різноманітних за суспільно значущою спрямованістю соціально-моральних завдань, які мусять бути більш чи менш успішно розв'язані кожним членом суспільства. Тому зараз чітко треба з'ясувати, які з цих завдань ставить соціум не тільки перед молоддю взагалі, а й перед кожною людиною, зокрема, з метою допомогти їй виробити єдино правильну соціально компетентну життєву програму. У цьому слід вбачати сплановані, чіткі дії тих, хто має безпосереднє відношення до виховної роботи: деканів факультетів, заступників деканів, кураторів та викладачів.

Педагогові вищої школи слід зважити на досить поширену стереотипну думку, згідно з якою, старше покоління є носієм справжніх цінностей, життєвих смислів, стійкості, проти яких періодично „воюють” нові покоління. Звідси – постійні дискусії про

специфічну молодіжну субкультуру, безконечне нарікання спеціалістів на нерозуміння ними сучасної молоді. Однак відомо, що молодь в усі часи прагне одного – утвердити себе в цьому світі. Просто для кожного нового покоління цей світ завжди різний, і утверджувати себе доводиться по-різному.

Додамо лише, що соціальними передумовами прийнято вважати існуючі у суспільстві ідеологічні утворення та соціальні інституції, які „задають” і транслують суб’єкту об’єктивні смисли його існування. Форми, у яких передаються ці потенційні визначальні чинники особистісних цінностей, різноманітні. Вони містяться у філософських поглядах, у творах літератури й мистецтва, у зведеннях законів, у системах нагород, заохочень і покарань, у традиціях, у громадській думці тощо аж до педагогічних вказівок на те, що „добре” і що „погано”. Усе перелічене може бути усвідомлене як об’єктивно фіксовані засоби та форми роботи суспільства взагалі і, професорсько-викладацького та кураторського складу, зокрема, над формуванням цінностей особистості в контексті концепції національного виховання студентів у вищих навчальних закладах регіону.

Залучення студентів до оволодіння майбутньою професією, може, з одного боку, зміцнювати професійну мотивацію, а з іншого – слугувати зразком для побудови життєвої і професійної стратегії. У цьому зв’язку надзвичайно важливо, щоб із ранніх етапів професійного становлення студенти почали осмислення свого ціннісного простору, побачили його зв’язок із цілями й завданнями обраної професії, а також були залученими у спеціально організовану роботу з розвитку своїх життєвих орієнтирів. Такою роботою може бути громадська і волонтерська діяльність студентів під час навчання у ВНЗ.

## ПІДГОТОВКА СТУДЕНТІВ ДО СОЦІАЛЬНО-ПЕДАГОГІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Бондаренко З. П., Об’єдкова О.

(Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара)

Проблема професії, професіонала, професіоналізму вже тривалий час є однією з найбільш актуальних як у наукових колах, так і в практичній сфері діяльності. І. Бех наголошував на тому, що у наші дні проблема професії, як і вміння якісно робити свою справу, набуває особливого сенсу. Ось тому питання підготовки професіоналів у сучасних соціальних умовах є вкрай важливими і актуальними. Професійна підготовка корекційного педагога – процес, який не має чітких часових меж. Їй притаманні певні характеристики й особливості, обумовлені специфікою соціально-педагогічної роботи, необхідність постійного вдосконалення та самовдосконалення, приведення рівня професійної компетентності до сучасних вимог. Виходячи з того, що підготовка трактується як процес і результат навчання, то ми можемо розглядати організацію волонтерської роботи як професійну підготовку корекційного педагога, що спирається на зміст фундаментальної підготовки.

Поява нової професії корекційного педагога й відповідно нового напрямку підготовки студентів не могла не викликати появи наукової літератури, присвяченої формам і методам навчання з урахуванням специфіки нової професії й вимог до неї. Ця проблема знайшла своє відображення у працях вітчизняних та зарубіжних учених.

Серед учених, які займаються проблемою підготовки студентів до соціально-педагогічної діяльності, насамперед слід назвати О. Безпалько, В. Бочарову, Б. Вульфову, І. Звереву, А. Капську, С. Литвиненко, Л. Міщик, А. Іванченко, В. Петровича, С. Харченка.



У структурі професійної підготовки соціального педагога Л. Міщик виділяє педагогічний, психологічний і управлінський аспекти підготовки. Одна з найважливіших концептуальних ідей автора полягає в тому, що такі види професійної діяльності, як соціальна робота, соціальна допомога, та й узагалі соціальні послуги, розглядаються як види соціально-педагогічної діяльності, та її конкретними втіленнями у вигляді технологій. На думку дослідниці, належного ефекту і, в остаточному підсумку, продуктивності професійної підготовки можна досягти тільки орієнтуючись, перш за все, на особистісний потенціал студентів, що дозволяє вважати концепцію підготовки особистісно орієнтованою. Автор виходить із того, що головну роль у процесі управління відкритою соціальною системою (а освітня система належить до такої) відіграє проект. Ключову роль у проекті відіграє сценарій висхідного розвитку освітньої системи, що відповідає гуманістичним імперативам.

З інших наукових позицій підходить до підготовки студентів до соціально-педагогічної діяльності С. Харченко. У монографії „Дидактичні основи підготовки студентів до соціально-педагогічної діяльності” автор розглядає зміст і процес навчання студентів як педагогічну систему. Найбільш цікавим для підготовки студентів до виконання професійних функцій може бути положення автора про те, що навчання студентів повинно мати випереджаючий характер у розрахунку на розвиток соціальної й педагогічної ситуації, на перехід від навчально-дисциплінарного виховання до особистісного, тобто націленість на саморозвиток особистості. При цьому повинна бути забезпечена первинність змісту соціально-педагогічної діяльності і вторинність підготовки спеціалістів до роботи в цьому напрямку. Вторинність у тому розумінні, що виходити в цілях і змісті навчання соціальних працівників і соціальних педагогів слід із реальної соціальної й педагогічної дійсності. Розроблені автором педагогічні принципи, вимоги, концептуальні ідеї й технологія „блокового” навчання за ступенем свого наукового узагальнення цілком застосовувані для вивчення проблем соціально-педагогічної підготовки в цілому, тобто потенційно можуть лягти в основу наукової розробки більш широкого кола дослідницьких завдань, у тому числі й завдань, пов’язаних із підготовкою студентів до професійної діяльності.

У процесі організації волонтерської роботи, яка сприяє формуванню професійно-особистісних якостей важливо одночасно впливати на свідомість майбутніх соціальних педагогів, розвивати їх почуття і виробляти в них навички і звички поведінки здорового способу життя, тобто розвивати когнітивно-емоційний та поведінковий компоненти підготовки. Це досягається за умови систематичного й планомірного впливу. Якщо випадає хоча б один з цих компонентів, процес виховання не досягає своєї мети. Тому однією з вимог щодо процесу підготовки студентів до здійснення професійних функцій є різнобічність впливу на особистість, одночасний вплив на свідомість, почуття і поведінку, основу яких складають переконання.

Екстраполюючи вищевикладене на професійно-особистісні якості майбутнього соціального педагога, можна говорити, що вони, як стійкі риси його свідомості й поведінки, є результат усвідомлення сутності своєї професійної діяльності, волонтерської роботи й вироблення відповідних способів професійної поведінки. Виходячи з цього, зовнішній механізм процесу формування цих якостей у студентів має полягати в комплексному поєднанні змісту підготовки до виконання професійних функцій засобами волонтерської роботи, методів і прийомів переконання, що розкривають професійно-етичне значення відповідних моральних норм і принципів волонтерської роботи і включенні студентів у відповідні види практичної діяльності.

Підготовку майбутніх корекційних педагогів до виконання професійних функцій засобами волонтерської роботи, яка включає і формування навичок здорового способу життя, розуміємо як п’ятикомпонентну структуру, складниками якої є цільовий; змістовний,

процесуально-технологічний, рефлексивно-аналітичний компоненти, компонент моніторингу і супервізії.

Для розвитку у студентів важливих професійних і особистісних якостей, необхідних для здійснення професійної діяльності шляхом волонтерської роботи з формування навичок здорового способу життя, вважаємо за доцільне застосування технології *тренінгів*. На нашу думку, тренінги з тематики здорового способу життя дозволяють реалізувати потребу майбутніх фахівців у спілкуванні, груповій взаємодії, прямому й опосередкованому впливі на інших людей нетрадиційними методами педагогічного впливу. Процедура тренінгу містить пошук мотивів, за яких особистість здійснює волонтерську роботу; аналіз причин, що перешкоджають здійсненню волонтерської роботи; створення моделі особистості фахівця із соціально-педагогічної роботи; підведення підсумків.

Ефективність тренінгів обумовлена їх можливостями: це і формування навичок міжособистісної взаємодії, і розвиток рефлексивних здібностей, зміна стереотипів, що заважають особистості справлятися з нестандартними ситуаціями у волонтерській (а згодом і професійній) роботі, зрештою, це і широкі можливості самореалізації студентів у спілкуванні.

З метою активізації участі студентів у тренінгах, оптимізації їх взаємодії у тренінговій групі, розвитку професійних і особистісних якостей важливим є дотримання принципів: активності кожного учасника; зворотного зв'язку, який має бути аргументованим, інформативним, персоніфікованим, образним; довірливого й відкритого спілкування, заснованого на гуманізмі, доброзичливості, готовності до взаємодії; конфіденційності як гарантії збереження змісту спілкування в рамках даної групи; правила „тут і тепер”, заснованого на безпосередньо-емпіричному рівні переживання ситуації (це „Я” і це „Мої” дії). Для підготовки та проведення тренінгів мають бути чітко визначені мета заняття, завдання, перелік і послідовність виконання різних вправ, завдання на рефлексію власних дій, матеріали для підсумків роботи тощо. Важливу роль відіграє усвідомлення відповідальності за результативність навчального процесу з боку як ведучого, так і учасників. Для проведення цього виду практичної діяльності важливим є фактор особистісної поведінки. Варто, щоб студент-волонтер мав належні особистісні якості та відповідні моделі поведінки, які б сприяли результативності волонтерської роботи, яку проводитимуть майбутні корекційні педагоги, психологи в інтернатних закладах освіти.

## ВИКОРИСТАННЯ ТРЕНІНГІВ У РОБОТІ З ДІТЬМИ-СИРОТАМИ

Бондаренко Ю. Ю.

(Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара)

У гуманітарній підготовці фахівців освітньої сфери важливо зосередити увагу на оволодінні студентами навичками використання інтерактивних форм роботи у спілкуванні з такою категорією дітей, як сироти, та діти, які залишилися без батьківського піклування. Особливості сучасного розвитку суспільства, посилюють науковий інтерес до питання сирітства та повноцінного розвитку дітей в умовах виховної роботи. Адже кількість дітей, що потребують державного, соціально-правового захисту, збільшується з року в рік. Проблема сирітства та позитивного ставлення й успішної адаптації до життя дітей-сиріт досліджувалась в працях вітчизняних й зарубіжних науковців О. Балакіревої, В. Бочарової, І. Зверєвої, Л. Волинець, А. Капської, І. Пеши, І. Пінчук, А. Прихожан, Є. Рибінського, С. Толстоухової, Н. Толстих, Л. Шипіциної, Ю. Якубової та ін.

Варто зазначити, що проведення навчання у формі інтерактивного заняття є не зовсім звичною, нетрадиційною і є достатньо складною технологічною структурою, при

здійсненні якої педагогом-тренером створюються умови для багаторівневої комунікації між усіма учасниками. Підкреслимо, що головна особливість тренінгу – проживання на власному досвіді нових ідей, збагачення особистого досвіду, набуття знань, умінь та соціальних навичок тощо.

Це відбувається за умов побудови освітнього процесу в ході тренінгу на основі циклу навчання шляхом конкретного досвіду, розробленого американським дослідником Д. Колбом. Дослідник розглядав процес взаємодії у навчанні як послідовну зміну чотирьох фаз: конкретного досвіду – передбачається, що ведучий групи створює умови для набуття чи актуалізації конкретного досвіду учасниками на основі існуючого; рефлексивного спостереження – створюються умови для аналізу набутого досвіду, обговорення спостережень, пов'язаних із його отриманням; абстрактної концептуалізації – відбувається співвідношення власних висновків та умовиводів, зроблених на попередній фазі, з науковими теоріями, які мають відношення до основного змісту навчальної програми. Важливо, щоб ці теорії доповнювали чи по-своєму трактували результати, отримані учасниками; активне експериментування – відбувається перевірка на практиці сформульованих гіпотез, використання отриманої раніше інформації.

Відомо, що стиль проведення та спосіб організації тренінгу повинні бути зорієнтовані на створення сприятливої психологічної атмосфери та поваги до думки кожного учасника. Це обумовлено тим, що зміст цього процесу, методи і характер взаємодії між учасниками принципово змінюються. Відомо, що існує велика кількість модифікацій форм тренінгів, які суттєво відрізняються між собою за цілим рядом ознак: – тренінг як своєрідна форма дресури, при якій за допомогою жорстких прийомів при позитивному підкріпленні формуються зміни в поведінці, а при негативному підкріпленні „стираються” шкідливі, не потрібні, на думку ведучого; – тренінг як тренування, в результаті якого відбувається формування та відпрацювання вмінь та навичок ефективної поведінки; – тренінг як форма інтерактивного навчання, метою якого є перш за все передача знань, а також розвиток певних вмінь та навичок; – тренінг як метод створення умов для саморозкриття учасників та пошуку способів вирішення власних психологічних проблем. Тренінг можна розуміти і як групу, яка допомагає стати кожному її учаснику більш компетентним; процес, під час якого учасники вступають у взаємодію; процес, у центрі якого є проблема та її розуміння учасниками групи, а не компетентність ведучого щодо зазначеної проблеми; навчання, під час якого активність учасників вища, ніж активність ведучого; навчання, яке доставляє учасникам задоволення, активізує їх, стимулює інтерес та пізнання; навчання, результат якого досягається у взаємодії всіх учасників тренінгу; можливість відкриття учасниками в собі нових можливостей, відчуття того, що вони знають та вміють більше, ніж до цих пір думали про себе; можливість відкриття інших людей, навчання через взаємодію з ними, розуміння того, на що здатні люди, від яких раніше не очікувалося цікавих відкриттів; можливість в безпечних, з одного боку, дещо штучно створених, а з іншого боку, наближених до реальності, умовах взаємодії з іншими людьми досягнути бажаних змін.

