

06
154

ISSN 1993-9175

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ



ВІСНИК

**Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

Випуск 17

**Дніпропетровськ
2007**

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

В І С Н И К
Дніпропетровського
національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

Випуск 17

Дніпропетровськ
2007

Редакційна колегія:

Головний редактор д-р техн. наук *Пишінко О. М.*
Заступник головного редактора д-р техн. наук *Мямлін С. В.*
Члени редколегії: д-р біолог. наук *Дворецький А. С.*;
д-ри техн. наук *Блохін Є. П., Бобровський В. І., Боднар Б. Є., Босов А. А.,*
Браташ В. О., Вакуленко І. В., Гетьман Г. К., Дубинець Л. В.,
Жуковицький І. В., Заблудовський В. О., Загарій Г. І., Казакевич М. І.,
Колесов С. М., Коротенко М. Л., Костін М. О., Курган М. Б.,
Петренко В. Д., Пунагін В. М., Радкевич А. В., Разгонов А. П., Рибкін В. В.,
Скалозуб В. В., Хандецький В. С., Шафіт Є. М.;
д-ри фіз.-мат. наук *Гаврилюк В. І., Кравець В. В.*;
д-ри хім. наук *Біляєв М. М., Нейковський С. І., Федін О. В.*;
д-ри екон. наук *Бабіч В. П., Драгун Л. М., Зайцева Л. М.*
Крамаренко В. Д., Покотілов А. А.;
Відповідальний секретар канд. техн. наук *Корженевич І. П.*

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 7704.
Видане Державним комітетом телебачення і радіомовлення України 08.08.2003 р.

Друкується за рішенням вченої ради Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна від 25.06.2007, протокол № 13

Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка
В53 В. Лазаряна. – Вип. 17. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна,
2007. – 274 с.

У статтях наведені наукові дослідження, виконані авторами в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та інших організаціях. Статті присвячені вирішенню актуальних питань залізничного транспорту за такими напрямками: автоматизовані системи керування на транспорті, економіка транспорту, електричний транспорт, залізнична колія, моделювання задач транспорту та економіки, ремонт та експлуатація засобів транспорту, рухомий склад і тяга поїздів, транспортне будівництво.

Вісник становить інтерес для працівників науково-дослідних організацій, викладачів вищих навчальних закладів, докторантів, аспірантів, магістрантів та інженерно-технічних працівників.

В статтях отражены научные исследования, выполненные авторами в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна и других организациях. Статьи посвящены решению актуальных вопросов железнодорожного транспорта по следующим направлениям: автоматизированные системы управления на транспорте, экономика транспорта, электрический транспорт, железнодорожный путь, моделирование задач транспорта и экономики, ремонт и эксплуатация транспортных средств, подвижной состав и тяга поездов, транспортное строительство.

Вестник представляет интерес для работников научно-исследовательских организаций, преподавателей высших учебных заведений, докторантов, аспирантов, магистрантов и инженерно-технических работников.

ББК 39.2

ЗМІСТ

ГАЛУЗЬ ТЕХНІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ»

В. А. АНДРЮЩЕНКО (ДИИТ) АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ВАГОНОВ СОБСТВЕННИКОВ СТРАН СНГ И БАЛТИИ НА ПОЛИГОНЕ ДОРОГИ	7
С. С. БАЙДАЧНЫЙ (Microsoft) ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MICROSOFT SHAREPOINT 2007 ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОСТУПА К НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ РЕСУРСАМ	10
В. К. БАШЛАЕВ, С. Ю. ЦЕЙТЛИН, В. В. ВЕЛИКОДНЫЙ (Приднепровское отделение ПКТБ АСУ ЗТ, Укрзализныця) О СОЗДАНИИ СЕТЕВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ УКРАИНЫ	15
И. Н. ВИШНЯКОВА, С. Ю. РАЗУМОВ (ДИИТ) МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ВУЗОВ	18
А. В. ГОРБОВА (ДИИТ) ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ОБЪЕКТОВ ДОРОГ	22
А. А. ЖИЛЬЦОВА (Компания ArpriorIT) ОТ ИТ-ОБРАЗОВАНИЯ ДО РАБОТЫ В СФЕРЕ ИТ	25
І. В. ЖУКОВИЦЬКИЙ, В. В. СКАЛОЗУБ, А. Б. УСТЕНКО (ДІП) ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ І УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ НА ОСНОВІ АНАЛІТИЧНИХ СЕРВЕРІВ АСК ВП УЗ	28
П. П. НАУМЕНКО (Укрзализныця), В. Д. МИНЕНКО (ПКТБ АСУ УЗ), В. Б. ЗЕМЛЯНОВ (ИСЦ Приднепровской железной дороги) АСК ВП УЗ КАК ОСНОВА ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ	35
А. Н. ПШИНЬКО (ДИИТ), В. В. КОЗАК, С. А. АГЛОТКОВ (Укрзализныця) ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	41
А. П. РАЗГОНОВ, А. В. АДРЕЕВСКИХ, Б. М. БОНДАРЕНКО, Д. А. БЕЗРУКАВЫЙ, А. Ю. ЖУРАВЛЕВ (ДИИТ) МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ РЕЛЕ	43
В. В. СКАЛОЗУБ, О. В. СОЛТЫСЮК, М. С. ЧЕРЕДНИЧЕНКО (ДИИТ) ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОГО ПОТРЕБНОГО ПАРКА ВАГОНОВ ОПЕРАТОРОВ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ	48

РОЗДІЛ «ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ»

Н. Г. ВИСИН, Б. Т. ВЛАСЕНКО, С. А. СОКОЛОВ (ДИИТ) РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В РЕЖИМАХ ТЯГИ И РЕКУПЕРАТИВНО-РЕОСТАТНОГО ТОРМОЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПОЕЗДАХ ЭР2Т	55
Н. Г. ВИСИН, С. А. СОКОЛОВ (ДИИТ, УКРАИНА) ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕОСТАТНЫМ ТОРМОЖЕНИЕМ НА ЭЛЕКТРОПОЕЗДАХ ЭР2Т	59
Л. В. ДУБИНЕЦЬ, Д. В. УСТИМЕНКО, Р. В. КРАСНОВ, О. О. КАРЗОВА (ДІП) МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА З ДВИГУНОМ ДК 406 (ДК 409) ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ЕР2	64

Н. А. КОСТИН, П. Е. МИХАЛИЧЕНКО (ДИИТ) МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ АВАРИЙНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	66
О. О. МАТУСЕВИЧ (ДІПТ) ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ВІРОГІДНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ІУТК АСУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ	72

РОЗДІЛ «ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ»

К. Ц. ГЛАВАЦКИЙ, В. Н. БОГОМАЗ (ДИИТ) НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ КАТКОВ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ПУТИ.....	80
К. Ц. ГЛАВАЦКИЙ, В. М. ПРОСКУРНЯ (ДІПТ) ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ОПОРУ ПЕРЕСУВАННЮ І ПОВОРОТУ ГУСЕНИЧНОГО ТЯГАЧА НА ЗАГАЛЬНИЙ ОПІР РУХУ ПРИЧІПНОГО КАТКА ТА ГЛИБИНИ ПРОСІДАННЯ МАЛООПОРНОЇ ГУСЕНИЦІ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТА РЕМОНТІ КОЛІЇ.....	86
И. П. КОРЖЕНЕВИЧ (ДИИТ) ПОСТРОЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ КООРДИНАТНОЙ МОДЕЛИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕРЕУСТРОЙСТВА ПЛАНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ.....	90
М. Б. КУРГАН, М. А. ЗАЯЦ (ДІПТ) ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОГО РАДІУСА КРИВИХ В ПЛАНІ З УРАХУВАННЯМ РОЗПОДІЛУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	93
В. И. МАТВЕЦОВ, П. В. КОВТУН, А. А. КЕБИКОВ, В. П. КРУПОДЕРОВ, Н. Е. МИРОШНИКОВ, (учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», республика Беларусь) ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛАХ.....	100
В. В. РИБКІН, М. А. АРБУЗОВ (ДІПТ) ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЗА ПОЗДОВЖНІМИ НАПРУЖЕННЯМИ В РЕЙКОВИХ ПЛІТЯХ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ	107
Л. А. СОСНОВСКИЙ, А. А. КЕБИКОВ (учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», республика Беларусь) КРИТЕРИЙ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ И ИХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ	110
М. И. УМАНОВ, В. В. ЦЫГАНЕНКО, А. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР (ДИИТ), Н. В. ХАЛИПОВА (Академия таможенной службы Украины) РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕМОНТА ПУТИ НА ДЛИТЕЛЬНО ЗАКРЫТОМ ПЕРЕГОНЕ И ПО УСТАНОВЛЕНИЮ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ЭТИХ РАБОТ	116

РОЗДІЛ «МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ»

С. В. ГОЛУБ (Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького) О. М. ШОП (Черкаська обласна державна адміністрація) ТЕХНОЛОГІЇ БАГАТОРІВНЕВОГО МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМАХ РЕГІОНАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ	123
В. М. ІЛЬМАН, В. В. СКАЛОЗУБ, В. І. ШИНКАРЕНКО (ДІПТ) УТВОРЮЮЧІ СИСТЕМИ ГРАФІВ.....	127
А. А. БОСОВ (ДИИТ), Г. Н. КОДОЛА (УКРГХТУ), Л. Н. САВЧЕНКО (АИТ) ВЕКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПО ДВУМ ПОКАЗАТЕЛЯМ.....	134
И. В. КУЦЕВИЧ, Н. В. БЕЛОУС (Харьковский национальный университет радиоэлектроники) МОДЕЛЬ КОМПЬЮТЕРНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....	139
Н. А. ЛОШКАРЕВ (ПГАСА) К ВОПРОСУ О СУЩЕСТВОВАНИИ НЕЧЕТНЫХ СОВЕРШЕННЫХ ЧИСЕЛ.....	144
Ф. Ш. МАХКАМОВА (Ташкентский университет информационных технологий, Узбекистан) РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМИТАТОРОВ.....	147
Д. И. МОВШИН (ДИИТ) МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ НА ОСНОВЕ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА	151