Для активізації участі дітей-сиріт у тренінгах, оптимізації їх взаємодії у тренінговій групі, розвитку особистісних якостей, важливим є дотримання принципів: активності кожного учасника; зворотного зв'язку, який має бути аргументованим, інформативним, персоніфікованим, образним; довірливого й відкритого спілкування, заснованого на гуманізмі, доброзичливості, готовності до взаємодії; конфіденційності як гарантії збереження змісту спілкування в межах цієї групи; правила „тут і тепер”, заснованого на безпосередньому емпіричному рівні переживання ситуації.

Для підготовки та проведення тренінгів мають бути чітко визначені мета заняття, завдання, межі умов, зміст тренінгу: перелік і послідовність виконання різних вправ, завдання на рефлексію власних дій, матеріали для підсумків роботи тощо. Важливу роль

відіграє усвідомлення відповідальності за результативність навчального процесу з боку як ведучого (педагога/тренера), так і учасників. Згідно з цими ідеями тренінг активно впливатиме на формування відповідної системи знань, практичних умінь, навичок взаємодії, важливих якостей, необхідних для адаптації, дитини-сироти у соціумі. У результаті використання тренінгу відбувається становлення та розвиток самостійності – особистісної властивості вихованця – у когнітивному, поведінковому і мотиваційному аспектах.

Таким чином, самостійність вихованця дитбудинку уявляється як оволодіння соціальним досвідом для успішної реалізації в соціумі різних соціальних ролей з опорою на внутрішні ресурси. Набуття соціального досвіду повинно стати першочерговим завданням для тренера при плануванні та використанні різноманітних тренінгів. Цей вид роботи має на меті сформувати життєву компетентність вихованців закладів інтернатного типу.

## ВИНИКНЕННЯ СИСТЕМИ СВІТОВИХ ЗМАГАНЬ З ОКРЕМИХ ВИДІВ СПОРТУ

Дорош В. А., Бекмурзіна Н. О., Подервінскас І. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Потужний технічний, суспільний і культурний розвиток другої половини ХІХ сторіччя створив «світові змагання», які за своїми масштабами перевершили традиції олімпіад стародавнього світу. Епізодичні змагання з ковзанів, плавання, крикету та професійного боксу збирали до 20 тисяч глядачів, чим і відіграли важливу роль у формуванні системи міжнародних змагань. Порівняння спортивних досягнень вперше почали проводити не «класики» сучасного спорту – англійці, а німецькі, голландські та французькі клуби, а також друковані видання і окремі меценати. Оскільки на той час окремі види спорту ще не мали загальноприйнятих в міжнародному масштабі форумів та правил проведення змагань, більшість цих новітніх заходів було оголошено «неофіційними» першостями Європи і світу. Так, наприклад, до сьогодні Уімблдонський турнір з тенісу на трав'яних кортах, що став міжнародним з 1877 року, є найбільш авторитетним змаганням у цьому виді спорту. Численні скандали навколо першостей Європи і світу, що проводились в різних країнах час від часу, переконали спортивні товариства, що справжню спортивну цінність мають ті міжнародні змагання, правила та умови проведення яких заздалегідь погоджені на міжнародних форумах. За період з 1881 по 1914 роки були створені міжнародні федерації з 16 видів спорту. Згідно з міжнародними правилами в 1891 році у Гамбурзі відбулась Європейська першість з фігурного катання, а в 1896 році – перший Чемпіонат світу в Санкт-Петербурзі. Ця подія була початком обліку спортивних результатів, фіксації рекордів і народження офіційних світових першостей.

Наукові досягнення і уніфікація правил змагань призвели до стрімкого зростання рівня спортивних результатів. Так з 1870 року у веслуванні були введені сидіння, що рухаються. Легкоатлети почали користуватися шипованим взуттям, з'явилися спеціальні гареві доріжки, на яких змагалися з бігу, долаючи дистанції проти годинної стрілки відповідно до традицій кінних змагань. У боксі отримали офіційне визнання шкіряні рукавички і ринг з канатами. Використання килима в боротьбі зробило можливим розвиток прийомів, пов'язаних з кидками. В 1874 році у футболі був введений штрафний удар, а в 1891 – одинадцятиметровий. В тому ж році на футбольних воротах з'явилась перша сітка. Такі фактори, як авторитет меценатів, кількість осіб, які займаються спортом та вболівальників, активність міжнародних організацій відіграли велику роль в організації міжнародних змагань з окремих видів. Наприклад, у футболі в 1927 році на прохання видатного тренера австрійської збірної Хуго Мейсла були започатковані змагання на Кубок Центральної Європи. Спортивні заходи, окреслені суворими рамками правил з їх

внутрішньою логікою, технічними і тактичними комбінаціями, драматизмом фізичних зусиль почали впливати на сучасну освічену людину так емоційно, як раніше на це було здатне тільки мистецтво.

## ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ У ВУЗІ ЯК ОСНОВА ФІЗИЧНОГО ЗДОРОВ'Я СТУДЕНТІВ

Доценко О. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Проблема фізичного здоров'я студентів набуває особливої актуальності в умовах сучасності. В медицині існує парадокс – ставлячи своєю метою досягнення здоров'я людини, вона займається, головним чином, хворобами. Хворою людиною займається медицина, а хто має займатися збереженням та зміцненням здоров'я людей? Численними дослідженнями показана висока ефективність різних засобів фізичної культури в оздоровленні молоді, що проявляється у зниженні захворюваності, підвищенні адаптації організму до несприятливих факторів зовнішнього середовища, у збільшенні функціональних резервів та фізичної працездатності.

За офіційними статистичними даними, близько 90% учнів і студентів мають відхилення в стані здоров'я, понад 50% – незадовільну фізичну підготовленість, близько 70% – низький і нижче середнього рівні фізичного здоров'я, у тому числі у віці 16-19 років – 61%, 20-29 років – 67,2%. Тільки за останні п'ять років на 41% збільшилася кількість учнів і студентської молоді, віднесених за станом здоров'я до спеціальної медичної групи, яка виділяється на заняттях з фізичного виховання. Встановлено, що протягом терміну навчання у вузі, чисельність підготовчої і спеціальної медичних груп зростає від 5.36% на першому курсі до 14.46% на четвертому курсі. При визначенні спеціальної медичної групи дівчата складають більшість.

Існують різні підходи до організації фізичного виховання зі студентами спеціальних медичних груп. Це і зменшення об'єму навантажень, підвищення щільності занять при незначній їх інтенсивності, і різні нормативні вимоги до розвитку фізичних якостей, і введення додаткових занять, але всі вони обґрунтовують необхідність диференційованого підходу до процесу фізичного виховання з урахуванням функціонального стану здоров'я.

Оскільки існує багато сучасних методів оцінки стану здоров'я (тільки серед вітчизняних авторів - Зайцева В.В., Апанасенко Г.Л., Войтенко В.П., Іващенко Л.Я., Клапчук В.В.), дотепер не сформульовані типові вимоги до критеріїв його оцінки, відсутні єдині підходи до визначення визначення нормативних параметрів фізичної працездатності різних віково-статевих груп, в тому числі молоді студентського віку.

На кафедрі фізичного виховання Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна набутий досвід організації практичних занять зі студентами спеціальних медичних груп з обґрунтуванням методики вибору режимів рухового навантаження у залежності від рівня функціонального стану студента та його фізичного здоров'я.

Ці дослідження спрямовані на виявлення клініко-фізіологічних характеристик, притаманних групам у залежності від рівнів фізичного здоров'я. Розроблені контрольні нормативи та мотиваційні орієнтири для регулярних занять. На основі розроблених показників можна враховувати функціональну та фізичну підготовленість студентів і формувати оптимальні режими рухової активності для кожної групи, що особливо актуально для організації навчального процесу з фізичного виховання у вищій школі.

## РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОЙ РЕЧЕВОЙ КОМПЕТЕНЦИИ У СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Заниздра О. А.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Обучение студентов технических специальностей иностранному языку необходимо рассматривать в контексте интерактивных методов обучения, поскольку ключевым понятием владения иностранным языком является умение вести диалогическое общение. В настоящее время обучение навыкам диалога-дискуссии становится важным в связи с социальным заказом общества на подготовку высококвалифицированных инженеров, готовых к активному общению с иностранными партнёрами, к обсуждению на иностранном языке вопросов, связанных со специальностью.

Задание обучения дискуссии лежит в том, чтобы, углубляя и усложняя содержание речевой деятельности студентов, совершенствовать навыки и развивать умения, обогащая их профессионально ориентированным речевым материалом.

Опираясь на общую структуру дискуссии можно выделить определённые её части: экспозиция, преддискуссия, уточнение понятий, сообщение и поиск основной и дополнительной информации, аргументация или собственно дискуссия и вывод. Все они подчинены определённым этапам: информационно-подготовительному, дискуссионному и констатирующему.

Информационно-подготовительный этап характеризуется ознакомлением студентов с проблемой дискуссии, формированием речевых умений студентов в процессе выполнения заданий репродуктивного характера. В этот этап включаются некоммуникативные, условно-коммуникативные и коммуникативные упражнения. На этом этапе также происходит сбор и сообщение основной и дополнительной информации. Тут имеет место первичное ориентирование в дискуссии, уточнение понятий.

На дискуссионном этапе студентам предлагаются упражнения репродуктивно-творческого характера: ролевые и имитационные игры, где студенты выполняют условно-коммуникативные и коммуникативные упражнения, в том числе собственно проведение дискуссии. Констатирующий этап необходим для формирования выводов и проведения анализа дискуссии.

Соответственно этим этапам обучения дискуссии выделяются три группы упражнений. К первой группе относятся упражнения, направленные на: а) ознакомление студентов с проблемой дискуссии; б) обеспечение студентов речевым материалом для создания первичных высказываний; в) уточнение понятий дискуссии для более успешного планирования иноязычных высказываний; г) сбор и поиск основной и дополнительной информации; д) сообщение основной и дополнительной информации.

Ко второй группе относятся упражнения, направленные на подготовку к дискуссии, которые обеспечивают: а) группирование точек зрения; б) развитие навыков выделения необходимых реплик; в) аргументирование высказываний студентов с помощью речевых опор; г) проведение дискуссии.

В третью группу входят упражнения контрольного характера, которые обеспечивают: а) проверку усвоенного учебного материала; б) формирование выводов касающихся дискуссии; г) анализ дискуссии. Этот комплекс упражнений должен составляться на основе принципов взаимосвязанного обучения видам речевой деятельности и поэтапной организации обучения.

## КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ВІДПОВІДАЛЬНОГО СТАВЛЕННЯ ДО ЗДОРОВ'Я В СТУДЕНТСЬКІЙ МОЛОДІ

Зимівець Н. В.

(Інститут психології та соціальної педагогіки Київського міського педагогічного  
університету імені Б.Д. Грінченка)

Здоров'я як глобальний соціокультурний феномен, провідна цінність світового співтовариства передбачає необхідність системної діяльності з його покращення, основу якої складає формування відповідального ставлення до здоров'я.

Важливість формування в студентській молоді відповідального ставлення до здоров'я детермінується передусім визначальною роллю здоров'я цієї категорії населення у створенні здорового майбутнього.

Міжнародне співтовариство визначило концептуальні засади сприяння покращенню здоров'я у глобалізованому світі як цілісного, комплексного процесу, котрі викладені в низці документів планетарного масштабу (Оттавська Хартія (1986), Всесвітня Декларація з охорони здоров'я „Здоров'я для всіх у ХХІ столітті” (1998), Бангкокська Хартія (2005) та ін.

Відповідно до цих концептуальних положень, формування відповідального ставлення особистості до здоров'я в особистості трактується як спеціально організований, цілеспрямований системний процес, що передбачає як організацію й керівництво (управління) зі сторони соціуму, так і власну активність особистості. Сутність даного процесу - отримання особистістю достовірної, актуальної, збалансованої інформації для усвідомлення цінності здоров'я й особистої відповідальності за нього; вироблення системи особистих цінностей, формування ієрархії термінальних цінностей, у яких цінності здоров'я належатиме найбільш значуще місце; створення мотивів когнітивно-пізнавальної діяльності, формування значущих, стійких мотивів, які не тільки безпосередньо спонукають до дій, але і надають сенс виконуваним діяльності; змістових інтересів, які стимулювали б активну діяльність особистості, спрямовану на збереження та зміцнення свого і громадського здоров'я; безпосереднього переживання та проживання особистістю відповідального ставлення до здоров'я у взаємодії із реальною оточуючою дійсністю; напрацювання життєвих умінь і навичок, які сприяють досягненню успіху, підтримці й „виращуванню” свого благополуччя; виховання вольових якостей особистості – цілеспрямованості, послідовності, ініціативності, незалежності, самостійності, витримки, самоконтролю.

Процес формування відповідального ставлення до здоров'я в студентській молоді відповідно означених концептуальних основ повинен:

- базуватися на принципах самовизначення, активізації потенціалу, участі, соціального підкріплення, партнерства;
- здійснюватися за певним алгоритмом (оцінювання початкового рівня ставлення до здоров'я, аналіз факторів здоров'я, розробка дій, здійснення й оцінювання їх результативності);
- реалізуватися п'ятьма напрямками пріоритетної діяльності: політика заради здоров'я; створення сприятливого середовища для здоров'я; освіта заради здоров'я; розвиток особистості заради здоров'я; розвиток громади заради здоров'я;

Оцінка результативності процесу формування відповідального ставлення до здоров'я в особистості відбувається через визначення змін знань, умінь і навичок, які дають змогу здійснювати контроль над факторами здоров'я; відстежування обов'язкової реалізації у процесі п'яти пріоритетних напрямів сприяння здоров'ю.