Б. Б. НЕСТЕРЕНКО, М. А. НОВОТАРСКИЙ (институт математики НАН Украины) ФОРМАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ.....	156
О. Ю. ПАПАХОВ, А. М. ОКОРОКОВ, О. М. ЛОГВИНОВ (ДІТ) ЗМІНА РОЗРАХУНКОВИХ СКЛАДОВИХ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО РОЗПОДІЛУ ВАГОНОПОТОКІВ НА МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ	162
В. З. ЯНЕВИЧ, А. М. ОКОРОКОВ (ДІТ) ЛОГІСТИЧНИЙ ПІДХІД В УПРАВЛІННІ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	165

РОЗДІЛ «РЕМОНТ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ»

В. М. БЕЗРУЧЕНКО, А. В. ШАПОВАЛОВ, Е. О. ЗАПИШНИЙ (ДІТ) ВПЛИВ ДОПУСКІВ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАГНІТНОЇ ЛАНКИ ДОДАТКОВИХ ПОЛЮСІВ НА СТЕПІНЬ ІСКРІННЯ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ	168
Е. А. БОБЫЛЬКОВА (Брянский государственный технический университет, Россия) ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ И ИЗНОС ПЯТНИКОВОГО УЗЛА ГРУЗОВОГО ВАГОНА.....	171
Г. А. ФЕДЯЕВА (Брянский государственный технический университет, Россия) РЕАЛИЗАЦИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ТЯГОВЫХ УСИЛИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫМ МАНЕВРОВЫМ ТЕПЛОВОЗОМ С ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ	173
Г. А. ФЕДЯЕВА, В. Н. ФЕДЯЕВ (Брянский государственный технический университет, Россия) МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ПЕРСПЕКТИВНОГО МАГИСТРАЛЬНОГО ТЕПЛОВОЗА	176

РОЗДІЛ «РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ»

Е. А. ПИСЬМЕННЫЙ (ДИИТ) ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ОПЫТНЫХ ТЕЛЕЖКАХ	182
И. Е. СКОГАРЕВ, А. Я. КОБОЗЕВ, В. В. ЖИЖКО, Е. А. БОГОМАЗОВА (ДИИТ) СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.....	188
П. А. ЯГОДА (ДИИТ) РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	191

РОЗДІЛ «ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО»

С. В. БОРЩЕВСКИЙ, К. Н. ЛАБИНСКИЙ, С. Ю. ГАЛЕЧКО (Донецкий национальный технический университет) К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ГИДРОСТОЙКОСТИ БЕТОННОЙ КРЕПИ	195
Б. Г. КЛОЧКО, А. В. КРАСНЮК, В. А. МОМОТ (ДИИТ) ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ ДЛЯ БЕТОНИРОВАНИЯ ПОД ВОДОЙ.....	202
В. В. МАРОЧКА, А. П. ВЕРЬОВКА (ДІТ) ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВОЇ РОБОТИ МЕТАЛЕВИХ ФЕРМ ВІД ВІТРОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....	204
О. М. ПШНЬКО, А. В. КРАСНЮК, В. П. ЛИСНЯК, О. В. ГРОМОВА (ДІТ) АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ОЧИЩЕННЯ І УТИЛІЗАЦІЇ ЗАБРУДНЕНОГО БАЛАСТНОГО ЩЕБЕНЮ	209

ГАЛУЗЬ ЕКОНОМІЧНИХ НАУК

РОЗДІЛ «ЕКОНОМІКА ТРАНСПОРТУ»

Є. І. БАЛАКА, О. В. СЕМЕНЦОВА, О. Л. ВАСИЛЬЄВ (Українська державна академія залізничного транспорту) ВИЗНАЧЕННЯ СОБІВАРТОСТІ ТА ТАРИФІВ НА ПРИМІСЬКІ ЗАЛІЗНИЧНІ ПАСАЖИРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ	214
Ю. В. ВОРОНКОВ (Белорусский национальный технический университет) ОБОСНОВАНИЕ МЕСТА КОНТРОЛЛИНГА В УПРАВЛЕНИИ ЗАТРАТАМИ	221
А. В. ГРЕЧКО (НТУУ «КПІ») ТЕОРЕТИКО–МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ	226
Ю. Ф. ДЯЧЕНКО (Київська державна академія водного транспорту) МОНІТОРИНГ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА РИНКУ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ	232
Д. В. ЗАЛІЗНЮК, А. В. ІЛЬМАН, В. М. ІЛЬМАН (ДІТ) ДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ У ВІДКРИТИХ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ	235
К. Ф. КОВАЛЬЧУК, Є. Ю. ЩЕРБАКОВ (НМетАУ) ЗАСТОСУВАННЯ ПАРНОЇ РЕГРЕСІЇ ІЗ ЧІТКИМИ ПАРАМЕТРАМИ НАД НЕЧІТКИМИ ЧИСЛАМИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ ГРОШОВОЇ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК	240
В. І. КОПИТКО (Львівська філія ДІТу) ПРОБЛЕМИ РЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ	243
С. А. КОРЕЦКАЯ (ДИИТ) НЕОБХОДИМОСТЬ МАРКЕТИНГОВО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМ СНАБЖЕНИЕМ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	247
М. І. МІЩЕНКО (ДІТ) ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ГАЛУЗІ КРАЇН СВІТУ	250
Ю. Є. ПАЩЕНКО (Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України) УЧАСТЬ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЬОГО КОМПЛЕКСУ В ІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСАХ	254
Р. В. САВЧУК (НМетАУ) СЕЛЕКЦІЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ З УРАХУВАННЯМ ЇХ АДАПТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ	260
Н. П. СНАЧЕВ, М. С. СТЕПАНОВА (ДИИТ) ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАПАСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ	263
А. А. ШУЛЬГА (ДИИТ) ПРИРОДА ПОДАТКІВ, ФУНКЦІЇ Й ПРИНЦИПИ ОПОДАТКУВАННЯ	270

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ВАГОНОВ СОБСТВЕННИКОВ СТРАН СНГ И БАЛТИИ НА ПОЛИГОНЕ ДОРОГИ

Запропоновано модель нечіткого потокового графу для прогнозування параметрів залізничних перевезень.

Предложена модель нечеткого потокового графа для прогнозирования параметров железнодорожных перевозок.

The model of the fuzzy graph for predicting of parameters of transit by rail freightage is offered.

Важной задачей эксплуатации вагонов является выполнение планов перевозок и обеспечение грузоотправителей вагонным парком. Рациональная организация вагонопотоков обеспечивает ускорение оборота вагонов, сокращение объема маневровой работы и снижение эксплуатационных расходов.

Для перевозок могут использоваться как вагоны инвентарного парка Укрзализныци, так и вагоны собственников стран СНГ и Балтии (иновагоны). Расходы на перевозку иновагонами зависят от ряда таких наиболее существенных факторов, как срок нахождения вагона на полигоне УЗ, станция дислокации, станции погрузки и выгрузки, состояние вагона. Именно эти факторы определяют, могут ли быть эффективно совмещены решение задачи продвижения вагона в направлении администрации-владельца и задачи перевозки груза. В итоге, в зависимости от направления перевозки, использование иновагонов может снизить расходы на перевозку грузов до 40 % по отношению к вагонам инвентарного парка.

Также на параметры вагонопотоков влияет значительное количество субъективных факторов, зависящих от принятых управленческих решений на всем множестве станций сети железных дорог Украины. При этом проведенный анализ данных наблюдений процессов выполнения железнодорожных перевозок показывает, что параметры вагонопотоков не обладают свойствами независимости наблюдений и статистической однородности. Трудности эффективной эксплуатации обусловлены как неопределенностью, так и значительным порядком решаемой задачи, который зависит от количества технических станций, количества вагонов, количества заявок на перевозку. Указанные особенности показывают необходимость автоматизации процесса принятия решений по управлению вагонопотоками.

Для системы такого рода эффективным является использование моделей нечетких величин и построение на их основе экспертной системы, база знаний которой содержит обобщенную информацию о выполнении железнодорожных перевозок.

Предлагаемый подход используется в автоматизированной системе поддержки управленческих решений по эффективному использованию иновагонов. Основными функциями системы являются:

- расчет времени движения от станции дислокации до станции погрузки;
- прогнозирование срока выхода иновагона с территории Украины в случаях использования вагона под погрузку или сдачи порожняком;
- расчет экономической эффективности от использования иновагона по данному маршруту;
- оптимальное планирование находящихся на полигоне дороги вагонов инвентарного парка и иновагонов под погрузку.

Автоматизированная система имеет возможности мониторинга дислокации иновагонов на полигоне дороги, а также отслеживания положения отправленных грузов в пределах Укрзализныци. Важной характеристикой интерфейса программы является возможность построения пользователем иерархии необходимых для мониторинга показателей.

Рассмотрим этапы решения задачи оптимального планирования грузовых перевозок.

Этап 1. Определение расстояний между станциями УЗ.

Эта информация используется для расчетов расходов на пробег вагонов в порожнем состоянии и груженом состоянии отдельно. Используются расстояния для:

- перемещения порожних вагонов под погрузку;
- перемещения груженых вагонов от станции погрузки до станции назначения;

- перемещения иновагона от станции назначения к межгосударственной стыковой станции;
- перемещения иновагона от станции дислокации к межгосударственной стыковой станции для случая, когда вагон под погрузку не используется.

Этап 2. Определение времени движения для иновагонов и времени для грузовых операций.