## УКРАЇНСЬКІ ДЕРЖАВНІ СИМВОЛИ У ПРОЕКТАХ ГРАЛЬНИХ КАРТ 1917-1918 РР.

Іващенко Г. Л.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Уже за кілька днів після проголошення III універсалом Центральної Ради Української Народної Республіки почався процес творення структур та символів (герба) держави. Так, зокрема, 23 листопада 1917 р. при Генеральному Секретаріаті УНР було засновано постійно діючу Експедицію заготівлі (виготовлення) державних паперів (далі ЕЗДП) за аналогією з установою Російської імперії з подібною назвою, що діяла з 1862 р. Експедиція мала розробляти проекти грошей, цінних паперів (паспортів, дипломів, грамот, акцизних та поштових марок); проекти: уніформи військових та державних службовців; інтер'єрів, меблів для державних установ, а також державних символів та гральних карт (карт для гри).

Для виконання цих проектів було залучено видатних: митців, серед яких слід назвати Георгія Нарбута, Василя Кричевського, Амвросія Ждаху, Александра Красовського та ін. Одночасно з ЕЗДП за ініціативою Генерального секретаря освіти було створено геральдично-прапорну Комісію, яка мала виробити рекомендації щодо символів. З-поміж проектів державного герба Комісія пропонувала Архистратига Михаїла, козака з мушкетом, першу літеру назви Україна, напис УНР, щит із тридцятьма зірками за числом земель (адміністративно-територіальних одиниць) або сімома зірками за числом літер у слові Україна. Михайло Грушевський пропонував «Золотий плуг на синьому полі, як символ творчої мирної праці». Остаточного висновку Комісія не дійшла, але художники працювали по кожній з пропозицій.

Через певний час серед символів-претендентів перше місце посів тризуб. М. Грушевський - Голова Центральної Ради, історик за фахом, схилився до визнання родового гербового знака князя Володимира і його нащадків знаком старої Київської Русі-України та запропонував у якості герба новітньої української держави.

12 лютого 1918 року Рада Міністрів (правонаступниця Генерального Секретаріату) ухвалила внести в Малу Раду закон про встановлення державним гербом уже самостійної УНР «прийнятого Морською фльотою герба Володимира Великого (без хреста)». Далі ми вживатимемо термін «тризуб», але зазначимо, що і в Конституції України 1996 р. ст. 20 державним гербом є «Знак Княжої Держави Володимира Великого».

1 березня 1918 року Мала Рада у Коростені затвердила цей герб, а вже у Києві ескізи герба було доручено розробити президентові Української Академії Мистецтв Василю Кричевському.

І хоча проект Кричевського був ґрунтовно розкритикований учасниками конкурсу, знаними геральдистами Вадимом Модзалевським та Георгієм Нарбутом, саме він був затверджений 22 березня 1918 року.

Відтоді тризуб став фігурувати на державних банкнотах та, зокрема, у проектах кількох колод (талій) українських гральних карт.

Гральні карти (карти до гри) - один із багатьох культурних феноменів, яким би не було ставлення до нього загалом, були реальністю, атрибутом повсякдення: ані заборонити, ані викоринити їх не було жодних шансів, хіба що загнати в андеграунд. До того ж, на думку багатьох, картярство сягало масштабів небачених саме у часи революції чи інших політичних катаклізмів. Тож, карти - явище масове, це перше. По-друге - товар масового попиту, а це немалі гроші, такі потрібні державі. Скарбниця не могла не задіяти таке джерело. Виробництво та продаж карт для гри мали стати в Україні, як це було скрізь у Європі з



кінця XVI ст., державною монополією. По-третє, з малоросів, хохлів, тутешніх треба було формувати свідомих українців, патріотів, модерну націю і робити це можна було і через гру: «граючи – виховуй». Треба було лише «навантажити» національним змістом і формою цю масову гру, спровокувати як через 25-й кадр інтерес до національної культури, історії, її героїв, символів.

Отож, не є випадковими державні символи, тризуб, насамперед, у нереалізованих проєктах українських гральних карт. Так, у проєкті Георгія Нарбута (1917-1918 рр.) вишуканий тризуб, побудований за усіма канонами геральдичної науки, розташований на тузові чирви: і не тільки тому, що ця карта не була перевантажена малюнком, а ще і тому, що вона була найстарша у колоді.

Оскільки виробництво карт становило державну монополію, на них накладався податок, підтвердженням сплати якого була печатка, яку ставили митарі-чиновники на одну з карт: найчастіше це був туз. Тризуб, як елемент герба Української Держави (IV 1918-XII 1918) - козак з мушкетом є і на ескізі бандеролі (коробки) та заголовної карти (карти-візитівки).

Проєкти трьох колод розробив Александр Красовський. У проєкті колоди I на бандеролі також є тризуб, за естетикою ближчий до тризуба В. Кричевського. Довкруг нього напис «Українська Народна Республіка». На тузові чирви (як і у Г. Нарбута) повторена ця ж композиція з гербом.

Є тризуб і у проєкті одесита Амвросія Ждахи на тузові дзвінки.

Тризуб обрамлений вінком з дубового листя, розташований у верхній площині карти, відрізняється як від нарбутового, також і Кричевського та Красовського. На тузові дзвінки у геометричному центрі карти помістив тризуб, стилізувавши зображення під відбиток печатки і художник Кремінський (ім'я нам невідоме). Дизайн тризуба на лицьовій стороні карти відмінний від знака розміщеного Кремінським на звороті карти у круглому та шестикутному медальйонах. «Сорочка» карти як оберіг інтересів чесного картяра, тож герб, що має функцію магічну сакральну є доречним на карті, як зрештою, на всякому документі, грошовій банкноті, кокарді чи гудзику українського вояка.

Реалізувати проєкт «Українська Народна Республіка» Центральна Рада не змогла. Не був втілений у життя також і проєкт «українські гральні карти», більше того, оригінали розроблені Експедицією заготівлі державних паперів були навіть знищені 1952 року у Львові, а тризуб на десятки років було вилучено з українського контексту.

## ЗАПОРІЗЬКІ КОЗАКИ ТА ВІЙСЬКОВЕ МИСТЕЦТВО

Каменський Р. З., Кухлівський С. В., Бодня І. В., Чиж Р. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Формування українського козацтва і становлення його військового мистецтва відбувалось в умовах постійної боротьби з грабіжницькими нападами татар. В основі татарської тактики грабіжницьких нападів лежала велика мобільність їхніх загонів. Боротьба з таким противником, який міг з'явитись у будь-якому місці і в будь-якій кількості, вимагала від козаків достатньої мобільності і певних засобів, які б нейтралізували його кількісну перевагу. З іншого боку, козакам протистояла польська держава, яка несла в Україну поневолення, кріпацтво та денаціоналізацію. В боротьбі з польськими військами, козакам треба було витримувати атаки важкої кінноти з її довгими списами і досконалим володінням холодною зброєю, протистояти артилерійському вогню й атакам піхоти. Втрата власної державності обумовила відсутність державної підтримки створенню українських збройних сил. В цих умовах козацтво виникло в результаті

самоорганізаційних зусиль українського народу. Це обумовило народний характер козацького війська, відкрило широкі перспективи для його розвитку.

Запорозьке Військо славилось своєю високою боєготовністю і військовою майстерністю. Це досягалось в значній мірі завдяки тому, що воно було регулярним і значна його частина перебувала в черговому режимі, тобто жила в куренях на Січі, займаючись повсякденно бойовою підготовкою.

Гарнізон Січі був здатний негайно дати відсіч ворогові, а також за короткий час зібрати велике військо. Висока військова майстерність Запорозького Війська досягалась за рахунок добре налагодженого військового навчання. В значній мірі прагнення козаків добре володіти зброєю зумовлювалось постійною небезпекою нападів кочівників. Причому йшлося не про поодинокі вторгнення, а про системну стратегію спрямовану на спустошення якомога більшої території задля розширення зони кочів'їв.

В умовах постійного очікування небезпеки виник новий тип вояка-універсального, витривалого, готового до швидкої зміни обстановки і, що не менш важливо, такого, що сприймав свою військову діяльність крізь призму боротьби Хреста з Півмісяцем. Поступово виробилися як стратегія, так і тактика козацького війська.

Запорозьке Військо не мало окремих родів військ, а кожен козак був універсальним воїном. Та неперевершену славу козаки здобули як піхотинці. Ця риса Запорізького Війська складалася історично, так як козацтво внаслідок своєї нечисельності та економічних чинників не мало змоги утримувати потужну кавалерію. Ведення бойових дій у голому степу з ворогом (татарами), чисельність, а також час нападу якого неможливо було передбачити, примушувало запорозьких козаків виробляти власні тактичні прийоми, якими стали використання піхоти під захистом табору з возів, шанців, вогню з мушкетів та артилерії.

## ДОСВІД ЗАПОРІЗЬКИХ КОЗАКІВ У ВІЙСЬКОВОМУ МИСТЕЦТВІ

Камінський Р. З., Кухлівський С. В., Кужим Ю. О., Камінський Я. Р.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Починаючи з давніх-давен захисники батьківщини використовували перші з'єднання, які і на сьогодні залишилися такими як і багато років тому. У цій статті буде розкрита тема виникнення січі та її законів.

Багато хто вважає, що всі військові назви запозичені з інших країн і армій. Закони на Січі були занадто суворими, тому у козаків і була така сувора дисципліна.

Легендарним засновником Запорізької Січі вважається Дмитро Байда-Вишневецький, який походив з князівського роду на Волині. Він був черкаським та канівським старостою (намісником) великого князя литовського на півдні України, воював з татарами. На початку 1550-х рр. він побудував фортецю на дніпровському острові Мала Хортиця для захисту від татарських набігів. На цій підставі деякі історики і вважають його засновником Запорізької Січі. У дійсності Січ виникла дещо раніше і на іншому дніпровському острові - Томаківці. У 1563 р. князь Вишневецький потрапив у полон до татар, був переданий туркам і за наказом султана страчений. Його діяльність оспівана в народній думі про козака Байду.

Існували певні умови прийняття в козаки: потрібно було бути вільним і неодруженим, уміти говорити українською мовою (козацькою), сповідати православну віру, пройти певне навчання. Першою умовою часто нехтували, бо ж козаки приймали до своїх лав і кріпаків. Щодо останньої умови, то кандидат у козаки мав спочатку придивитися до січових порядків, вивчити військові прийоми. Такі люди називалися молодиками, новака-

ми, джурами. Прийнятий у запорізькі козаки записувався в один із 38 куренів, кількість яких була постійною. Часто при цьому він отримував якесь прізвисько, що свідчило про його характер, зовнішність або нагадувало про деякі обставини життя.

Склад запорізького козацтва був багатонаціональним, хоча переважали українці. Тут були представники 20 національностей: росіяни, білоруси, поляки, татари, угорці, євреї, іспанці, грузини, вірмени. Незважаючи на різноманітність складу Січі, вона все ж мала об'єднуючі чинники, завдяки головним принципам її життєдіяльності. Це - свобода, рівність, товариство, православна віра, відсутність жінок, боротьба з ворогами, звільнення з полону християнських невільників і захист пригноблених.

Сімейні козаки також допускалися в Запоріжжя, але вони не могли тут жити з сім'ями. Вони поселялися в слободах, зимівниках і хуторах, займалися вирощуванням зерна, худоби, торгівлею і промислами і тому називалися не товаришами, а «посполитими», «зимовчаками». Але всі, січовики і зимовчаки, називали себе «славним низовим військом Запорізьким» і товариством.

Ні знатність роду, ні станове походження, ні вік не мали на Січі особливого значення. Цінувалися, перш за все, особисті якості: хоробрість, розум, винахідливість. У відносинах між козаками цінувався «стаж» перебування на Січі, а не вік - перевагу мав той, хто вступив до козаків раніше. Ті, що прийшли пізніше, називали його «батьком», а він їх «синами». Ніякого певного часу перебування на Січі не встановлювалося, кожен міг вийти з неї за власним бажанням. Тих, хто мав заслуги і значний стаж, називали «лицарство» або «товариство». Наприкінці XVI ст. запорожців нараховувалося 5-6 тис. Серед козаків було поширене братство - «побратимство» - з метою допомагати, звільняти і навіть жертвувати життям один заради одного.

Козаки зробили велике відкриття у військовому мистецтві, тому вони так часто перемагали, вони вміли підтримували дисципліну, поважали один одного вони багато вміли і ще більше робили для мирного життя України.

## ПРОБЛЕМА ИНТЕРФЕРЕНЦИИ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕВОДА

Коваль Н. Б.

(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Вступая в XIX век, объявленный Советом Европы веком полиглотов, мы не можем не заметить возросшую мотивацию современного общества к изучению иностранных языков. В настоящее время подрастающее поколение испытывает острую необходимость использования иностранного языка как инструмента межкультурного общения.

В методике преподавания иностранных языков существует два принципа, представляющих собой методическую антиномию: принцип исключения родного языка и принцип опоры на родной язык, которые являются интерпретациями психологии о том, что один из двух известных человеку языков является доминантным. При изучении иностранного языка таковым является родной язык. Исключить стереотипы родного языка из процесса обучения иностранного языка просто невозможно.

Известные ученые-методисты считают, что перевод полезен, необходим и незаменим для: - презентации: а) лексики, имеющей абстрактное значение, например: *la faiblesse*, *la tristesse*, *la modestie*; б) слов, объем значений которых не совпадает в родном языке: *la rivière*, *le fleuve*; в) разной сочетаемости слов: *mettre en service*, *la société mixte*; г) передача реалий действительности: *quenze jours* – две недели, *2 heures du matin* – 2 часа ночи; д) фразеологических выражений: *travailler d'arrache-pied* – работать не покладая рук; е) идиом, в состав которых входят слова, имеющие в свободных словосочетаниях иной смысл:

tendre la main –просить милостыню, протянуть руку кому-л., carte blanche – свобода действий, чистый бланк; - преодоления такого явления как интерференция, наложения сформированных навыков на вновь формируемые с отрицательным результатом.

Разделяют лексическую, грамматическую, фонетическую, лингвострановедческую интерференции. Лексическая интерференция обычно приводит к буквализмам, возникающих по ложной аналогии с существующими словами родного языка. Грамматическая интерференция приводит к затруднениям в переводе ряда грамматических форм и конструкций: одна и та же форма во французском языке имеет разные грамматические значения и передается двумя различными формами. Фонетическая интерференция ведет за собой ошибки фонологического характера, искажающие звуковую форму и смысл, затрудняют или нарушают акт коммуникации.

Лингвострановедческая интерференция представляет неправильное осмысление фоновой лексики. При изучении иностранного языка необходимо овладение не только словом, но и типизированным образом в национальном сознании народа – носителя языка и культуры; в противном случае происходит перенос понятий одного языка на другой.

В заключение хочется отметить, что переводов «нет нужды избегать и бояться, если они используются в разумных пределах», перевод предоставляет уникальную возможность проникнуть не только в лингвистическое «пространство», но и в культурное, что, в свою очередь, способствует их билингвистическому и бикультурному развитию.

## ОСОБИСТІСНИЙ ПІДХІД У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ

Ковтун В. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Становлення і розвиток особистості відбувається у різноманітних сферах діяльності. Далеко не останню роль тут відіграє система освіти. Інтелект, розум, освіченість стали стратегічним матеріалом, конкурентоспроможною ланкою цивілізаційного поступу держав.

Тенденції глобалізації та інформатизації викликали необхідність змін у освітній галузі. Переосмислення ролі та значущості знань дозволило розглядати сучасне суспільство як суспільство, засноване на знаннях. Професіоналізм, глибокі знання зі своєї спеціальності – необхідна риса сучасної людини. Але вузько професійна підготовка – це тільки одна із сходинок саморозвитку особистості.

Сучасний світовий освітній простір постійно оновлюється, наповнюється новим змістом. Швидке старіння знань вимагає зміни освітньої парадигми, більш послідовного запровадження інноваційних технологій навчання, старий лозунг «навчити вчитися» отримує принципово нове звучання. Прийшло розуміння, що система вищої професійної освіти повинна, перш за все, забезпечувати розвиток особистості, здатної до саморозвитку, а вже особистість стає носієм професійних знань.

Особистісно зорієнтоване навчання ставить за мету формування ціннісно-мотиваційної домінанти особистості, тобто не тільки формування професійних навичок, а розвиток у студентів механізмів самореалізації, саморозвитку, адаптації, саморегуляції, самовиховання. В контексті даної системи студент має усвідомлювати себе свідомим і відповідальним суб'єктом власного розвитку, а педагог – створювати мотивацію та умови для такого самоусвідомлення.

Система підготовки інженерних кадрів має носити не стільки технічний, скільки психолого-педагогічний характер, створювати умови для розкриття талантів і здібностей кожного, заохочуючи ініціативи, формуючи громадянина з розвиненою самоповагою,

людською гідністю, самосвідомістю, відповідальністю за доручену справу. Довіра до студентства, увага до проблем, що їх хвилюють, дозволяють підвищити мотивацію соціальної активності, розвивають молодіжну ініціативу.

Гуманістична, особистісна орієнтація професійної підготовки утверджує творчі, живі, взаємодіючі відносини педагога і студента, ґрунтується на баченні можливостей та творчого потенціалу студента, на сприйнятті його цілісності і значущості як особистості. Важливим компонентом такої парадигми освіти виступає її діалогічний характер, тому актуальним стає саморозвиток і самореалізація усіх суб'єктів навчання. Підготувати висококваліфікованих, творчих спеціалістів, здатних приймати самостійні нестандартні рішення, ініціативних у пошуку ефективних, оригінальних методів роботи можуть тільки викладачі, які володіють такими компетентностями

Вища школа має сформувати той інтелектуальний потенціал, який створить умови для формування громадянського суспільства та економічного зростання України.

## СТЕРЕОТИПИ В ОЦІНКАХ ІСТОРИЧНИХ ЯВИЩ СУЧАСНОЇ УЧНІВСЬКОЇ МОЛОДІ

Куліш А. І.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

У свідомості сучасної учнівської молоді залишається багато питань минулих офіційних ідеологічних парадигм, не дивлячись на те, що фактично сучасний студент народився і виховувався в умовах незалежної України. Живучість таких історичних стереотипів пояснюється і особистою позицією більшої частини вчительства, заснованих на догмах радянської історіографії, на існуванні різних ідеологічних позицій у суспільстві, взагалі і серед населення окремих регіонів.

З метою виявлення цих історичних штампів було проведено опитування студентів-першокурсників фактично до початку вивчення ними вузівського курсу «Історія України».

Як виявилось, для колишніх школярів складними є питання визначення початку становлення української державності, роль гетьманів у боротьбі за автономні права України.

Залишаються суперечливості в оцінці діяльності гетьмана Івана Мазепи. Багато респондентів вважають його зрадником, не розрізняючи зраду по відношенню до царя, чи по відношенню до національних інтересів України. Зрозуміло, що в сталості таких поглядів відбилосся ставлення влади до гетьмана протягом трьохсот років, а також анафемна позиція церкви.

Серед випускників шкіл побутує ідеалізація діяльності російських імператорів. При цьому виявляється незнання відношення корифеїв української літератури, насамперед Т. Шевченка, до цих можновладців.

Можливо, під впливом сучасного політичного життя України, а також в наслідок російської реальності, предметом розходження у поглядах останніх років стала діяльність Й. Сталіна. Багато учнів фактично захищають хрущовську позицію про те, що основною причиною появи культу особи були особисті риси Сталіна. Ностальгія певної частини населення за «сильною рукою» породила намагання виправдовувати злочини тоталітарного режиму. Не дивлячись на глузування деяких істориків, представників лівої преси із заходів з визнання штучного голодомору, більшість випускників шкіл сьогодні погоджуються із його оцінкою - як геноцид українського народу.

Проте пов'язати голодомор із об'єктивною оцінкою діяльності сталінського режиму деякі учні не можуть.

Особливо турбує незнання ролі України у Другій світовій війні, нерозуміння планів

Гітлера щодо українців, відсутність уявлення про втрати України на тлі усіх європейських держав. Колишні учні не завжди дають об'єктивну оцінку фашистському окупаційному режиму, не знають, що в гітлерівському уявленні Україна – це географічне поняття, на території якої не повинно бути місця українцям.

Усе вищесказане приводить до висновку про необхідність викладання історії України в університеті, приділяючи особливу увагу роз'ясненню, надання об'єктивної оцінки найбільш важливих подій в історії нашої країни.

## ОСОБИСТІСТЬ ПЕДАГОГА У НАВЧАЛЬНО-ВИХОВНОМУ ПРОЦЕСІ

Куліш А. І.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Завдяки зусиллям корифеїв європейської педагогічної науки затвердилось основне концептуальне положення, парадигма педагогіки про єдність та взаємозв'язок навчального та виховного процесів. Платон взагалі визнавав первісним у визначенні рівня еліти суспільства держави освіту, а не багатство. До речі, як свідчить історична практика українського сьогодення, перехід матеріальних багатств та благ до малоосвіченої але активної верстви призводить до дискредитації системи освіти. Сподівання на те, що функції вихователя суспільства візьме на себе церква поки що не виправдалися. В умовах безцензурного з боку держави та громадськості інформаційного потоку, в якому до людської душі течуть брудні потоки насильства, культу грошей, потураються давні моральні принципи, започатковані Буддою, Мойсеєм, Христом, Магометом.

Система української середньої, вищої освіти витримала «темні десятиріччя» 1990 - 2000 років, зберегла основні кадри, але процес оновлення педагогічних колективів починається тільки зараз. У зв'язку із цим набуває особливого значення робота із молодим педагогічним поколінням, посилення уваги до морально-етичних якостей викладачів. На жаль, взаємозв'язок між духовною активністю вчителя та вихованцями не має оціночної системи у педагогічній діяльності. У 80-ті роки у вищій школі, у тому числі і в нашому університеті, була введена система «Викладач очима студента», яка давала дуже цікаві результати. Цей досвід заслуговує на поновлення, але вона буде ефективною, якщо адміністрація матиме право і матеріальні ресурси для її здійснення.

Музей історії нашого університету веде систематичну роботу зі збору спогадів випускників, у яких, як правило, дається оцінка і педагогічним якостям викладачів. Особливістю навчального процесу в нашому університеті є традиційна висока вимогливість до теоретичних знань. Проте випускники цілком справедливо недоброзичливо відгукуються про формалізм, дріб'язковість, черствість деяких педагогів. Характерно і те, що серед викладачів, які найбільше сприяли формуванню інженера, випускники називають тих, які вели спеціальні дисципліни на старших курсах. Тут безумовно позначається і те, що на старших курсах у більшості студентів затверджується свідоме відношення до своєї майбутньої професії. Непересічну роль у становленні майбутнього інженера має керівник дипломного проекту. У своїх спогадах випускники різних років з особливою гордістю згадують: «Мені дуже поталанило, що науковим керівником моєї дипломної роботи був викладач N ... ». У зв'язку із ЦИМ, всілякої підтримки заслуговує досвід роботи кафедр, коли визначається кращий дипломний проект і кращий науковий керівник. Разом із тим відсутня певна загальна система заохочення викладацького складу.

Потрібно також врахувати і те, що в сучасних умовах на якісно новий рівень як у професіональному, науковому, так і в духовно-інтелектуальному сенсі підноситься роль вченого, педагога у підготовці магістрів. Окрім змістовної частини цієї діяльності

потребує свого удосконалення система оцінки викладацької праці, запровадження певних традицій, ритуалів, форм присвоєння першого науково-інженерного звання у житті молодшої людини.

Певне місце у системі навчально-виховної роботи в університеті займає педагог-куратор. За своїм функціональним обов'язком куратор повинен бути найближчою і найдовіренишою людиною для студента. На жаль, ще присутнє непоодинокі формальне відношення деяких кураторів до життєдіяльності студента. Це і є причиною того, що у своїх спогадах випускники не часто згадують кураторів. Спостерігається певна закономірність: згадується лише той педагог, який спромігся об'єднати студентів групи, створити дружній колектив.

Оцінка діяльності педагога - це досить складний процес, який потребує уважної, кропіткої роботи з боку керівництва усіх рівнів вищого навчального закладу.

## ПУРИСТИЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ У СУЧАСНІЙ УКРАЇНСЬКІЙ МОВІ

Лагдан С. П.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Сучасний розвиток української мови характеризують вияви пуризму – надмірного прагнення до очищення мови від чужомовних запозичень, неологізмів, позалітературної лексики тощо. Пуристичні тенденції найбільше простежуються в термінології. Це здебільшого пов'язують із ситуацією, що склалася у 20-30-х роках ХХ ст. і позначилася як розвиток оригінальної термінології. Термінологи того часу пропонували для творення назв спеціальних предметів і понять використовувати ресурси власної мови, зрозумілі й близькі народові, народній мові: *конус – стіжок, атом – неділка, прес – чав, гіпотенуза – протипрямка, піраміда – гостриця, фільтр – цідило, маятник – хитун, басейн – водозбір, шприц – пирскавка, отвір – відтулина, якір – витворець, чохол – покрівець*. Такі новотвори було проголошено буржуазно-націоналістичними й вилучено з мови.

У сучасних словниках на позначення одного терміна часто фіксуються синоніми, як правило, іншомовного та питомого походження. Серед українських варіантів подаються слова і сполуки, що побутували в науковій мові початку ХХ ст. та в західно-українському варіанті літературної мови: *фотографія – світлина, перпендикуляр – сторч, підшипник – вальниця, карта – мапа, полюс – бігун, сталь – криця, аеродром – летовище, клапан – хлипак*. Лише деякі з них (*світлина, летовище*) успішно приживаються в мові.

Звичайно, коли чуже слово разом із поняттям увійшло в мову, підпорядковалося її фонетичним та граматичним законам і належно виконує спілкувально-називну функцію, його не варто викидати лише на підставі походження. Та це не означає, що поряд із ним не може виникнути (як семантична чи словотворча калька) власне український синонім: *легалізація – узаконення, контракт – договір, анестезія – знеболення, журнал – часопис, паралельний – рівнобіжний, прогрес – поступ, процент – відсоток, фактор – чинник*. Такі синонімічні пари співіснують у мові, збагачуючи її виразно-значеннєві засоби. Слова іншомовного походження є одним із шляхів збагачення лексичного складу кожної мови. В українській, за підрахунками лінгвістів, їх приблизно 10 відсотків, і від їх уживання мова не втрачає оригінальності та неповторності.

Пуризм виконує позитивну роль, коли йдеться про збільшення власного й зменшення чужого мовлення. У сучасній українській мові наявна тенденція до вилучення з ужитку лексем, подібних чи однакових зі словами російської мови, які свого часу були штучно нав'язані: *благополуччя – добробут, гаразди; малоімуций – неможливий, малоіможливий; посягати – зазіхати; правлячий – панівний; правомочний – правочинний; співробітництво*

– співпраця; учбовий – навчальний.

Проте прагнення замінити усі запозичення питомими словами часто завдає шкоди, оскільки збіднює стилістичне багатство й утворює зайві лексичні дублети, поглиблюючи різницю між розмовною та літературною мовою. До невдалих прикладів можна віднести такі: *реклама – вихвала, таблетка – пігулька, комп'ютер – зачислячка, бокс – стусан, волейбол – відбиванка, хокей – гаківка, баскетбол – кошиківка, трамплін – польотопристрій*. Такі новотвори не передають семантики усталеного іншомовного слова або мають виразний розмовно-знижений відтінок. А деякі варіанти (*карате – система самозахисту, басейн – спортивна водойма*) яскраво засвідчують неможливість повного вилучення запозичень, адже для творення їх відповідників автор використовує інші запозичення.

Надмірний пуризм шкідливий і тим, що може викликати зневагу до мови у тих людей, які володіють нею недосконало.

## ПРОБЛЕМА ГУМАНІЗАЦІЇ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ В УКРАЇНІ

Малівський А. М.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

На даний момент існує ряд чинників, котрі спонукають нас вважати проблему гуманізації вищої технічної освіти пріоритетною. До їх числа належать:

- експансія цінностей та настанов техногенної цивілізації, перш за все сцієнтизму та техноморфного бачення світу. В результаті їх негативного впливу з культури витісняються її такі власне людські прояви як переживання, співпереживання, індивідуальне творче становлення тощо;
- глобалізація культурних надбань української культурно-історичної спільноти, котра на поверхні проявляється як її вестернізація, американізація та нехтування власною культурною ідентичністю;
- зужитість поверхового розуміння цінностей європейської цивілізації та актуалізація їх глибинного змісту.