Для оценки временных параметров можно использовать два подхода. Первый основан на использовании нормативных величин, например среднесуточный пробег порожнего или груженого вагона, единый для дороги или УЗ в целом, среднее время простоя (сутки) под грузовой операцией. Второй подход позволяет учесть особенности конкретного фрагмента железнодорожной сети, а также учесть сложившуюся на текущий момент ситуацию, и основан на обучении модели и прогнозировании временных параметров.

Этап 3. Определение расходов на пробег одного вагона от станции дислокации пустого вагона до станции выгрузки.

Учитывается расстояние и расходные ставки на 1000 вагоно-километров порожнего и груженого пробега при электровозной или локомотивной тяге.

Этап 4. Определение расходов на использование одного иновагона. Включает расходы на пробег, плату за пользование администрации-владельцу с учетом коэффициентов прогрессивного увеличения платы. Учитывается также, что для иновагона, запланированного под погрузку, отнимаются расходы на сдачу порожняка со станции дислокации.

Этап 5. Решение задачи линейного программирования.

Анализ полных расходов показывает, что использование вместо вагонов инвентарного парка иновагонов в попутном направлении дает экономию расходов приблизительно в 2 раза, даже при превышении 15-дневного срока пребывания. Если направление использования ИВ не является попутным, расходы для ИВ не отличаются, или даже превышают расходы для инвентарного парка.

Одной из основных характеристик вагонопотоков, необходимых для расчета экономической оценки эффективности использования вагонов иностранных собственников, является ожидаемое время движения вагонов через заданную транспортную сеть. Для прогнозирования времени движения предлагается использовать модифицированные для случая использования нечетких величин аналоги ГЕРТ-систем, задающих свойства дуг графов сети.

Сетевая модель представлена потоковым графом с дугами, нагруженными нечеткими величинами. Узлам графа соответствуют железнодорожные станции. Дугам графа соответствуют временные и объемные характеристики перемещения вагонопотоков.

В рассматриваемом случае в задаче использования ГЕРТ-моделей выделяются два основных аспекта: – соответствие структурных свойств ГЕРТ-моделей потребностям описания транспортной сети; – возможности учета свойств исходных данных, характеризующих процессы движения вагонопотоков по сети. Первый аспект проблемы описания движения вагонопотоков на основе ГЕРТ-моделей связан с тем, что ГЕРТ-модели могут представлять последовательно-параллельные структуры графов, в то время когда в транспортных системах возможны структуры типа «мостиковых» схем (рис. 1). Таким образом, для построения ГЕРТ-эквивалентов транспортных потоков необходимо выполнить их преобразование в последовательно-параллельную форму, или же в OR-AND представление (рис. 2).

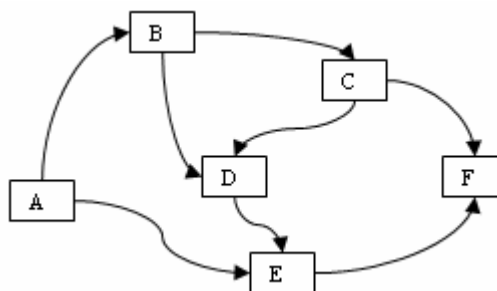


Рис. 1. Потоковый граф до преобразования

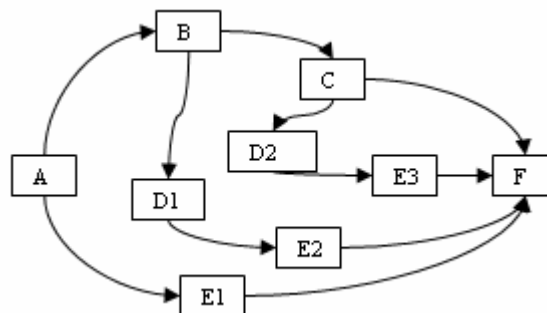


Рис. 2. Аналог потокового графа после преобразования к последовательно-параллельному виду

Второй аспект связан с тем, что в ГЕРТ системах используются вероятностные описания процессов в системе. Для случая оценки характеристик вагонопотоков такое описание может соответствовать нормативному случаю. При учете реальной неоднородности, изменчивости характеристик вагонопотоков, связанных с по-

ездообразованием и др., статистический подход становится недостаточно адекватным процессам грузовых перевозок. В этом случае могут быть эффективно применены нечеткие модификации ГЕРТ систем. Для расчетов параметров нечетких моделей движения вагонопотоков используются данные автоматизированных систем железных дорог Украины.

Основой механизма вывода экспертной системы является преобразование подграфов и расчет нечеткой интегральной характеристики дуги, являющейся эквивалентной заменой нечеткого потокового подграфа. Правила вывода отражают зависимости между параметрами различных фрагментов сети. Условием применения правила вывода является выполнение предшествующей дуги – соответствие фактических характеристик вагонопотока дуги значениям модели. Посылкой правила является характеристика этой дуги, а заключением правила – характеристика последующей дуги. В более общем случае вагонопоток рассматривается распределенным по сети. При этом посылка правила базы знаний представляет собой выполнение не дуги, а нечеткого потокового графа. Заключением правила при этом может являться как нечеткая дуга, так и нечеткий потоковый граф (рис.3). На рисунке слева от текущей станции, которая заштрихована, – выполненный фрагмент сети, соответствующий посылке правила. Справа – фрагмент сети, соответствующий заключению, который подлежит оценке.

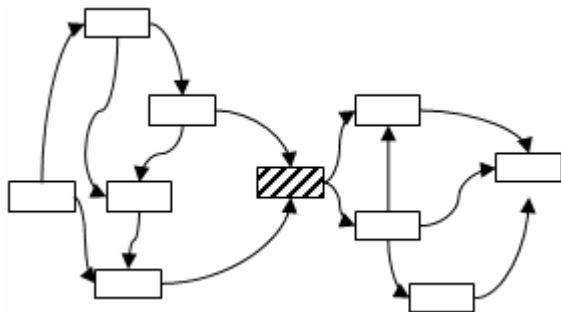


Рис. 3. Фрагмент потокового графа, соответствующий правилу вывода

Нечеткое правило вывода определяется схемой

Условие: x это A'
 Импликация: ЕСЛИ x это A , ТО y это B
 Вывод : y это B' .

Степень принадлежности заключения определяется, как

$$\mu_{B'}(y) = \sup_{x \in X} \{ \min [\mu_{A'}(x), \mu_{A \rightarrow B}(x, y)] \}.$$

В настоящий момент известны различные определения правила нечеткой импликации. Выбор правила должен определяться спецификой области моделирования. В работе рассмотрены следующие правила импликации:

1. Правило Мамдани

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min [\mu_A(x), \mu_B(y)];$$

2. Правило Ларсена

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y);$$

3. Правило ограниченной суммы

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min [1, (\mu_A(x) + \mu_B(y))].$$

Каждое из правил имеет свою специфику в случае последовательного многократного применения. Для правила Ларсена характерным является заниженная степень принадлежности результата, для правила ограниченной суммы – завышенная.

Выводы

Использование модели нечетких потоковых графов позволило описать свойства железнодорожной сети и построить правила вывода, в которых и предпосылки, и заключения представляют собой графы. Предложенная модель используется для прогнозирования параметров вагонопотоков в автоматизированной системе поддержки принятия решений по эффективному использованию иновагонов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В. А. Андриященко, В. В. Великодний, В. В. Скалзуб, С. Ю. Цейтлин. Прогнозирование показателей движения вагонов иностранных собственников на основе нечетких моделей исходных данных // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна. – Вып. 1, 2003, с.84-90.
2. Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

Надійшла до редколегії 10.04.07.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MICROSOFT SHAREPOINT 2007 ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОСТУПА К НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ РЕСУРСАМ

Розглядаються деякі модулі запропонованої узагальненої моделі систем електронного доступу до науково-освітніх ресурсів. У якості реалізації запропоновано продукт Microsoft SharePoint 2007, який є засобом реалізації процесів будь-якої складності та систем управління сайтами та їх змістом. Описані основні можливості цього продукту. Вивчається відповідність Microsoft SharePoint 2007 вимогам до узагальненої моделі систем електронного доступу до науково-освітніх ресурсів.

Рассматриваются некоторые модули предлагаемой обобщенной модели систем электронного доступа к научно-образовательным ресурсам. В качестве реализации предлагается продукт Microsoft SharePoint 2007, являющийся средством реализации процессов любой сложности и систем управления сайтами и их содержанием. Описаны основные возможности этого продукта. Исследуется соответствие Microsoft SharePoint 2007 требованиям, выдвигаемым к обобщенной модели систем электронного доступа к научно-образовательным ресурсам.

Some modules of suggested generalized model of systems of electronic access to research and educational resources are studied. Microsoft product SharePoint 2007 is offered for realization, which can be used for realization of processes of any complication level and systems of sites and content management. Main facilities of this product are described. Conformance of Microsoft SharePoint 2007 to requirements of generalized model of systems of electronic access to research and educational resources is studied.

Введение

В [1] была предложена обобщенная модель системы электронного доступа к научно-образовательным ресурсам (рис. 1).

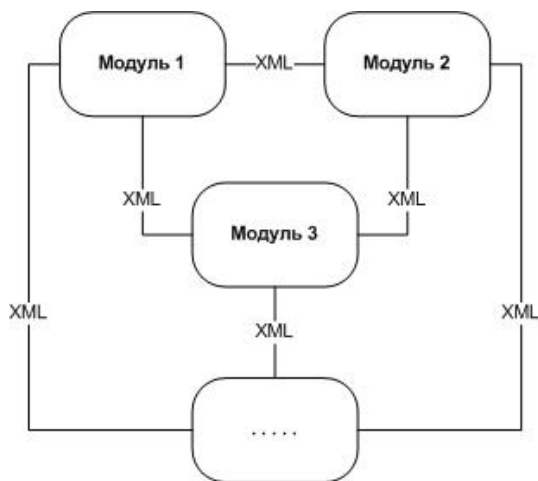


Рис. 1. Обобщенная модель системы электронного доступа к научно-образовательным ресурсам

Система строится на основе сервис-ориентированного подхода и не имеет жесткой привязке к аппаратной и программной платформе. XML Web службы, используемые в качестве

«строительных блоков», позволяют реализовать модель в гетерогенном окружении и применимы к существующей программной инфраструктуре ВУЗа.