Схематично окреслюючи важливість гуманізації як одного з найнеобхідніших засобів виживання і розвитку глобальної спільноти у сучасному надскладному світі; гуманізація ж вищої освіти має служити своєрідним пусковим механізмом для гуманізації як на рівні окремого суспільства, так і на рівні глобальної взаємопов'язаної світової спільноти.

Гуманізація вищої освіти перш за все включає в себе її спрямованість на збереження та розвиток моральних цінностей, її орієнтацію на досягнення людиною та суспільством високих суспільних ідеалів. Вища освіта перш за все має розвивати в людині духовність як мету існування людини, а саме – моральні та естетичні цінності, котрі узгоджуються з гідністю людини, любов'ю до ближнього, гармонією людини з природою тощо.

В ході подальшої розбудови як незалежної держави, так і вищої школи а Україні надзвичайно важливо гуманістичне спрямування науки та техніки. Інакше кажучи, останні мають розумітися як засоби для реалізації гуманістичних цінностей.

Одним з найважливіших чинників гуманізації вищої освіти є гуманітарні науки як такі, котрі звертаються до людини, її свідомості, розуму та почуттів. Специфіка цих наук полягає в тому, що вони орієнтують людину на осмислення нею свого місця і призначення в соціумі, навколишньому середовищі та у Всесвіті в цілому. Гуманітарні науки допомагають людині розв'язати таку важливу в нинішніх умовах задачу як узгодження свободи особистісної самореалізації зі свободою само прояву інших людей.



В ході гуманізації вищої освіти в Україні доцільно звертатися до світового досвіду на базі усталених традицій вітчизняної освіти. Творче осмислення та конструктивне використання позитивних надбань цивілізованих країн є необхідною передумовою збереження та примноження гуманістичного потенціалу вітчизняної вищої освіти.

## УКРАЇНСЬКИЙ ІСТОРИК ГРИГОРІЙ ГЕРБІЛЬСЬКИЙ – ВИКЛАДАЧ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО ІНСТИТУТУ ІНЖЕНЕРІВ ТРАНСПОРТУ (1930 – 1933)

Перелигіна О. І.  
(Львівський історичний музей, м. Львів)

Гербільський Григорій Юльович (14.12.1904, Катеринослав, нині Дніпропетровськ – 14.03.1991, Київ) – український учений-історик, доктор історичних наук, професор, педагог, архівіст, музеєзнавець. У колі його наукових інтересів – історія України XVII – XIX ст. та українсько-слов'янські зв'язки. Він автор понад 100 наукових та науково-популярних праць, у тому трьох одноосібних монографій. Життя та діяльність Г. Ю. Гербільського до 1940 року були нерозривно пов'язані з рідним містом, де він народився, навчався, здобув фах історика, закінчивши 1928 року соціально-економічне відділення Дніпропетровського інституту народної освіти. Тут він розпочав трудову діяльність, працюючи у різноманітних навчальних, наукових та культурних закладах міста. Тут були надруковані у місцевих часописах його перші розвідки з історії Катеринославщини.

Особливо напруженими виявились 1930 – 1933 роки, коли Г. Ю. Гербільський викладав на робітфаци Дніпропетровського інституту інженерів транспорту (нині – Дніпропетровський університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна) і одночасно працював у Дніпропетровській філії Української промислової академії (1931 – 1933) та Дніпропетровському історичному архіві (1932 – 1938).

Джерельною базою для вивчення цього періоду є головні особові документи вченого, що відклалися у Центральному державному історичному архіві України в Києві та Львові, Архіві Львівського національного університету імені І. Франка, та архівні матеріали установ, де працював Г. Ю. Гербільський. Зокрема, документальний масив з історії Дніпропетровського інституту інженерів транспорту (далі – ДІІТ) зберігається у Державному архіві Дніпропетровської області (фонд Р-3785).

Серед документів зберігся наказ по Дніпропетровському інституту інженерів транспорту (№ 135 від 5.11.1930), за яким Г. Ю. Гербільський був призначений з 10 жовтня 1935 року «штатним викладачем СОЦЕКУ» (викладачем соціально-економічних дисциплін – О. П.) на Дніпропетровському робітфаци. ДІІТ мав на той час розгалужену мережу робітфаків. Дніпропетровський робітфак знаходився у самому місті і мав денну та вечірню форми навчання. Пропрацювавши три роки, Г. Ю. Гербільський у 1933 році звільнився за власним бажанням. Очевидно, з його боку це був вимушений крок, оскільки голод 1932 – 1933 років, як відомо, спричинився до різкого скорочення чисельності студентів та робітфаківців.

Детальних відомостей про педагогічну діяльність Г. Ю. Гербільського у ДІІТі виявити не вдалось, проте один показовий факт засвідчує, що ця діяльність була успішною і належно оціненою керівництвом робітфаку: одним із перших він був відзначений грамотою. Як бачимо, в історії такого важливого для держави навчального закладу, яким став ДІІТ, праця Григорія Юльовича Гербільського залишила свій позитивний слід.

Більша частина трудового, творчого життя Г. Ю. Гербільського була пов'язана зі Львовом, де він працював в історичному музеї (1940 – 1941 роки, 1946 – 1947 роки) та

університеті (1946 – 1977 роки).

Прикметною особливістю трудової біографії Г. Ю. Гербільського є той факт, що, де б він не починав працювати, завжди приходив у найтяжчий і найвідповідальніший час змін і становлення. Така була особливість історії нашого суспільства, і вона відбилася дуже показово в його життєписі.

## ТИПИ МОТИВАЦІЇ ПРОФЕСІЙНОГО САМОВИЗНАЧЕННЯ СТУДЕНТІВ

Пічурін В. В., Тиличко О. В., Бондаревський А. Г., Козак О. В.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

У працях, присвячених дослідженню мотиваційної сфери особистості в юнацькому віці, показано, що мотиви професійного самовизначення посідають центральне місце у взаємовідносинах її з навколишнім світом, актуалізують світоглядні аспекти її духовного життя, стимулюють пошуки життєвого покликання. В психологічній літературі поняттям «професійне самовизначення особистості» визначають найістотнішу особливість розвитку і соціального дозрівання людини. Професійне самовизначення залишається актуальним для молодшої людини й у період її навчання в вузі. Великого значення тут набуває формування конкретної професійної спрямованості особистості спеціаліста.

Результати досліджень свідчать, що основною характеристикою розвитку особистості спеціаліста в умовах вузу є формування суспільно і професійно-ціннісної мотивації діяльності, безпосередньо пов'язаної з його самовизначенням. Серед останніх виділено три домінуючих мотиваційних компоненти. Це, по-перше, мотиви морально-світоглядного самовизначення. Цим мотиваційним компонентом професійного становлення визначається життєва активність молодого спеціаліста. Другим мотиваційним компонентом є бажання досягти професійної майстерності і компетентності, самоствердитися у творчій професійній діяльності. В основі розвитку цих мотивів лежить усвідомлення студентом себе як суб'єкта професійної діяльності. Це надає особливого змісту всім мотивам навчання та науково-пізнавальним інтересам студентів. Третім мотиваційним компонентом становлення особистості спеціаліста є професійна самооцінка – усвідомлення людиною своїх професійних можливостей. Адекватність професійної самооцінки – це основа реалістичного рівня домагань студента у досягненні певного професійного статусу.

Дослідження особливостей функціонування та розвитку згаданих вище мотиваційних компонентів професійного самовизначення студентів дало можливість визначити чотири типи ставлення їх до процесу навчання і оволодіння спеціальністю. Ці типи розрізняються за особливостями функціонування та рівнем розвитку мотивів професійного самовизначення, а також за особливостями психологічної та соціальної адаптації до професії в період професійного спрямованого навчання у вузі.

Перший мотиваційний тип відзначається гармонійністю та високим рівнем розвитку трьох основних мотиваційних компонентів – морально-світоглядного самовизначення, прагнення досягти професійної компетентності, мотивів, зв'язаних з самооцінкою професійної адекватності. Це – оптимальний тип мотивації професійного самовизначення.

Другий тип мотивації характеризується деякою розбіжністю у розвитку провідних мотиваційних компонентів. Передусім це виявляється у недостатній визначеності професійних інтересів студентів, дещо заниженою чи завищеною їх самооцінкою власної професійної адекватності. Студенти цього мотиваційного типу переживають декілька криз у професійному самоствердженні, які здебільшого припадають на початок другого та випускного курсів. Досить часто структура мотивації діяльності студентів характеризується перетворенням у ході навчання другого мотиваційного типу професійного самовизначен-

ня у перший, а інколи й у третій.

Що ж до третього мотиваційного типу, то тут переважають мотиви, які зумовлюють егоцентричну спрямованість особистості. Характерна риса представників цього типу – утилітарне ставлення до професії, прагнення задовольнити свої, головним чином побутові потреби. Професія розглядається ними як засіб досягнення по-своєму зрозумілого матеріального та духовного комфорту. Їхні пізнавальні та професійні інтереси недостатньо визначені, тимчасом як академічна успішність може бути високою. Самооцінка професійної відповідності у таких студентів завищена.

До четвертого мотиваційного типу належить та частина студентів, які обрали професію без достатньо глибокого усвідомлення її вимог, своїх можливостей щодо оволодіння нею. Ці студенти ще не зайняли чіткої життєвої позиції. Професійні інтереси студентів даного типу не сформовані, життєві перспективи не зв'язані з обраною спеціальністю, професійні самооцінки є низькими. Суттєва частина з них або залишають вуз самі, або змушені це зробити через неуспішність.

## ГЕНДЕРНЫЙ ПОДХОД В ОБОСНОВАНИИ МОДЕЛИ СОВРЕМЕННОГО ПЕДАГОГА

Смирнова М. Л.  
(ДНУЖТ, г. Днепропетровск)

Педагогика XXI века знаменует собой поиск новых, скрытых, ещё не задействованных, резервных возможностей образования и самосозидания человека третьего тысячелетия. Колоссальные резервные возможности обучения находятся в самом человеке, в его «самости».

В настоящее время существенное значение в обосновании модели современного педагога приобретает гендерный подход. Так, качества, которыми должен обладать педагог, в своей совокупности представляют собой определенный набор взаимосвязанных положительных проявлений маскулинности (стремление к достижению цели, настойчивость, энергичность, организаторские способности, склонность вести за собой и т.п.) и феминности (душевность, сочувствие, эмоциональность, развитая речь и т.п.) В данном случае учёные говорят о некоторой психологической андрогинии. (А.А. Денисова, А.С. Кочарян, Р.М.Фрумкина)

Люди маскулинных культур имеют более высокую мотивацию достижения, смысл жизни видят в работе и способны много и напряженно трудиться. Преподаватели маскулинного типа стремятся доминировать во всех сферах, для них характерен богатый репертуар социальных ролей, они смело берутся за порученное им дело. Но увлеченность идеей может привести к тому, что преподаватель начинает рассматривать окружающих его людей (учащихся, коллег) как фон, на котором он творит. Цель педагогической деятельности он видит в том, чтобы дать знания учащимся в условиях беспрекословного подчинения преподавателю.

Феминный тип характеризуется признанием и оценкой в себе специфических женских качеств. Преподаватели данного типа обладают ярко выраженной экспрессией, у них развитая речь, они умеют красиво говорить, они эмоциональны и артистичны, общению, высокий уровень сочувствия, сострадания, внимание к чувствам партнеров по общению. Но склонность к сотрудничеству сочетается с боязнью взять на себя функции организатора, руководителя какого-либо дела. Отсюда и небольшой набор общественных ролей.

Как утверждается, андрогиния связана с высоким самоуважением, способностью быть настойчивым, мотивацией к достижениям, эффективным исполнением родительской роли, внутренним ощущением благополучия. Андрогинная личность имеет богатый набор полоролевого поведения и гибко использует его в зависимости от динамично изменяющихся социальных ситуаций. Преподаватели андрогинного типа проявляют поведенческую гибкость, что свидетельствует об их пластичности, тонкости натуры, владеют разнообразным репертуаром социальных ролей: могут быть умелыми руководителями, организаторами творческих дел, преподавателями, воспитателями. Преподавателю отводят роль «духовного наставника», готового оказывать реальную помощь

Итак, гендерный подход рассматривается как индивидуальный подход к проявлению человеком своей идентичности, представляющий большую свободу выбора и самореализации, позволяющей быть достаточно гибким и использовать разнообразные поведенческие стратегии. Адаптивные характеристики андрогенной личности представляют большой интерес в исследовании идентичности как мужчины, так и женщины, особенно с введением новой, личностно-ориентированной парадигмы образования в высшую школу Украины.

## СПЕЦІАЛЬНІ ТЕРМІНИ І СПОСОБИ ЇХ ПЕРЕКЛАДУ

Федченко С. П.  
(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Вузівський курс іноземної мови має професійно-орієнтований характер. Майбутній спеціаліст повинен вміти працювати з науково-технічною літературою, міжнародними виданнями, публікаціями, спеціалізованими словниками.