Во многих случаях ВУЗ может позволить себе выбрать программную и аппаратную платформу для построения систем электронного доступа к научно-образовательным ресурсам. Очевидно, что выбор должен быть сделан с учетом будущего развития инфраструктуры приложений и тех рекомендаций, которые дают крупнейшие компании по разработке программного обеспечения. Так, компания Microsoft, которая является лидером продаж лицензий на программное обеспечение, предлагает модель оптимизации инфраструктуры приложений [2]. Согласно этой модели инфраструктура приложений должна строиться на основе сервис-ориентированного подхода, а одним из продуктов, предлагаемых для реализации платформы приложений, является Microsoft SharePoint 2007. Этот продукт позиционируется как средство управления сайтами и их содержанием, а также рекомендуется для построения процессов любой сложности. Целью данного исследования является определение, насколько Microsoft SharePoint удовлетворяет требованиям

предлагаемой обобщенной модели, а также выделить те модули, которые можно реализовать с помощью этого продукта.

Возможности Microsoft SharePoint 2007

Основная задача Microsoft SharePoint 2007 – реализовывать системы документооборота внутри организаций любого типа, а также предоставлять механизмы по эффективному созданию порталов любой сложности и управлению содержимым этих порталов. При управлении коллекциями сайтов Microsoft SharePoint 2007 поддерживает множество шаблонов, позволяющих создавать новые иерархии сайтов или расширять существующие. В то же время тут доступна возможность по размещению собственных шаблонов или модификации существующих. Допускаются как простые изменения стилей, так и полные изменения представления сайтов, включая навигацию и механизмы управления. Рассмотрим основные возможности Microsoft SharePoint 2007, которые могут быть полезны при построении систем электронного доступа к научно-образовательным ресурсам.

На рис. 2 показана архитектура Microsoft SharePoint 2007.

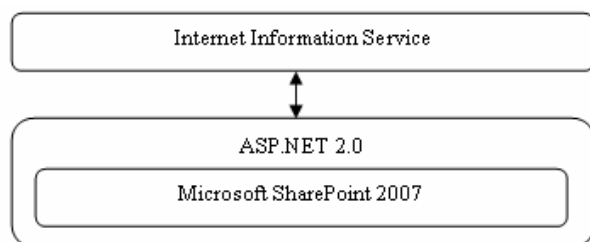


Рис. 2. Архитектура Microsoft SharePoint 2007

Как видно, это приложение выполняется под управлением ASP.NET 2.0. Это означает, что Microsoft SharePoint 2007 обладает всеми возможностями, которые присущи современным Web приложениям, построенным на технологии ASP.NET. Вот некоторые из этих возможностей:

1. Использование эталонных страниц – ASP.NET 2.0 реализует механизм, позволяющий создавать сайты на основе специальных эталонных страниц. Эти страницы включают такие общие элементы как заголовок, элементы навигации, а также задают общую структуру страниц сайта и контейнеры для размещения содержимого страницами сайта, построенными на эталонных страницах. Все сайты Microsoft SharePoint 2007 автоматически поддерживают подход, основанный на

эталонных страницах. Это означает, что заменив или модифицировав стандартную эталонную страницу можно изменить вид всего сайта, что позволят легко получить уникальное решение.

3. Использование навигации и тем – ASP.NET 2.0 поддерживает широкий набор элементов, обеспечивающих навигацию на сайтах, включая различного рода меню, карту сайта и деревья. Все возможности доступны и в Microsoft SharePoint 2007. Например, одним из нововведений навигационных элементов является скрытие пунктов меню, которые недоступны пользователю с заданной ролью. Предыдущая версия SharePoint отображала все пункты и сообщала о недоступности страницы только во время перехода. В версии 2007 пользователь просто не увидит недоступные пункты.

4. Простая конфигурация порталов – все приложения ASP.NET 2.0 могут быть сконфигурированы с помощью графической утилиты администратора, либо через web.config файл. В конфигурационном файле содержатся элементы, которые позволяют включить отладку, трассировку, настроить соединение с базой данных и др. Все эти возможности доступны и в Microsoft SharePoint 2007.

5. Поддержка Form-аутентификации – Microsoft SharePoint 2007 способен реализовывать любой способ аутентификации. Так, предыдущая версия реализовывала только Windows аутентификацию, что требовало ввести всех пользователей в активный каталог. Последнее ограничение не давало возможность регистрироваться и работать через Internet, требовало наличия у пользователей браузера Internet Explorer. Microsoft Share Point 2007 позволяет хранить пользователей в любом хранилище, что дает возможность публиковать сайты в Internet, а также использовать любые типы браузеров и взаимодействовать с SharePoint 2007 с любой платформы.

Поддержка ASP.NET Web частей – фактически все управление содержимым сайтов осуществляется с помощью Web частей, которые представляют собой специальные элементы управления, обладающие некоторыми дополнительными свойствами. Например, Web часть можно разместить на специально оформленной странице в режиме выполнения, Web часть имеет режим редактирования, позволяющие изменить вид и поведение, а также реализует механизмы по хранению текущего состояния. Microsoft SharePoint

2007 выступает контейнером Web частей и позволяет использовать Web части, созданные с помощью технологии ASP.NET 2.0 и такого продукта, как Visual Studio .NET. Подобная унифицированная система разработки позволяет разработчику создавать приложения более эффективно.

Следующей возможностью Microsoft SharePoint 2007 является интеграция с Microsoft Windows Workflow Foundation (WF). Фактически WF является базовым компонентом ядра .NET Framework 3.0 и позволяет:

1. Создавать и запускать приложения, реализующие Workflow на таких платформах как Windows XP, Windows 2003 и Windows Vista.
2. Использовать в своих приложениях множество компонент, предоставляемых вместе с WF, позволяющих реализовывать самые распространенные задачи.
3. Создавать приложения, обладая знаниями одного из базовых языков, изучив минимум дополнительного материала.
4. Создавать собственные компоненты, которые могут быть использованы наряду с уже существующими компонентами в WF.
5. Использовать графический дизайнер, который интегрируется с Visual Studio .NET, а также может использоваться в других приложениях.

Архитектура Windows Workflow Foundation представлена на рис. 3.

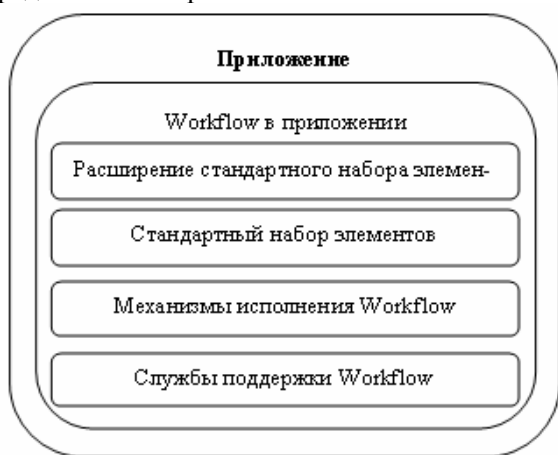


Рис. 3 Архитектура Windows Workflow Foundation

Как видно из рис. 3, компонент Workflow не является независимым приложением, а предназначен для запуска в процессе другого приложения. Приложением, выполняющим Workflow, может быть любое – от консольного и Windows-приложения до Web-приложения, Web-службы и Microsoft SharePoint 2007.

Windows Workflow Foundation позволяет создавать два типа Workflow:

1. Sequential Workflow – обычные последовательные процессы, для которых четко выделено начало и окончание процесса, при этом процесс имеет разветвленную структуру за счет блоков выбора. Подобные Workflow напоминают простые блок-схемы, однако если блок-схемы ограничены небольшим количеством графических блоков (такими как условия и печать), то Workflow имеют значительно большее количество компонент, включая и те, которые может создавать программист.
2. State Machine Workflow – этот тип Workflow представляет собой машину состояний. Предполагается, что процесс или объект находится в некотором состоянии и задана некоторая модель переходов из одного состояния в другое. Для подобного типа Workflow не существует определенного пути – из одного состояния можно перемещаться во множество других состояний, и так до тех пор, пока не будет достигнуто некоторое конечное состояние.

При создании Workflow для Microsoft SharePoint 2007 можно использовать один из подходов:

- создание новых Workflow с помощью мастеров утилиты SharePoint Designer;
- интеграция с Workflow, написанных на Visual Studio .NET.

Среди других возможностей Microsoft SharePoint 2007 можно выделить:

1. Поддержку мобильных устройств – любой сайт, создаваемый под управлением Microsoft SharePoint 2007, автоматически поддерживает мобильные устройства, такие как SmartPhone, Pocket PC и др. Для создания собственных элементов управления и Web частей, компания Microsoft дает четкие рекомендации относительно создания их аналогов и для мобильных устройств.
2. Интеграцию с RSS – любые изменения в списках Microsoft SharePoint 2007 могут быть опубликованы с помощью RSS.
3. Безопасность на уровне элементов списков – Microsoft SharePoint 2007 позволяет установить безопасность не только на папку или отдельный список, но и на отдельный документ.
4. Поддержку версииности – эта возможность позволяет хранить несколько версий одного и того же документа с возможностью прослеживания истории изменений.

5. Журналирование изменений – подобная возможность позволяет эффективно реализовывать приложения, требующие синхронизации данных. Например, приложение клиента может использовать журнал, чтобы определить и загрузить изменения к некоторому курсу.

Сервис-ориентированная архитектура в Microsoft SharePoint 2007

Несмотря на возможности Microsoft SharePoint, этот продукт должен удовлетворять сервис-ориентированному подходу, в противном случае его использование будет ограничено приложениями Windows. Последнее жестко привязывает ВУЗ к платформе Microsoft, что может потребовать пересмотра не только программной инфраструктуры ВУЗа, но и выдвинуть требования к используемым продуктам в учебных классах, а также домашним компьютерам преподавателей и студентов.

Рассмотрим объектную модель Microsoft SharePoint 2007 (рис. 4).

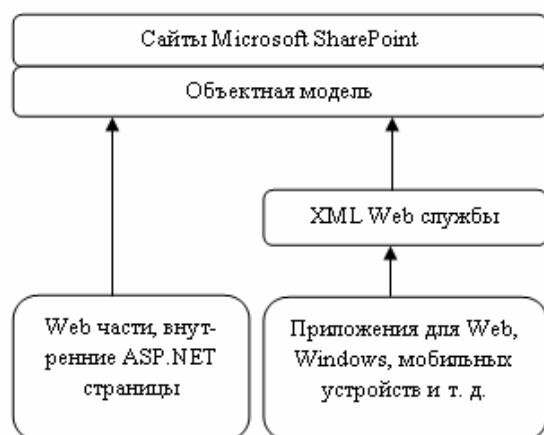


Рис. 4 Объектная модель Microsoft SharePoint 2007

Как видно, объектная модель Microsoft SharePoint 2007 может быть использована как внутренними компонентами, такими как Web части и ASP.NET страницы, так и внешними приложениями. Это возможно благодаря инкапсуляции объектной модели с помощью XML Web служб. Базируясь на общепринятых стандартах [3], XML Web службы могут служить интерфейсом между Microsoft SharePoint 2007 и приложениями, разработанными на любом из языков программирования и работающими на различных платформах. Это позволяет легко интегрировать Microsoft SharePoint 2007 с другими модулями

системы электронного доступа к научно-образовательным ресурсам, независимо от их реализации.

Построение систем электронного доступа к научно-образовательным ресурсам

Рассмотренных возможностей вполне достаточно, чтобы провести исследование того, какие модули обобщенной системы электронного доступа к научно-образовательным ресурсам могут быть реализованы с помощью Microsoft SharePoint 2007. Более детальную информацию о создании ASP.NET приложений и Web частей можно получить в [4], а информация по установке и настройке Microsoft SharePoint 2007 приведена в [5].

Исследование всех составляющих системы электронного доступа к научно-образовательным ресурсам выходит за рамки данной работы, поэтому выделим только такие модули, как:

1. Открытый информационный портал ВУЗа – содержит общую информацию о работе ВУЗа и подразделений, тут размещаются новости, объявления общего характера, информация о конференциях и др. Реализация подобного портала требует возможность анонимного доступа со стороны пользователей и не требует аутентификации.

2. Информационный портал внутреннего пользования – в отличие от открытого информационного портала тут содержится информация, используемая студентами и преподавателями ВУЗа. Предоставляется доступ к такой информации как расписание занятий, консультаций, внутренних мероприятий и любая другая информация, которая не предназначена или просто не интересна внешнему посетителю. Очевидно, такого рода портал должен поддерживать аутентификацию пользователей. Тут может использоваться как Windows, так и Form аутентификация.

3. Систему электронного предоставления курсов – этот компонент является одним из важнейших во всей системе. Речь идет не только об электронном представлении содержимого, но и о реализации сложного процесса, включающего промежуточные тесты, взаимодействие с преподавателем, виртуальные лаборатории и т. д.. Подобный модуль может включать специальные приложения, работающие на компьютерах студентов, которые позволяют кэшировать содержимое курса и выполнять синхронизацию при обновлении материалов.

4. Систему оценки знаний – этот модуль содержит элементы, позволяющие анализировать информацию из различных источников данных, а также позволяет строить отчеты по успеваемости любой сложности. Также сюда входят элементы, позволяющие проводить тестирование студентов как на экзаменах, так и зачетах.

5. Электронный документооборот ВУЗа – последний модуль является необязательным, но может значительно облегчить управление инфраструктурой ВУЗа. Речь идет о компонентах, реализующих начисление стипендий, заработных плат, а также о создании всего спектра отчетной документации, используемой ВУЗом.

Основываясь на описанных возможностях, можно сделать вывод, что продукт Microsoft SharePoint 2007 полностью удовлетворяет задачам первого и второго модулей системы. Он поддерживает и различные типы аутентификации, и большое количество шаблонов, которые включают Web части, позволяющие создавать доски объявлений, расписания и размещать информацию любого типа.

Следующим компонентом является система электронного предоставления курсов. Тут следует выделять хранилище данных, серверную часть и приложения, работающие на компьютерах студентов и преподавателей. Продукт Microsoft SharePoint 2007 может быть использован для реализации серверной составляющей и хранилища данных. Предоставляя интерфейс в виде Web служб, он позволяет разработать спектр клиентских приложений на различные платформы. Благодаря поддержке журналирования задача по синхронизации содержимого значительно упрощается.

Последние два модуля требуют поддержку механизма Workflow, а также интеграцию с решением, позволяющим генерировать отчеты. Как было описано выше, продукт Microsoft SharePoint 2007 интегрируется с такой технологией, как Windows Workflow Foundation, позволяющей создавать системы документооборота любой сложности. В то же время в качестве хранилища

данных Microsoft SharePoint 2007 использует SQL Server 2005, который позволяет с помощью SQL Reporting Service генерировать отчеты любой сложности.

Заключение

В результате исследования можно сделать вывод, что Microsoft SharePoint 2007 полностью укладывается в сервис-ориентированную модель, а также позволяет реализовать ряд модулей системы электронного доступа к научно-образовательным ресурсам. Благодаря разработке собственных решений, Web частей и процессов, этот продукт также может служить базой для интеграции с существующими хранилищами данных и для организации электронного документооборота внутри ВУЗа.

Дальнейшие исследования должны состоять в сравнительном анализе Microsoft SharePoint 2007 с другими подобными решениями. При проведении такого анализа кроме возможностей того или иного решения следует также производительность, надежность, безопасность и общая стоимость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байдачный С. С. Сервис-ориентированная архитектура систем электронного доступа к научно-образовательным ресурсам // Науковий вісник національного гірничого університету. 2007. №3 С. 3-7.
2. Байдачный С. С. Эффективное построение инфраструктуры приложений. // Корпоративные системы. 2007. № 1 – 2. – С. 39–43.
3. <http://w3c.org> // World Wide Web Consortium
4. Байдачный С. С., Маленко Д. А. ASP.NET 2.0: Секреты создания Web-приложений. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007. – 736 с.: ил. – (Серия «Библиотека профессионала»).
5. Bill English Microsoft Office SharePoint Server 2007: Administrators Companion. Microsoft Press, 2007. – 1129 p.

Поступила в редколлегию 15.05.07.

В. К. БАШЛАЕВ, С. Ю. ЦЕЙТЛИН, В. В. ВЕЛИКОДНЫЙ (Приднепровское отделение ПКТБ АСУ ЗТ, Укрзализныця)

О СОЗДАНИИ СЕТЕВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ УКРАИНЫ

Досліджено питання щодо створення єдиної автоматизованої системи керування залізничними вантажними перевезеннями в Україні. Виконано аналіз програмно-технічної архітектури, способів забезпечення єдності інформаційної бази, загальні проектні рішення, проблеми переходу до нової системи.

Исследованы вопросы создания единой автоматизированной системы управления грузовыми железнодорожными перевозками в Украине. Выполнен анализ программно-технической архитектуры, способов обеспечения единства информационной базы, общие проектные решения, проблемы перехода к новой системе.

It is investigational question in relation to creation of the unique automated control system by railways freight transportations in Ukraine. The analysis of programmatic-technical architecture methods of providing of unity of informative base, commons projects decisions transition problems, is executed to the new system.

Ведение

В текущем году Украина стала по-настоящему независимой в области грузовых железнодорожных перевозок в связи с внедрением отечественной автоматизированной системы АСК ВП УЗ, заменившей базовую систему АСОУП, которая была разработана еще в СССР и сопровождалась Российской Федерацией. Новая автоматизированная система управления была создана на основе передовых методов и средств управления базами данных (БД), базами знаний (БЗ), информационного обмена и управления вычислительными процессами в распределенных средах. В нее состав входят более ста основных производственно-технологических задач по управлению процессом перевозок. Дальнейшие перспективы развития АСУ грузовыми перевозками связываются с переходом к общесетевой, единой системе управления, которая должна быть уже не информационной, а информационно-управляющей системой грузовых перевозок железнодорожного транспорта Украины.

Потребности в создании единой АСУ грузовых железнодорожных перевозок

Основой единой АСУ грузовых перевозок Укрзализныци (УЗ) является единая информационная база, с которой работают все участники перевозочного процесса. Единая база обеспечивает однократный ввод информации в систему с дальнейшим ее использованием во всех технологических и управленческих процессах [1].

С точки зрения автоматизированных систем между технологическим и управленческим использованием информации существует определенное различие:

- технологическое использование информации подразумевает ее обработку для ввода в систему новых первичных данных;
- управленческое использование информации означает интерактивный контроль и анализ информации с любой имеющейся в базе степенью детализации и обобщения, но без ввода в систему новых данных.

Возможны два подхода к реализации единой информационной базы рассматриваемой системы:

- централизованное хранение всей БД на единой вычислительной установке, к которой подключены все абоненты системы;
- распределенное хранение информации БД на множестве территориально разнесенных серверных узлов, объединенных в глобальную отраслевую сеть передачи данных.