Переклад термінів вимагає знання тієї галузі, якої стосується переклад, розуміння термінів англійської мови і знання термінів рідною мовою. Один з головних прийомів, котрі використовуються при перекладі термінів є переклад за допомогою лексичного еквіваленту, котрий визначають як постійну лексичну відповідність, яка точно співпадає із значенням слова. Такі лексичні еквіваленти служать у тексті опорними пунктами, від яких часто залежить розкриття значення інших слів і з'ясування характеру тексту. Більшість термінів потребують при перекладі вибору із зафіксованих в словниках варіантів, а інколи навіть утворення лексико-семантичного варіанту слова, котрий би найкраще передавав значення, що відповідало б контексту. Найбільші труднощі виникають при перекладі термінів-словосполучень, оскільки часто дво – трислівні словосполучення, компоненти яких можуть вживатися окремо у певному значенні, в складі термінів словосполучень набувають нового значення: *message view* – зображення повідомлення (інформаційне вікно), *tooltip help* – виникаюча підказка. Більш продуктивні і легші для перекладу є словосполучення, що складаються з двох компонентів: а) один – термін, а другий компонент із загальноновживаної лексики *output view* – вікно(зображення, проекція) виводу; *object file* – об'єктний файл; б) компоненти термінів словосполучень, що складається лише із загальноновживаної лексики *dialog box* – діалогове вікно; *file name* – назва файлу;

в) словосполучення типу „іменник + іменник” *editor window* – вікно редактора; *program breakpoint* – програмна контрольна точка; г) словосполучення типу „прикметник + іменник” *current line* – поточний кодовий рядок; *direct access* – безпосередній доступ; д) словосполучення типу „дієприкметник + іменник” *reading amplifier* – підсилювач зчитування; *debugging data* – інформація для налагоджування (налагоджування); е) прийом калькування, тобто перекладу англійського словосполучення за його частинами, з наступним складанням цих частин *self-loading* – само завантаження; *target search* – пошук цілі; *pro-*

*grammer man* – *програміст*; 3) переклад за допомогою використання різних прийменників *instruction to install* – *інструкція для інсталяції*; *project dependent* – *залежний від проекту*.

До основних прийомів перекладу термінів-словосполучень слід віднести прийом опису, тобто передачі значення слова за допомогою поширеного пояснення, коли в українській мові відсутнє відповідне за значенням слово: *outscriber* – *вихідний пристрій відтворення даних*; *transacter* – *зовнішній пристрій збору даних*; *tracerooint* – *трасувальне повідомлення (повідомлення під час виконання оператора)*. Переклад багатокomпонентних термінів-словосполучень слід починати з перекладу іменника, котрий є основним компонентом, а потім послідовно перекладати кожну смислову групу, частіше всього справа наліво: *application design tool* – *інструментальні засоби складання прикладних програм*; *platform independent debug environment* – *середовище незалежного налагоджування платформи*; *processor core register section* – *розділ регістру ядра процесора*. Багатозначні терміни перекладаються шляхом відбору варіанта-аналога, який найточніше передавав би значення усього слова у даному контексті *head* – *заголовок, голова*; *data safe* – *збереження даних, інформаційна безпека*.

Прийом транскрибування (передача звучання англійського слова літерами рідної мови) відбувається при передачі назв, імен: *Assembler* – *Асемблер*; *resistor* – *резистор*. Аналіз деяких лексичних проблем перекладу науково-технічних текстів сприятиме вдосконаленню навиків перекладу спеціалізованих текстів, пов'язаних з вивченням фахових курсів, зосередить увагу на особливостях перекладу науково-технічних текстів.

## ПРО НОВІ ОСВІТНІ СТРАТЕГІЇ

Хміль В. В.

(ДНУЗТ, м. Дніпропетровськ)

Недоліки нашої системи освіти стали найбільш помітними на рубежі тисячоліть, коли процеси глобалізації економіки, науки, освіти все більше охоплюють сучасний світ. Ми вступаємо в світовий інтелектуальний ринок тоді, коли більше 3 млрд. людей на планеті у нього увійшли, тому що, переважно наука та освіта визначатимуть місце кожної нації, кожної держави протягом багатьох століть.

Сьогодні Україна може досягти європейського рівня тільки завдяки одному – розвитку інтелекту, технічної та гуманітарної творчості, сучасного нетрадиційного мислення. Наше нестандартне мислення - це ресурс, в якому ми випереджаємо немало країн світу. Але для нашого мислення необхідно задати гарну стартову базу освіти, що під силу українським університетам.

Необхідно створювати економіку знань, яка б залежала від мозку, а не від природних копалин та застарілих технологій. Україні необхідно вкладати гроші в людський капітал та в науку, як це роблять США, вкладаючи в науку в 18 разів більше, ніж Україна.

Вихід з ситуації не настільки оригінальний, бо він за останні десятиліття осмислений не тільки нашими кращими фахівцями, але вже став досвідом для багатьох країн світу з економікою, яка постійно розвивається.

По-перше, значно скоротити кількість ВНЗ в Україні. Вузи повинні дати нам зразок, який характер буде мати «аристократія» в суспільстві через два десятка років управління, менеджери, вчені. Вища освіта має бути престижною, елітарною, а не масовою. Підняти конкурентне середовище серед студентів, шляхом набору кандидатів у студенти протягом 1 курсу. Згодом, на наступному етапі технологічного розвитку суспільства ми дійдемо й до обов'язкової вищої освіти.

По-друге, підняти мотивацію до навчання. Держава повинна гарантувати певний

статус фахівців, котрий має вищу освіту і працює за фахом. Фахівець повинен отримувати як мінімум на 50 % вищу платню, ніж людина без вищої освіти. Мотивація до навчання відсутня, тому що кар'єра молоді та просування по службі залежить зовсім не від знання та інтелекту, а від статусу батьків, зв'язків, багатства родини. На прикладі нашої галузі господарства ВНЗ повин давати рекомендацію на перше робоче місце згідно з інтелектуальними здібностями претендента.

По-третє, запровадити автономію вишів, але з певною фінансовою підтримкою їх державою. Значно підвищити фінансування вищої школи, науки та освіти. Але паралельно з цими заходами уряд повин прийняти закон про безвиняткове надання грошових кредитів кожному студенту на навчання, з умовою погашення їх в процесі дорослого життя з певними пільгами при народженні дітей, як це запроваджено в багатьох країнах світу.

По-четверте, посилити конкурсний відбір найбільш талановитих та креативних вчених та викладачів, які б за допомогою новітніх технологій навчання розкривали б здібності студентів. Запровадити обов'язкові тести щодо оцінки викладача очима студента, які стали б пріоритетними при здійсненні конкурсу.

На погляд доповідача без застосування таких змін – жодного суттєвого кроку у реформуванні вищої школи ми не досягнемо.

## РЕЛІГІЯ ЯК ЧИННИК ПОЛІТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В УКРАЇНІ

Хміль Т. В.  
(ДРІДУ НАДУ)

З початку прийняття християнства на Русі релігійний фактор частіше сприймався в політичному контексті, а церква – інститутом держави, але не релігії. Для українського християнського менталітету релігія не є справою індивідуального спасіння, скоріше громадянського самовизначення і це стосується не тільки історичного минулого, але й новітньої історії України. Оскільки церква традиційно була впливовим соціальним інститутом, український політикум одразу звернув на неї свою увагу, особливо під час виборів органів влади різних рівнів. Релігійний фактор використовувався не тільки з боку окремих політиків і політичних об'єднань, але й, на жаль, був перетворений в символ регіонально-кланових угруповань, що негативно відбивалося на стані міжконфесійних та міжцерковних стосунків. У свою чергу, деякі релігійні організації відкрито співпрацюють з впливовими політичними силами, підтримують їх представників в структурах законодавчої та виконавчої влади, оскільки розраховують на можливо неформальну, але суттєву підтримку – адміністративну, фінансову, інформаційну. З цієї причини, в умовах недостатньо розвинутого законодавства щодо регуляції церковно-державних відносин, участь діячів церкви в масових політичних заходах має вимушений характер, оскільки суперечить прагненню до «граду Божого». Але ідея церковного служіння вимагає співпраці з владою. Завдяки цьому релігійні організації отримують доступ до державних засобів інформації, впливають на бюджетні процеси на місцевому рівні, користуються іншими перевагами, які залежать від стосунків із владою.

Подібний підхід не може бути плідним, оскільки базується на принципі політичної доцільності і не відповідає ролі держави як регулятора міжконфесійних стосунків, крім того, в умовах міжцерковного православного конфлікту це тільки загострює ситуацію.

Поліетноконфесійний характер релігійних стосунків в Україні ставить особливі вимоги до держави як гаранта забезпечення толерантності та рівності в сфері духовного розвитку людини. Це потребує чіткого розподілу функцій світської держави, що репрезентує своїх громадян незалежно від наявності віросповідання, конфесійної

приналежності, відсутності релігійних переконань чи їх невизначеності – всього, що складає приватну сферу життя людини.

Релігія є формою духовного осягнення суспільного буття, а церква – його соціальним інститутом, діяльність якого регламентується відповідно до моделі церковно-державних відносин і має конституційне закріплення. Реальний розподіл церкви і держави, забезпечення її світського характеру вимагає чіткої відмінності індивідуальної релігійної свідомості від політичної, внутрішнього духовного життя від його інституційної церковної організації, релігійних почуттів від їх навмисного, політично мотивованого демонстрування.

## АББРЕВИАТУРА ОРГАНИЗАЦИЙ

|                                   |                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CTU Prague                        | Czech technical university in Prague, Czech Republic, Чешский политехнический университет, г. Прага                                                                |
| БелГУТ                            | Белорусский государственный университет транспорта, 246653, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Кирова 34                                                          |
| ВНУ им. В.Даля                    | Восточноукраинский национальный университет им. В.Даля, 91034, Украина, г. Луганск, кв. Молодежный, 20–а                                                           |
| ГЭТУТ<br>(ДЕТУТ на укр.<br>языке) | Государственный экономико-технологический университет транспорта, 03049, г. Киев-49, ул. Лукашевича, 19                                                            |
| ГП «УкрНИИВ»                      | Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения», 39621, Украина, г. Кременчуг ул. И.Приходько, 33                        |
| ДнСЗ                              | АООТ «Днепропетровский стрелочный завод», 49034, г. Днепропетровск, ул. Белостоцкого, 181                                                                          |
| ДНУЖТ<br>(ДНУЗТ на<br>укр.языке)  | Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, 49010, Украина, г. Днепропетровск, ул. Академика В. Лазаряна, 2 |
| ДНУ                               | Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, 49025, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 72                                                          |
| ДониЖТ                            | Донецкий институт железнодорожного транспорта, 83018, Украина, г. Донецк-18, ул. Горная, 6                                                                         |
| ДРІДУ НАДУ                        | Дніпропетровський регіональний інститут державного управління Національної академії державного управління при Президентові України                                 |
| ЗНТУ                              | Запорожский национальный технический университет, 69063, г. Запорожье, ул. Жуковского, 64                                                                          |
| ИрГУПС                            | Иркутский государственный университет путей сообщения, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15                                                           |
| ИТМ НАНУ и<br>НКАУ                | Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины, 49005, г.Днепропетровск, ул.Лешко-Попеля 15                                                               |
| ИТСТ НАНУ<br>«Трансмаг»           | Институт транспортных систем и технологий Национальной академии наук Украины «Трансмаг», 49005, г. Днепропетровск, ул. Писаржевского, 5                            |
| ИЧМ НАН Украи-<br>ны              | Институт черной металлургии НАН Украины им. З. И. Некрасова, 49050, Украина, г. Днепропетровск, пл. Академика Стародубова, 1                                       |
| КДУ                               | Кременчугский государственный университет имени Михаила Остроградского                                                                                             |
| КПИ                               | Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03056, Украина, г.Киев-56, проспект Победы, 37                                   |



|                     |                                                                                                                                            |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| КСЗ                 | ОАО «Керченский стрелочный завод»                                                                                                          |
| МИИТ                | Московский государственный университет путей сообщения, Россия, 101475 ГСП – 4, г. Москва, ул. Образцова, д.15                             |
| НАУ                 | Национальный авиационный университет, 03680, г. Киев, проспект Космонавта Комарова, 1                                                      |
| НМетАУ              | Национальная металлургическая академия Украины, 49005, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 4                                                  |
| НТУ «ХПИ»           | Национальный технический университет „Харьковский политехнический институт”, 61002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21                             |
| ОАО «КВСЗ»          | ОАО «Крюковский вагоностроительный завод», 39621, Украина, г. Кременчуг, ул. И. Приходька, 139                                             |
| ООО «ГСКБВ»         | ООО «Главное специализированное конструкторское бюро вагоностроения», 87535, Украина, Донецкая обл., г. Мариуполь, пл. Машиностроителей, 1 |
| ПГАСА               | Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, 49600, Украина, г. Днепропетровск, ул. Чернышевского, 24-а            |
| ПГТУ                | Приазовский государственный технический университет, Украина, 87500, г. Мариуполь, Донецкая область, ул. Университетская, 7                |
| ПКПП «МДС»          | Проектно-конструкторское производственное предприятие «МДС», г. Днепропетровск                                                             |
| РГУПС               | Ростовский государственный университет путей сообщения                                                                                     |
| РП Трансвагонсервис | ООО Региональное предприятие «ТрансВагонСервис», Украина, 49081, г. Днепропетровск, ул. Столетова, 11а                                     |
| СПбГУНИПТ           | Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий                                                    |
| УкрГАЗТ             | Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, 61050, Украина, г. Харьков, пл. Фейербаха, 7                              |
| Укрзализныця        | Государственная администрация железных дорог Украины «Укрзализныця», 03680, Украина, г. Киев, ул. Тверская, 5                              |
| ФГОУ ВП ПГУПС       | Петербургский государственный университет путей сообщения, 190031, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 9                           |

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Секция 1 «Динамика рельсовых экипажей и безопасность движения» .....         | 3   |
| Секция 2 «Эксплуатация и ремонт локомотивов» .....                           | 37  |
| Секция 3 «Усовершенствование конструкции и технологии ремонта вагонов» ..... | 61  |
| Секция 4 «Электропривод транспортных средств» .....                          | 95  |
| Секция 5 «Транспортные системы и технологии перевозок» .....                 | 115 |
| Секция 6 «Железнодорожный путь» .....                                        | 154 |
| Секция 7 «Транспортное строительство» .....                                  | 207 |
| Секция 8 «Экологическая безопасность» .....                                  | 229 |
| Секция 9 «Материаловедение и технология материалов» .....                    | 269 |
| Секция 10 «Гуманитарная составляющая подготовки кадров» .....                | 313 |

## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Baranovskyi D. M. .... 38  
 Baudyš K. .... 116  
 Drábek M. .... 116  
 Janoš V. .... 116  
 Kebikov A. A. .... 158  
 Kříž M. .... 116  
 Matviatsou V. I. .... 158  
 Michl Z. .... 116  
 Michl Zdeněk ..... 118  
 Pospíšil J. .... 116, 119  
 Sosnovskiy L. A. .... 158  
 Авраменко І. О. .... 229  
 Агієнко І. В. .... 313  
 Айтов С. Ш. .... 314  
 Акімов І. В. .... 278  
 Аксьонов О. Ф. .... 254  
 Алексеєнко Н. В. .... 230  
 Андросова-Байда Д. О. .... 315  
 Анофрієв В. Г. .... 61, 272  
 Арламова Н. Т. .... 235  
 Артемчук В. В. .... 55  
 Артёмов В. Є. .... 227  
 Асмоловська Д. С. .... 246  
 Атлас М. В. .... 89  
 Афанас'єва Л. В. .... 316  
 Афанасенко І. М. .... 68  
 Афанасьев В. П. .... 62  
 Ахмад Альхдур ..... 210  
 Бабадеев И. С. .... 169  
 Бабаев А. М. .... 63  
 Бабаєв А. М. .... 70  
 Багрій В. М. .... 231  
 Балійчук О. Ю. .... 106  
 Банніков Д. О. .... 207  
 Баскевич А. С. .... 280  
 Басов Г. Г. .... 12  
 Бауліна Г. С. .... 127  
 Баханек А. А. .... 162, 172  
 Безовська М. С. .... 241  
 Безрученко В. М. .... 95, 96  
 Бекмурзіна Н. О. .... 323  
 Беляев Н. Н. .... 260, 264, 265, 266  
 Беляева В. В. .... 263  
 Берко О. О. .... 146  
 Бех П. В. .... 121  
 Билыч Е. И. .... 264  
 Биченкова Н. В. .... 150  
 Білоконь Г. С. .... 245, 246  
 Білюк О. Ю. .... 57  
 Блохин Е. П. .... 4, 11  
 Бобир Д. В. .... 37  
 Бобровский В. И. .... 121, 122, 124, 125  
 Бобырь Д. В. .... 40  
 Богомаз Е. Г. .... 20  
 Боднар Б. Є. .... 37, 47, 49, 115  
 Боднар Є. Б. .... 59  
 Бодня І. В. .... 328  
 Божко М. П. .... 126

Бойченко А. М. .... 233, 236, 240  
 Бойченко С. В. .... 254  
 Болвановська Т. В. .... 147  
 Бондарев А. М. .... 12, 16  
 Бондарев О. М. .... 269  
 Бондаревський А. Г. .... 337  
 Бондаренко З. П. .... 318, 319  
 Бондаренко Л. М. .... 40  
 Бондаренко Л. Н. .... 57  
 Бондаренко Ю. С. .... 95  
 Бондаренко Ю. Ю. .... 321  
 Бондарєв О. М. .... 9, 13, 14  
 Бондарь Е. А. .... 56  
 Боренко М. В. .... 270  
 Борзилов І. Д. .... 64  
 Боровик О. О. .... 248  
 Бочарова О. О. .... 317  
 Бренько Е. О. .... 296  
 Брундуков Е. М. .... 63  
 Бруякин В. К. .... 71  
 Бруякін В. К. .... 70  
 Брынза А. А. .... 28, 173  
 Бубнов В. М. .... 65, 66, 79  
 Бугаєць Н. В. .... 178  
 Бурдюжа О. Л. .... 197  
 Бурьлов С. В. .... 39  
 Буря О. І. .... 46  
 Бутько Т. В. .... 127, 128, 129, 130, 153  
 Бушина Т. Л. .... 235  
 Вакуленко И. А. .... 271, 273, 303  
 Вакуленко І. О. .... 272, 274  
 Вакуленко Л. І. .... 275  
 Васильєва С. В. .... 230  
 Васютинская К. А. .... 253  
 Вернигора Р. В. .... 131, 132  
 Ветчинкин В. А. .... 91  
 Вилищук З. В. .... 276, 277  
 Візньак Р. І. .... 67  
 Віслогузов О. О. .... 287  
 Вігольберг В. Г. .... 178  
 Вовк О. О. .... 255  
 Водяников Ю. Я. .... 87, 92  
 Водяніков Ю. Я. .... 89  
 Волковська Г. Г. .... 151  
 Волошин Д. І. .... 68  
 Волчок И. П. .... 279, 298  
 Волчок І. П. .... 278  
 Воскобойник В. Э. .... 107  
 Выдута Е. Л. .... 39  
 Гагин Л. Ф. .... 57  
 Ганич Р. Ф. .... 310  
 Гаркави Н. Я. .... 4, 15  
 Герасименко Д. В. .... 283  
 Гиске И. В. .... 84  
 Главацький К. Ц. .... 174, 212  
 Глоба Л. С. .... 279  
 Гненний О. М. .... 3  
 Головнич А. К. .... 165

|                         |                    |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| Горбатюк Ю. М. ....     | 225                | Журавель В. В. ....     | 133, 134, 148      |
| Горбулицький О. П. .... | 257                | Журавель І. Л. ....     | 133, 134, 148      |
| Горобец В. Л. ....      | 10, 12, 16, 19, 27 | Журба О. О. ....        | 129                |
| Горобец Д. В. ....      | 22, 25, 26         | Заблудовский В. А. .... | 283, 284, 310      |
| Горобець В. Л. ....     | 13, 14, 269        | Заболотний О. М. ....   | 14                 |
| Горобець Д. В. ....     | 269                | Зайцев В. В. ....       | 243                |
| Горобченко О. М. ....   | 50                 | Зайцев М. П. ....       | 286                |
| Горячкін В. М. ....     | 42                 | Зайцев Н. Н. ....       | 107                |
| Гошкович І. В. ....     | 133                | Зайцева А. О. ....      | 241                |
| Грановский Р. Б. ....   | 15                 | Зайцева Л. В. ....      | 297                |
| Грицай Т. В. ....       | 281                | Залавский Н. И. ....    | 155                |
| Грищенко В. А. ....     | 47                 | Заниздра О. А. ....     | 325                |
| Грищенко М. М. ....     | 274                | Занько Д. С. ....       | 245                |
| Губар О.В. ....         | 200                | Запорожець О. І. ....   | 255                |
| Гузченко В. Т. ....     | 211                | Затолокін П. М. ....    | 98                 |
| Гуливець А. Н. ....     | 280                | Захарченко В. В. ....   | 43                 |
| Гундарь В. П. ....      | 12                 | Заяц М. А. ....         | 183, 186, 187      |
| Гуньо Е. Ю. ....        | 260                | Звидаури В. С. ....     | 6                  |
| Гуржи Н. Л. ....        | 65                 | Зеленько Ю. В. ....     | 241, 267           |
| Гущин А. М. ....        | 43                 | Зимівець Н. В. ....     | 326                |
| Данилич М. О. ....      | 235                | Зюзин Д. Ю. ....        | 97, 100, 108       |
| Данілевський В. І. .... | 57                 | Ивченко Т. И. ....      | 306                |
| Даренський О. М. ....   | 178                | Игнатов Г. С. ....      | 91, 93             |
| Даценко В. Н. ....      | 23                 | Имели Д. ....           | 253                |
| Дворецкий А. И. ....    | 243                | Инютин В. И. ....       | 168                |
| Дворецький А. І. ....   | 245, 246           | Ищенко В. А. ....       | 33                 |
| Девин Л. Н. ....        | 34                 | Іванченко В. Г. ....    | 295                |
| Демидов А. В. ....      | 97, 100            | Іващенко Г. Л. ....     | 327                |
| Дёмина Е. Г. ....       | 281                | Іващенко О. В. ....     | 42                 |
| Деркач О. Д. ....       | 46                 | Каграманян А. О. ....   | 43                 |
| Джунусбеков А. С. ....  | 282                | Каленик К. Л. ....      | 167                |
| Дзензерский В. А. ....  | 31, 39             | Калинина Е. Н. ....     | 282                |
| Дзичковский Е. М. ....  | 11, 18             | Калинина Н. Е. ....     | 276, 277           |
| Дзічковський Є. М. .... | 13                 | Каменський Р. З. ....   | 328                |
| Довбня М. П. ....       | 40                 | Камінський Р. З. ....   | 329                |
| Довбня Н. П. ....       | 57                 | Камінський Я. Р. ....   | 329                |
| Довгелюк Н. В. ....     | 203                | Камышный А. Е. ....     | 306                |
| Долина Л. Ф. ....       | 259                | Капіца М. І. ....       | 44                 |
| Донченко А. В. ....     | 88, 89             | Карась М. В. ....       | 168                |
| Дорогань Т. Є. ....     | 311                | Карзова О. О. ....      | 99                 |
| Доронина В. О. ....     | 219                | Карпачевский В. В. .... | 169                |
| Дорош А. С. ....        | 121, 122           | Карпачевский Г. В. .... | 155, 178           |
| Дорош В. А. ....        | 323                | Карпенко В. В. ....     | 15                 |
| Доценко О. М. ....      | 324                | Карпенко В. С. ....     | 249                |
| Драбкіна А. Х. ....     | 234                | Карпов М. І. ....       | 161                |
| Дубинець Л. В. ....     | 98                 | Кебигов А. А. ....      | 176                |
| Дубоделова М. П. ....   | 162                | Киреевнин А. А. ....    | 169                |
| Дудка М. О. ....        | 134                | Киреевнин А. Б. ....    | 155, 178           |
| Дудкина В. В. ....      | 284                | Кислий Д. М. ....       | 37                 |
| Дузик В. Н. ....        | 74, 86             | Клен О. М. ....         | 135                |
| Евдомах Г. В. ....      | 273                | Клименко И. В. ....     | 15, 35             |
| Ельникова Л. О. ....    | 124                | Клык Ю. А. ....         | 22, 25             |
| Емельянов А. Л. ....    | 62, 258            | Ключник С. В. ....      | 218                |
| Ериця Б. Х. ....        | 113                | Ковалев Р. В. ....      | 209                |
| Ефременко В. Г. ....    | 292                | Коваль В. П. ....       | 48                 |
| Євін І. М. ....         | 225                | Коваль Н. Б. ....       | 330                |
| Жевжик О. В. ....       | 257                | Ковальчук В. В. ....    | 189                |
| Железнов К. И. ....     | 4                  | Ковтун В. В. ....       | 331                |
| Железняк Г. С. ....     | 208                | Ковтун П. В. ....       | 156, 162, 165, 172 |
| Жижко В. В. ....        | 74, 86             | Ковтун Ю. В. ....       | 233                |

|                                                          |               |                       |                                        |
|----------------------------------------------------------|---------------|-----------------------|----------------------------------------|
| Кожухарь В. Я. ....                                      | 253           | Ліпкін К. Ю. ....     | 142                                    |
| Козак О. В. ....                                         | 337           | Лобова О. О. ....     | 232                                    |
| Козаченко Д. М. ....                                     | 136, 138, 139 | Ловська А. О. ....    | 67                                     |
| Козлов И. С. ....                                        | 175           | Ломотько Д. В. ....   | 143                                    |
| Колесник А. И. ....                                      | 121, 122, 124 | Луганова Т. О. ....   | 249                                    |
| Константинов Д. В. ....                                  | 128           | Лукаш Д. В. ....      | 263                                    |
| Коренюк Р. О. ....                                       | 47            | Любарский Б. Г. ....  | 97, 100, 101                           |
| Корженевич И. П. ....                                    | 163           | Любарський Б. Г. .... | 108                                    |
| Корженевич И. П. ....                                    | 164, 190      | Любка В. С. ....      | 37, 57                                 |
| Корнев В. Ю. ....                                        | 246           | Лютый О. С. ....      | 254                                    |
| Коротенко М. Л. ....                                     | 15            | Лябах Н. Н. ....      | 102                                    |
| Костиркіна Т. О. ....                                    | 153           | Ляшук В. М. ....      | 37                                     |
| Кострица С. А. ....                                      | 8, 11, 15     | Мазуренко О. О. ....  | 126                                    |
| Костюков А. В. ....                                      | 102           | Майстренко Е. Н. .... | 307                                    |
| Котова Л. И. ....                                        | 303           | Макаренко Д. О. ....  | 46                                     |
| Котова Т. В. ....                                        | 295           | Макаренко Т. Ю. ....  | 296                                    |
| Кравец К. О. ....                                        | 250           | Малашкин В. В. ....   | 131                                    |
| Кравец М. Л. ....                                        | 218           | Малишев Ю. В. ....    | 195                                    |
| Краев М. В. ....                                         | 285           | Малівський А. М. .... | 335                                    |
| Краева В. С. ....                                        | 285           | Мамонтов С. В. ....   | 45                                     |
| Крамар И. Е. ....                                        | 286           | Мамчур С. И. ....     | 296                                    |
| Крамар І. Є. ....                                        | 287           | Манашкин Л. А. ....   | 85                                     |
| Красильников В. М. ....                                  | 52            | Маренич О. Л. ....    | 103                                    |
| Красильников В. Н. ....                                  | 51, 53        | Маренич О. О. ....    | 104                                    |
| Красильников Д. В. ....                                  | 53            | Маркуль Р. В. ....    | 200                                    |
| Красильников М. В. ....                                  | 51, 52        | Мартиняк С. А. ....   | 236                                    |
| Краснов Р. В. ....                                       | 98            | Масловская Е. М. .... | 202                                    |
| Кривчиков А. Е. ....                                     | 11, 16, 17    | Матвеев В. И. ....    | 156, 176                               |
| Круговова Е. А. ....                                     | 209           | Матвиенко С. А. ....  | 54                                     |
| Кудашко І. І. ....                                       | 42            | Машихина П. Б. ....   | 261                                    |
| Кудряшов А. В. ....                                      | 125           | Машукова О. М. ....   | 172                                    |
| Кужим Ю. О. ....                                         | 329           | Медведева Т. В. ....  | 248                                    |
| Кузін М. О. ....                                         | 288, 289      | Мединский Г. А. ....  | 281                                    |
| Кузін О. А. ....                                         | 290, 291      | Мельник А. А. ....    | 90, 93                                 |
| Кузнецова Т. И. ....                                     | 31            | Мельник И. Е. ....    | 266                                    |
| Кузьмин С. О. ....                                       | 292           | Мещерякова Т. М. .... | 289, 291                               |
| Кузьмич Х. О. ....                                       | 239, 240      | Мирошников В. Е. .... | 168                                    |
| Кузьмичев В. М. ....                                     | 293           | Мирошников Н. Е. .... | 156, 176                               |
| Кукин С. В. ....                                         | 92            | Михайлов А. В. ....   | 258                                    |
| Кукушкина Я. В. ....                                     | 140           | Михеев Г. В. ....     | 209                                    |
| Куліш А. І. ....                                         | 332, 333      | Мищенко А. А. ....    | 71, 259                                |
| Кульчицкая Л. Я. ....                                    | 307           | Мищенко Т. Н. ....    | 114                                    |
| Курган Д. М. ....                                        | 187           | Міщенко А. А. ....    | 61, 70                                 |
| Курган М. Б. 164, 184, 185, 186, 188, 190, 192, 193, 194 |               | Мозолевич Г. Я. ....  | 138                                    |
| Куроп'ятник О. С. ....                                   | 32            | Мойсенко В. І. ....   | 5                                      |
| Кустов В. Ф. ....                                        | 294           | Мойсенко К. В. ....   | 201                                    |
| Кутах Є. С. ....                                         | 213           | Мороз В. І. ....      | 69                                     |
| Кухлівський С. В. ....                                   | 329           | Мурадян Л. А. ....    | 61, 70, 71                             |
| Кухлівський С. В. ....                                   | 328           | Муха А. М. ....       | 105, 106                               |
| Куцова В. З. ....                                        | 295           | Муханов В. Ф. ....    | 75                                     |
| Кушнир М. А. ....                                        | 306           | Мямлин В. В. ....     | 72, 73                                 |
| Лагдан С. П. ....                                        | 334           | Мямлин С. В. ....     | 65, 66, 74, 75, 76, 79, 82, 84, 85, 86 |
| Лазарев О. В. ....                                       | 141           | Мямлин С. С. ....     | 77                                     |
| Лашер А. ....                                            | 30            | Мямлин С. В. ....     | 3, 269                                 |
| Лашков О. В. ....                                        | 121           | Надеждін Ю. Л. ....   | 274, 275                               |
| Левит Г. М. ....                                         | 45            | Назаров О. А. ....    | 144                                    |
| Лещинська А. Л. ....                                     | 267           | Найдынова В. О. ....  | 185                                    |
| Лисак В. А. ....                                         | 197, 198      | Найш Н. М. ....       | 12                                     |
| Лисняк В. М. ....                                        | 265           | Намаєші О. М. ....    | 152                                    |
|                                                          |               | Настечик М. П. ....   | 200                                    |