Для случая централизованного хранения данных схема функционирования системы предельно проста. Однако при этом необходимо учитывать ряд принципиальных недостатков такого подхода. К ним относится следующее:

- очень высокие требования к производительности центрального комплекса и особенно к его программно-техническим средствам долговременного хранения данных. Как следствие этого - высокая стоимость приобретения и эксплуатации такого комплекса (зависимость затрат от производительности вычислительных средств имеет нелинейный характер);

– очень высокие требования к надежности и «живучести» центрального комплекса, так как он не может восстановить (хотя бы частично) потерянные при аварийной ситуации данные из других источников, причем на время восстановления вычислительного процесса парализуется не только управленческое, но и технологическое использование информации по всему полигону УЗ. Учет этих требований также предполагает рост затрат на центральный комплекс;

– «жесткость» схемы функционирования, ограниченная масштабируемость системы при возрастании информационных потоков. При прогнозируемых темпах автоматизации железнодорожного транспорта можно ожидать потребности в удвоении объемов хранимой и перерабатываемой информации каждые 2 – 3 года [2]. С другой стороны, сфера вычислительной техники и информационных технологий – одна из наиболее динамично развивающихся. Все это ведет к практически непрерывному пересмотру требований к такому комплексу и необходимости его частой модернизации или даже замены;

– уникальность подобного комплекса, влекущая за собой специфические квалификационные требования к обслуживающему персоналу, длительную подготовку специалистов по эксплуатации, жесткую привязку к фирме-производителю.

Второй подход свободен от перечисленных недостатков. Однако, для него характерны другие проблемы:

– более сложная схема функционирования, обеспечивающая единство информационной базы отрасли не на физическом, а логическом уровне;

– более высокий (по сравнению с централизованной архитектурой системы) трафик информационного обмена в глобальной отраслевой сети передачи данных, возникающий за счет необходимости дублирования части данных на смежных по вертикали серверных узлах системы.

Идеология АСК ВП УЗ создавалась именно как средство обеспечения логического единства БД грузовых перевозок отрасли при многосерверной архитектуре, что не исключает возможности использования многих проектных решений этой системы при централизованной схеме.

Сравнительный анализ вариантов создания единой сетевой АСУ грузовыми железнодорожными перевозками

Основой единства информационного обеспечения грузовых перевозок в АСК ВП УЗ яв-

ляется так называемая логическая база данных (ЛБД) системы [2]. ЛБД является виртуальной базой данных, поскольку предполагалось, что ни один из узлов АСК ВП УЗ не реализует ее на физическом уровне в полном объеме. При этом хранение и ведение любого атрибута ЛБД должно быть обеспечено не менее чем одним узлом. С другой стороны, единая ЛБД АСК ВП УЗ обеспечивает общее пространство имен, в рамках которого осуществляется межузловой информационный обмен.

Управленческое использование информации при таком подходе реализуется путем автоматического переключения пользователей между серверами разных узлов на основе WEB-технологии, в рамках создания отраслевого Интранета. Тем самым каждый пользователь системы в принципе (ограничивается только его правами) получает интерактивный доступ ко всей ЛБД АСК ВП УЗ.

Обеспечение единства технологического использования информации, по сути, сводится к решению единственного вопроса: какие данные, сопровождаемые на одном узле системы, должны передаваться (дублироваться) на вышестоящий узел. Решение данного вопроса в АСК ВП УЗ опирается на тот факт, что каждому серверному узлу системы соответствует свой «подконтрольный» территориальный полигон. Предполагается, что «наверх» должны передаваться те и только те данные, технологическое использование которых возможно на другом узле системы, на другом полигоне.

Рост сетевого трафика при таком подходе возникает только за счет появления новых «нисходящих» потоков данных, поскольку объемы «восходящих» потоков даже несколько сокращаются (за счет сокращения расстояний передачи и фильтрации данных на каждом из узлов сети).

При построении единой модели перевозочного процесса по централизованной схеме понятие ЛБД является избыточным: оно становится эквивалентным понятию базы данных единого серверного узла [1]. Все же при любой схеме реализации единой системы в силе остаются некоторые основные проектные решения АСК ВП УЗ. К ним в первую очередь относятся:

– иерархическое структурирование (декомпозиция) системы на компоненты;

– объектно-ориентированная организация оперативных данных на основе типовых моделей и унификация доступа к ним;

– интеграция данных всех аспектов перевозочного процесса в логически единую информационную базу;

- реализация управленческого использования информации на основе WEB-технологии;
- реализация информационного обмена в системе на основе XML-технологии.

О переходе к единой сетевой АСУ грузовыми перевозками Украины

В настоящее время создан и эксплуатируется на вычислительных центрах всех шести дорог Украины типовой узел АСК ВП УЗ дорожного уровня. Разворачиваются работы по созданию в той же идеологии типового узла станционного уровня (отличие состоит только в составе реализуемых функций и, соответственно, в составе и детализации используемых моделей). Начаты работы и по «корневому» узлу системы – АСК ВП УЗ государственного уровня. В связи с этим, выбор схемы построения системы (односерверная или многосерверная) становится крайне актуальным, так как от него зависят требования, предъявляемые как к новым узлам, так и к развитию уже существующих программно-технических комплексов.

Простое расширение дорожного полигона соответствующего узла АСК ВП УЗ до масштаба всей Укрзалізнички в принципе не создает особых проблем (если отвлечься от чрезвычайно ответственных вопросов выбора технических средств). Необходимо только определить набор специфических функций для реализации на уровне железнодорожной администрации, которые отсутствуют на узлах системы дорожного уровня. При переходе к односерверному построению системы можно считать, что единый сервер просто «поглощает» в себя все сервера дорожного уровня. Но точно так же он поглощает и все сервера линейного уровня – станции, ВЧД, ТЧ (иначе теряется смысл выбора односерверной архитектуры). Таким образом, приходим к тому, что реализация всех функций узлов АСУ линейного уровня должна осуществляться на физически единой, централизованной базе данных, что не может не отразиться на требованиях ко всем этим системам.

Исторически сложилась ситуация, при которой уже функционирует достаточно много практически автономных АСУ линейного уровня. Одномоментная всеобщая их замена практически не реальна, что подтверждает и опыт внедрения узлов АСК ВП УЗ дорожного уровня. Поэтому реализация односерверной схемы функционирования АСК ВП УЗ предполагает наличие достаточно продолжительного пере-

ходного периода, в течение которого единый центральный узел системы будет по мере готовности «перехватывать» на себя отдельные функции этих АСУ. В течение переходного периода в любом случае сохраняется многосерверная схема построения системы.

Как следует из вышесказанного, выбор варианта построения АСУ грузовыми перевозками отрасли является достаточно сложной задачей, требующей комплексного учета показателей стоимости и надежности, трудоемкости и длительности перехода от существующего положения, трудоемкости и эффективности дальнейшего функционального развития системы. С другой стороны, от этого выбора зависят многие проектные решения систем, разработка которых уже начата. На ближайшее время оптимальной представляется стратегия разработки всех новых систем в существующей идеологии АСК ВП УЗ на единой ЛБД, которую, в случае выбора односерверной архитектуры, можно без принципиальных проблем реализовать как не только логически, но и физически единую базу данных. Для обеспечения этого перехода необходимы соответствующие вычислительные мощности центрального сервера.

Выводы

Проблема создания и перехода к единой сетевой АСУ управления грузовыми перевозками на железных дорогах Украины является актуальной и сложной научно-технической задачей. Ее решение может опираться на развитие универсальных базовых принципов и методов системы АСК ВП УЗ, которая обеспечивает глобальную информатизацию перевозочного процесса. Эффективность и стоимость создания единой сетевой модели управления грузовыми перевозками существенным образом связано с архитектурой системы, вариантами ее реализации, рассмотренными в работе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лецкий Э. К., Кретская З. К., Марков И. В. Проектирование информационных систем на железнодорожном транспорте. М. Маршрут, 2003. – 408 с.
2. Скотт К. Унифицированный процесс. Основные концепции: Пер с англ. – М.: Изд. дом Вильямс, 2002. – 160 с.

Поступила в редколлегию 21.06.2007.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ВУЗОВ

Розглянуті методи автоматизованого складання розкладу занять ВНЗ, основні напрямки розробки, представлені отримані результати по створенню розкладу в напівавтоматичному режимі.

Рассмотрены методы автоматизированного составления расписания занятий ВУЗа, основные направления разработки, представлены имеющиеся результаты по созданию расписания в полуавтоматическом режиме.

It is considered the methods for automation creation of high school's schedule, basic direction of development, describes results of half-automation creation of schedule.

Актуальность задачи

Проблема усовершенствования учебного процесса ВУЗа за счет планирования занятий является известной, ее решением занимались многие ученые и практики по созданию автоматизированных систем. В настоящее время эта проблема остается открытой. Актуальность задачи определяется ростом требований к качеству обучения, планированию работы студентов в условиях дефицита аудиторного фонда и др.

При создании плана расписания занятий необходимо учитывать множество противоречивых и нечетко определенных факторов: занятость преподавателей, аудиторного фонда, наличие основных и альтернативных занятий, а при назначении лабораторных занятий – занятость соответствующих лабораторий.

В статье разработаны методы и средства для совершенствования систем планирования расписания занятий ВУЗов.

Методы автоматизированного планирования расписания

Автоматизация и дальнейшая оптимизация составления расписания занятий является сложной комбинаторной задачей высокой размерности, для решения которого возможно применять методы многоуровневой оптимизации, теории нечетких множеств, генетические алгоритмы, методы экспертных систем, а также передовые технологии разработки программных систем.

Для повышения качества расписания, и уменьшения затрат времени предлагается автоматизировать процесс составления расписания занятий с использованием специализированных генетических алгоритмов (ГА) [1].