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| Науменко Н. Е. ....     | 20, 79        |
| Недужая Л. А. ....      | 75, 84        |
| Нефедьева Е. Е. ....    | 281           |
| Нечволода К. С. ....    | 80            |
| Нечипоренко В. П. ....  | 243           |
| Никитченко А. А. ....   | 79            |
| Николайтис Д. С. ....   | 175           |
| Нищенко А. Е. ....      | 92            |
| Нікітченко Ю. С. ....   | 255           |
| Новакович В. И. ....    | 155           |
| Новиков В. Ф. ....      | 107           |
| Новік Р. Б. ....        | 195           |
| Новіков В. В. ....      | 196           |
| Новікова В. Ф. ....     | 249           |
| Новогрудская Р. Л. .... | 279           |
| Новогрудский Л. С. .... | 297           |
| Носова Т. В. ....       | 296           |
| Об'єдкова О. ....       | 319           |
| Обухова А. Л. ....      | 143           |
| Оверьянова Л. В. ....   | 108           |
| Овчинников О. О. ....   | 171           |
| Огар О. М. ....         | 145           |
| Озерная Е. В. ....      | 58            |
| Окороков А. М. ....     | 146           |
| Омельяненко В. И. ....  | 109           |
| Оправхата Н. Я. ....    | 297           |
| Орловський А. М. ....   | 157, 189      |
| Осипова О. В. ....      | 165           |
| Островская А. Е. ....   | 298           |
| Очкасов О. Б. ....      | 47, 49        |
| Павленко З. О. ....     | 237           |
| Павлюченков М. В. ....  | 81            |
| Панченко П. В. ....     | 199           |
| Парубок С. І. ....      | 44            |
| Парфенюк Т. В. ....     | 97, 100       |
| Пасичный А. Н. ....     | 122           |
| Патласов А. М. ....     | 180           |
| Патласов О. М. ....     | 191           |
| Пахомова И. В. ....     | 176           |
| Пацановський С. В. .... | 270           |
| Перелигіна О. І. ....   | 336           |
| Переста Г. І. ....      | 147, 148, 149 |
| Перков О. М. ....       | 274           |
| Перков О. Н. ....       | 293           |
| Петренко В. Д. ....     | 211           |
| Петренко В. Д. ....     | 210           |
| Пилипенко В. Н. ....    | 220           |
| Пилипенко С. В. ....    | 27            |
| Письменный Є. О. ....   | 269           |
| Пічурін В. В. ....      | 337           |
| Пліскачова Н. В. ....   | 234           |
| Плітченко С. О. ....    | 299           |
| Подервінскас І. В. .... | 323           |
| Подлубный В. Ю. ....    | 85            |
| Покутнева Л. В. ....    | 262           |
| Полишко С. А. ....      | 306, 307      |
| Поляков В. А. ....      | 29            |
| Посмітюха О. П. ....    | 212           |
| Примакин А. О. ....     | 309           |
| Приходько В. И. ....    | 74, 86        |

|                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| Пришедько Е. ....      | 30                           |
| Прокопчук М. С. ....   | 284, 308                     |
| Прохорченко А. В. .... | 129                          |
| Пугач О. В. ....       | 132                          |
| Пунагин В. В. ....     | 221                          |
| Пустова Т. О. ....     | 115                          |
| Пішійко О. М. ....     | 3, 115                       |
| Радкевич А. В. ....    | 213                          |
| Радченко Н. А. ....    | 31                           |
| Раздобреев В. Г. ....  | 293                          |
| Ракша С. В. ....       | 214                          |
| Распопин В. Р. ....    | 91, 93                       |
| Распопов А. С. ....    | 226                          |
| Распопов О. С. ....    | 115, 227                     |
| Регулич Б. И. ....     | 77                           |
| Редченко Е. С. ....    | 113                          |
| Редько Т. Д. ....      | 253                          |
| Речкалов С. Д. ....    | 91                           |
| Рибкін В. В. ....      | 154, 167, 197, 198, 199, 201 |
| Розгон О. В. ....      | 233                          |
| Романенко В. В. ....   | 162, 172                     |
| Романенко Є. П. ....   | 231                          |
| Романова К. С. ....    | 249                          |
| Романюк Я. Н. ....     | 4                            |
| Руденко Д. В. ....     | 222                          |
| Руденко Н. В. ....     | 142                          |
| Русу С. П. ....        | 227                          |
| Рябов Е. С. ....       | 100, 101, 108                |
| Савченко В. О. ....    | 278, 300                     |
| Савчинский Б. В. ....  | 217                          |
| Салиходжаев Ж. М. .... | 282                          |
| Сафронов А. М. ....    | 21, 87                       |
| Сердюк В. Н. ....      | 46                           |
| Сидор О. Я. ....       | 19                           |
| Сирота С. А. ....      | 22, 25                       |
| Сиченко В. Г. ....     | 110                          |
| Сімоцько Н. М. ....    | 242                          |
| Скобленко В. М. ....   | 13, 14, 16                   |
| Скогарев І. Є. ....    | 269                          |
| Скорик О. О. ....      | 160                          |
| Скосарь В. Ю. ....     | 39                           |
| Слободчиков И. В. .... | 112                          |
| Смирнов В. М. ....     | 304                          |
| Смирнова М. Л. ....    | 338                          |
| Смоляницкий Л. А. .... | 166                          |
| Снитко Л. Ю. ....      | 91                           |
| Снитко Н. П. ....      | 10                           |
| Соболевская М. Б. .... | 22, 25                       |
| Солдатов В. А. ....    | 91                           |
| Солдатов К. І. ....    | 218                          |
| Соломка В. І. ....     | 215                          |
| Сорока М. Л. ....      | 252                          |
| Сороколет А. В. ....   | 76                           |
| Сосновченко А. С. .... | 243                          |
| Спиридонова І. М. .... | 311                          |
| Стахнів Н. Е. ....     | 34                           |
| Сулим А. А. ....       | 90                           |
| Суліман О. М. ....     | 256                          |
| Султан А. В. ....      | 11, 15, 24                   |
| Суслов О. А. ....      | 163                          |

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Сухинский Э. Е. ....   | 260        |
| Суховая Е. В. ....     | 301        |
| Сухоруков Б. Д. ....   | 216        |
| Сушарін Є. В. ....     | 143        |
| Суюнбаев Ш. М. ....    | 140        |
| Сыроватко Ю. В. ....   | 301        |
| Сычев С. Д. ....       | 90, 93     |
| Тальмін М. Є. ....     | 270        |
| Тараненко С. Д. ....   | 157        |
| Таранець О. І. ....    | 139        |
| Тарасова Л. Д. ....    | 240        |
| Татарко Ю. В. ....     | 307        |
| Теличко И. Б. ....     | 22         |
| Тен А. А. ....         | 75, 82, 84 |
| Терьохін В. І. ....    | 254        |
| Тиличко О. В. ....     | 337        |
| Тимошенко В. А. ....   | 213        |
| Тимошенко О. К. ....   | 213        |
| Ткаченко Ф. К. ....    | 292        |
| Товт Б. Н. ....        | 24         |
| Торопов Б. И. ....     | 163        |
| Торопов Б. І. ....     | 184, 185   |
| Торубара И. П. ....    | 243        |
| Трофімов І. Л. ....    | 256        |
| Туманишвили Г. И. .... | 6          |
| Тютюкин А. Л. ....     | 223        |
| Тютюкін О. Л. ....     | 224        |
| Узбек А. В. ....       | 66         |
| Уманов М. И. ....      | 30, 180    |
| Урсуляк Л. В. ....     | 4          |
| Усенко В. В. ....      | 33         |
| Устименко Д. В. ....   | 98, 111    |
| Фадеев В. О. ....      | 188        |
| Фаст Д. А. ....        | 181        |
| Федоров В. В. ....     | 93         |
| Федоров Е. Ф. ....     | 15         |
| Федченко С. П. ....    | 339        |
| Фейерэйзен Е. А. ....  | 66         |
| Филоненко Н. Ю. ....   | 302        |
| Фомін О. В. ....       | 69         |
| Харлан В. І. ....      | 164        |
| Хачапуридзе Н. М. .... | 29, 31     |
| Хижа И. Ю. ....        | 20         |
| Хмелевська Н. П. ....  | 190, 192   |
| Хміль В. В. ....       | 340        |
| Хміль Т. В. ....       | 341        |
| Хозя П. А. ....        | 90         |
| Хоменко И. Ю. ....     | 83         |
| Хорошко О. А. ....     | 95         |

|                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Храмцов А. М. ....      | 309                               |
| Храмцов А. Н. ....      | 286                               |
| Хруш И. К. ....         | 22, 25, 26                        |
| Царенкова И. М. ....    | 202, 203                          |
| Чайковский О. А. ....   | 303                               |
| Чеклова Є. В. ....      | 130                               |
| Челидзе М. А. ....      | 6                                 |
| Чернецкий О. В. ....    | 188                               |
| Чернишова О. С. ....    | 193, 194                          |
| Чернышенко С. А. ....   | 226                               |
| Черняев Е. В. ....      | 182                               |
| Черняев Д. В. ....      | 49                                |
| Черняк Л. М. ....       | 248, 249, 250                     |
| Черняков М. М. ....     | 183, 186, 192                     |
| Чиби́сов Ю. В. ....     | 149                               |
| Чиж Р. В. ....          | 328                               |
| Шалунов Е. П. ....      | 304                               |
| Шандрыга М. А. ....     | 282                               |
| Шаповал А. В. ....      | 91, 93                            |
| Шаповалов А. В. ....    | 96, 307                           |
| Шаповалов В. П. ....    | 306                               |
| Шаповалова О. М. ....   | 305, 306                          |
| Шаптала О. І. ....      | 287                               |
| Шатунов А. В. ....      | 76                                |
| Шевченко В. В. ....     | 3                                 |
| Шевченко Л. В. ....     | 229                               |
| Шевчук О. П. ....       | 225                               |
| Шейніна Н. К. ....      | 231                               |
| Шелейко Т. В. ....      | 87, 89                            |
| Шепотенко А. П. ....    | 48                                |
| Широкобокова Н. В. .... | 279                               |
| Шмаков С. В. ....       | 90, 91                            |
| Шраменко В. П. ....     | 160, 171                          |
| Штапенко Э. Ф. ....     | 308                               |
| Штомпель А. М. ....     | 160                               |
| Щербак Я. В. ....       | 112                               |
| Щербина С. О. ....      | 230, 232                          |
| Щока І. М. ....         | 309                               |
| Щукин А. В. ....        | 175                               |
| Этин Ю. М. ....         | 205                               |
| Юрцевич И. В. ....      | 65, 84                            |
| Ягода Д. О. ....        | 13                                |
| Ягода П. А. ....        | 85                                |
| Яковлев С. О. ....      | 225, 287                          |
| Якубовская З. Н. ....   | 264, 266                          |
| Якунин Д. И. ....       | 113                               |
| Яланський М. І. ....    | 89                                |
| Яновський П. О. ....    | 150, 151, 152                     |
| Яришкіна Л. О. ....     | 229, 236, 237, 239, 240, 242, 252 |





У 2010 році на здобуття державної премії України у галузі науки та техніки висунута робота «РОЗРОБКА, ОСВОЄННЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ СУЧАСНОГО ВАНТАЖНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ НОВОГО ПОКОЛІННЯ». Робота виконана за участю Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, Державної адміністрації залізничного транспорту України, Відкритого акціонерного товариства «Крюківський вагонобудівний завод», Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона, Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут вагонобудування».