ГА используется в связи со следующими свойствами: не известен способ поиска точного

решения задачи, или имеется традиционный способ решения, однако он очень трудоемок. Самым трудным этапом разработки ГА является кодировка хромосомы и вычисления значения фитнес-функции или функции приспособленности.

Для применения ГА считаем, что имеется учебная нагрузка преподавателей, в которой указана следующая информация: о дисциплине; виде занятий; количестве часов в неделю; группах, для которых она читается; преподавателях. Необходимо расставить учебную нагрузку в сетке расписания, где каждая ячейка характеризуется номером недели (числитель/знаменатель), днем недели, номером ленты, номером аудитории [6].

Тогда вариант расписания занятий – это хромосома, а набор расписания занятий представляет собой популяцию. Закодировать хромосому можно такими способами:

- для каждого преподавателя отводится часть хромосомы – сетка расписания, где значением гена будет код учебной нагрузки;

- для каждого преподавателя отводится часть хромосомы – вся его учебная нагрузка, где значением гена будет код ячейки в сетке расписания.

Однако при таких способах кодирования, хромосомы могут содержать недопустимые значения генов, при которых одновременно в одной и той же группе могут проводить занятия разные преподаватели, т.е. популяция может содержать недопустимые решения.

Для оценки хромосомы используется фитнес-функция, которая задается суммой штрафов, которые определяются при декодировании хромосомы. К штрафам можно отнести:

- наличие «окон между занятиями»;

- превышение допустимого количества лект в день;
- превышение допустимого количества лекций в день;
- превышение допустимого количества лекций, которые проводятся друг за другом;
- превышение заданного преподавателем количества рабочих дней в неделю;
- расстановка занятий на те ленты, когда преподаватель не может их проводить (например, заседание Совета, командировка);
- расстановка занятий не на те ленты, которые преподаватель указывает как желаемые и др.

Целью генерации популяции является составление расписания занятий с минимальным значением функции приспособленности.

Другой особенностью предлагаемой системы является анализ альтернативных назначе-

ний объектов, которые являются сложными структурированными вариантами расписания. Для сравнения вариантов используется метод анализа иерархий (МАИ) в различных модификациях [2; 4]. В автоматизированной системе при возникновении различных конфликтных ситуаций по распределению аудиторного фонда, диспетчером строятся различные модели деревьев предпочтений. Такой подход позволяет управлять выбором, наглядно описывает форму решения проблемы по выбору варианта расписания.

Модель задачи выбора расписания формулируется с помощью дерева (рис.1). Для решения задачи используется модифицированный метод анализа иерархий Т. Саати [2], позволяющий упорядочить варианты по интегральным оценкам предпочтений.

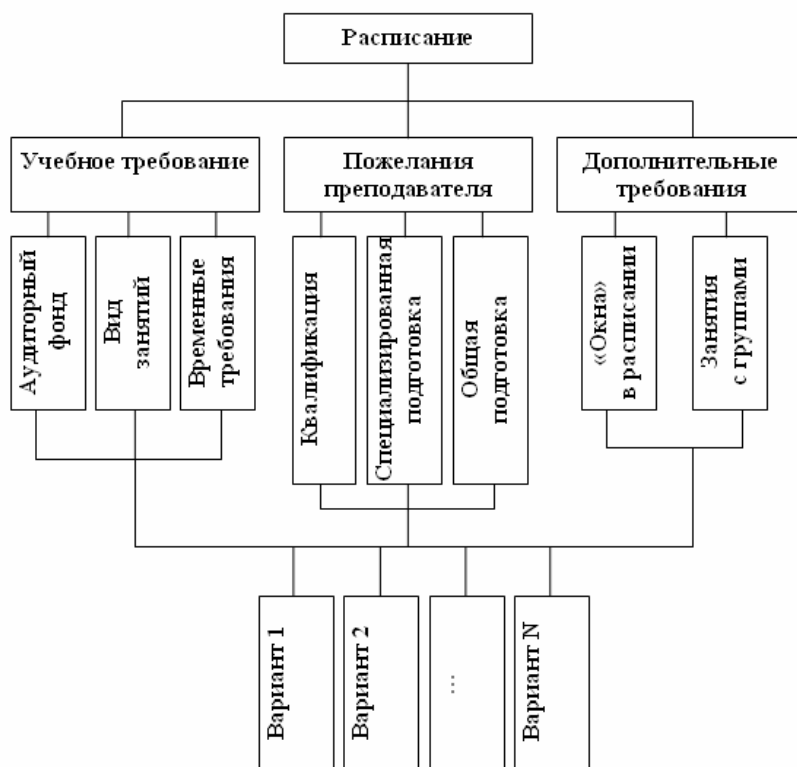


Рис. 1. Модель задачи выбора расписания занятий

Разработка автоматизированной системы составления расписания

В настоящее время для учебного отдела университета была разработана система «Расписание занятий», включающая указанные модели формирования и оценки вариантов. Система состоит из трех основных подсистем: «Расписание занятий», «Расписание модульного контроля» и «Прием, обработка и формирование документации» [5].

Подсистема «Расписание занятий» представляет собой редактор занятий, который предоставляет диспетчеру следующие возможности:

- расстановка потоковых занятий;
- расстановка занятий для групп и подгрупп;
- расстановка занятий для преподавателя;
- расстановка аудиторий для занятий;
- контроль занятости преподавателя, групп, подгрупп и аудиторий;

- контроль за количеством часов в учебной нагрузке и расписании занятий;
- редактирование учебной нагрузки преподавателя и групп.

Подсистема «Расписание модульного контроля» позволяет диспетчеру составлять расписание модульных контролей по дням с помощью редактора.

Подсистема «Прием, обработка и формирование документации» была разработана для

автоматизации документооборота между учебным отделом, кафедрами и факультетами.

Система разрабатывалась в среде Delphi 6. В качестве СУБД использовалась СУБД InterBase 6.

На рис. 2 представлена форма редактора расписания занятий. В верхней части окна располагается расписание занятий (может отображаться на неделю, либо по дням недели).

В нижней части окна располагается информация об учебной нагрузке группы и преподавателя, который ведет данное занятие.

Рис. 2. Окно редактора расписания занятий

На рис. 3 приведен фрагмент заполненного расписания для группы на один день. Как можно заметить, дисциплины расставляются по числителю и знаменателю. Их можно перемещать из одной ячейки в другую. Если какая-либо ячейка не может быть занята, то она выделяется отдельным цветом и содержит соответствующее сообщение (в данном случае для группы нельзя поставить какое-либо другое занятие на 3 и 4 ленты. Причина – у одной из подгрупп практическое или лабораторное занятие. А на ленте №5 по числителю у преподавателя другое занятие). Контроль занятости ячейки осуществляется каждый раз, как только диспетчер выделит дисциплину из учебной нагрузки. Такой режим удобен, поскольку сразу блокирует ячейки, которые недопустимы для преподавателя (если он ведет другое занятие в группе), группы или подгруппы.

Рис. 3. Фрагмент расписания группы

Аналогичным способом отображается расписание подгрупп и преподавателей. Все зависит от того, какой режим формирования расписания выбрал диспетчер: «Группа», «Подгруппа» или «Преподаватель».

В итоге, после формирования расписания с помощью редактора, предоставляется сформировать расписание для печати. Документ может формироваться в нескольких вариантах: для факультета, для кафедры, для преподавателей и для ВУЗа.

Для возможности оценивания полученных вариантов расписания, разработана система, которая позволяет описать иерархию, внести коэффициенты парных сравнений критериев и путем расчета (согласно МАИ [2]) получить наиболее предпочтительный вариант расписания.

На рис. 4 представлена обобщенная схема принятия решения с помощью описываемой программы.



Рис. 4. Обобщенная схема принятия решения в АСУ «Расписание занятий»

Выводы

В статье предложены методы и средства создания автоматизированной системы по разработке расписания занятий университета. Составление расписания рассматривается как комбинаторная задача высокой размерности. Свойства расписания описываются как четкими, так и нечеткими величинами. Для решения задачи предложена модификация метода анализа иерархий и использование генетических алгоритмов. Представлена разработанная в университете АСУ «Расписание занятий», обеспечивающая решение задачи в полуавтоматическом режиме.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В. М. Курейчик. Генетические алгоритмы. Монография. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998. – 242 с.
2. Т. Саати. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: «Радио и связь», 1993. – 311 с.

3. В. І. Шинкаренко, І. М. Сухомлин, С. Ю. Разумов. Особливості переходу до автоматизованого складання розкладу занять університету // Міждержавна науково-методична конференція. Тези доповідей – Д., 2004. С. 219–220.
4. С. Ю. Разумов. К вопросу об автоматизированном построении расписания занятий. // LXVI міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»: Тези доповідей. – Д., 2006.
5. І. М. Вишнякова, С. Ю. Разумов. АРМ «Розклад занять» // Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні технології на транспорті. В промисловості та освіті». Тези доповідей, – Д., 2007. – С. 90
6. І. Н. Вишнякова. Формирование расписания занятий университета с использованием генетических алгоритмов // Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні технології на транспорті. В промисловості та освіті». Тези доповідей, – Д., 2007. – С. 89.

Поступила в редколлегию 28.05.07.

А. В. ГОРБОВА (ДИИТ)

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ОБЪЕКТОВ ДОРОГ

У статті розглядаються питання розробки автоматизованих систем управління для підрозділів залізниць, організації їх робіт та управління даними.

В статье рассматриваются вопросы разработки автоматизированных систем управления для подразделений железных дорог, организации их работ и управление данными.

The questions of development of the automated control for subdivisions of railways systems, organizations of their works and management of data, are examined in the article.

В современных условиях хозяйствования на железнодорожном транспорте для экономии рабочего времени на составление отчетной документации и поиска рациональных путей управления состоянием технических систем и объектов строительства производится автоматизация рабочих мест и внедрение автоматизированных систем управления. Все подразделения железных дорог все больше и больше сталкиваются с проблемой документооборота и отчетности о состоянии всех объектов, находящихся на балансе предприятий. Для решения таких задач в подразделениях железных дорог по различным техническим направлениям разрабатываются и внедряются автоматизированные системы управления (АСУ).

Каждое техническое подразделение на железной дороге имеет свой перечень единиц хозяйствования. Соответственно каждая из этих единиц имеет свою характеристику и маркировку, которая подтверждает отношение указанного объекта к соответствующему подразделению. Все данные по единицам хозяйствования хранятся в архивах и при составлении отчетности за месяц (квартал, год) приходится перебирать вручную большое количество информации, чтобы построить ту или иную отчетную таблицу. Для усовершенствования такой работы и предназначены автоматизированные системы по хранению, изменению, классификации информации о состоянии объектов хозяйствования и составлению необходимых отчетов. Кроме того АСУ позволяет прогнозировать поведение технических систем и объектов строительства в будущем на основании статистической обработки информации за предыдущие годы, планировать своевременное про-

ведение ремонта объектов и информировать о практическом состоянии технических систем на транспорте. Главным условием работы АСУ является формирование баз данных и систематическая своевременная корректировка информации об изменении состояния технических систем. Все вносимые данные в базу АСУ должны быть объективными и запротоколированы соответствующим образом.

Примером такой АСУ является автоматизированная система эксплуатации искусственных сооружений разработанная для службы пути Одесской железной дороги. Эта система предназначена для рационального управления состоянием мостов и других сооружений, эксплуатируемых на железной дороге, с целью образования единой базы данных на дороге по искусственным сооружениям.

Система позволяет заносить все данные, относящихся к искусственным сооружениям, по единому принципу (заполнение формы с правом изменения и корректировки всех данных), сохранение этих данных в базе, печать карточек всех типов сооружений, печать отчетов по данным, хранящимся на данный момент в базе. Все действия понятны для обычного пользователя системы.

Кроме текстовой информации о состоянии, объекты строительства, как правило, имеют графическое представление - в виде рисунка, схемы или диаграммы. АСУ предусматривает хранение графической информации в базе данных в формате CorelDraw (формат cdr). Графический файл этого формата хранит все данные в текстовом виде, что позволяет экономить дисковое пространство и упрощает работу с рисунками, позволяя править их, выходя в редактор из базы

данных, при этом ни качество рисунка, ни размер сохраняемых данных не изменяется.[2]

Как отмечалось ранее, на основании данных, хранящихся в базе, составляются каточки искусственных сооружений и отчеты. Эти данные обрабатываются и выводятся в приложения пакета Microsoft Office: Excel и Word, как наиболее распространенные в применении. Программа формирует отчеты и карточки, после чего эта информация, по желанию пользовате-

ля, сохраняется на жестком диске или распечатывается. Благодаря такому подходу упрощается внедрение АСУ в соответствующих подразделениях. Этот момент влияет на внедрение системы в подразделениях дороги.[2]

АСУ представляет интерес с точки зрения функционирования. Функциональная система изображена в виде диаграммы прецедентов (рис. 1). Эта диаграмма отображает взаимодействие пользователя с системой и ее основные функции.

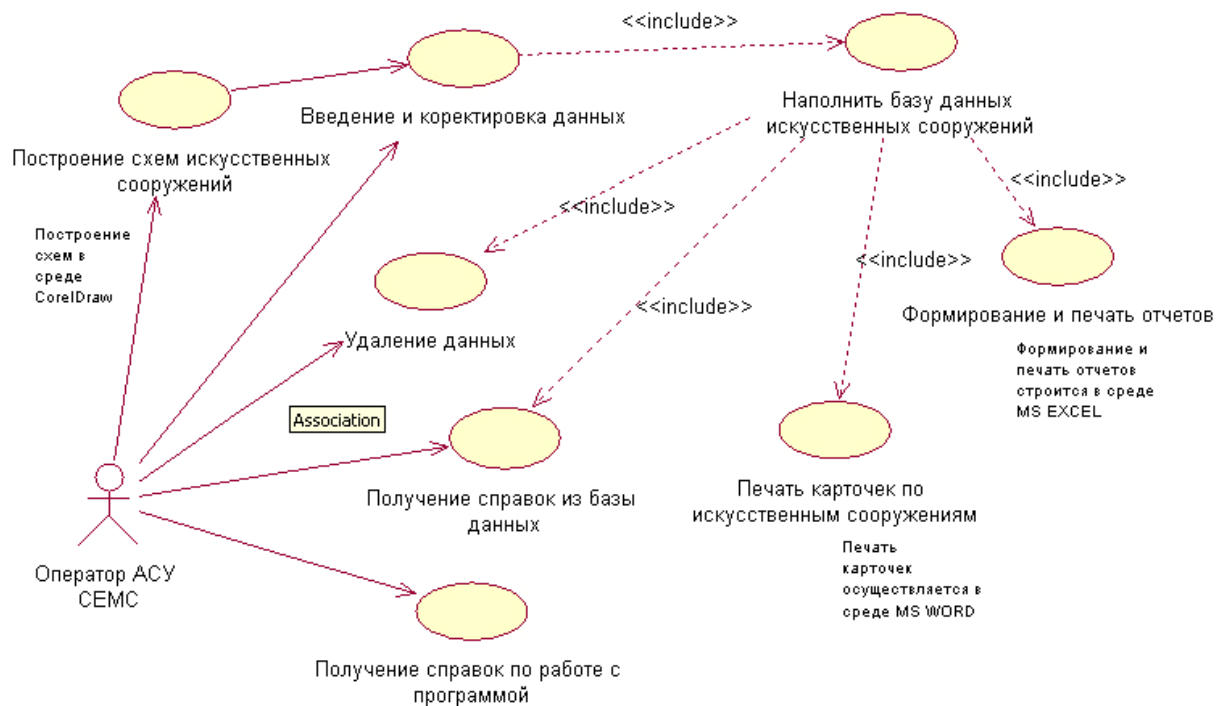


Рис. 1. Диаграмма прецедентов системы

Кроме функциональной рассматривается структурная схема управления данными в системе. В системе представляются данные двух видов:

1. Информационные:
 - данные о конструкциях и сооружениях;
 - графические данные.
2. Справочные данные.

Информационные данные характеризуются максимальным представлением объективных данных по сооружениям. А справочные данные характеризуются наличием данных в базе, заранее установленными нормативными документами [1].

Согласно рис. 2, система выполняет ряд функций по сохранению и хранению как информационных, так и справочных данных. К информационным относятся данные, вносимые по искусственным сооружениям. В процессе наполнения базы данными используются спра-

вочные таблицы (материал сооружения, тип сооружения и другие, регламентируемые нормами дорог и их подразделений). Система работает как с текстовыми, так и с графическими данными. Кроме того, система максимально использует данные базы для выдачи справок, составления отчетов и формирования карточек [1].

Для бесперебойной работы АСУ в базу необходимо занести большой массив данных. Для хранения данных по основным объектам, эксплуатируемым на железной дороге, организованы таблицы «Мосты», «Тоннели», «Трубы и лотки». Для хранения дополнительных данных организованы таблицы «Путь», «Опоры», «Пролетные строения» и «Дефекты». Для облегчения занесения в базу информации о состоянии объектов созданы справочные таблицы: «Линии», «Водотоки», «Общая таблица дефектов», «Тип искусственного сооружения»

и др., которые позволяют хранить повторяющуюся информацию и заносить в таблицы базы лишь код атрибута относящегося к той или иной характеристике. Все поля таблиц базы соответствуют типу предполагаемых данных, легки в работе и привычны для сотрудника соответствующего подразделения, заносящего информацию в базу.



Рис. 2. Схема управления данными в АСУ

Разработанная АСУ не сетевая и рассчитана на одного пользователя из-за отсутствия сети между отдаленными подразделениями. Перспективной является компьютеризация подразделений и объединение их в локальную (Intranet), а в будущем и глобальную (Internet)

сети. При объединении отдаленных подразделений в сеть, АСУ становятся необходимой составляющей единой системы управления состоянием технических систем и объектов строительства на железных дорогах Украины.

Внедрение автоматизированных систем управления является перспективным направлением для автоматизации текущего содержания и прогнозирования поведения технических систем и объектов строительства в реальных условиях эксплуатации. Автоматизация процессов текущего содержания, планирование ремонтов и создание планов дальнейшей эксплуатации объектов хозяйствования на железной дороге позволит значительно сократить капиталовложения на их содержание, позволит продлить долговечность и повысить их надежность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бокарев С.А. Управление техническим состоянием искусственных сооружений железных дорог России на основе новых информационных технологий. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2002. – 276 с.
2. Соломка В. І., Рикіна В. Л., Горбова О. В. Автоматизована система експлуатації штучних споруд та перспективи її впровадження. Зб. наук ст. «Дороги і мости» – К., 2006. – С. 239–245.

Поступила в редколлегию 15.05.07.

ОТ ИТ-ОБРАЗОВАНИЯ ДО РАБОТЫ В СФЕРЕ ИТ

В даній статті розглянуто проблеми невідповідності змісту освіти в сфері інформаційних технологій вимогам та очікуванням роботодавців ІТ-сфери. Наведено деталізацію проблеми у різних її проявах, запропоновано ряд шляхів поліпшення існуючої ситуації. В статті міститься опис інформаційного порталу, присвяченого вищій, додатковій освіті та працевлаштуванню, як одного з елементів вирішення існуючих проблем.

В данной статье рассмотрены проблемы несоответствия содержания образования в сфере информационных технологий требованиям и ожиданиям работодателей ИТ-сферы. Приводится детализация проблемы в разных её проявлениях, предлагается ряд путей улучшения существующей ситуации. В статье представлено описание информационного портала, посвящённого высшему, дополнительному образованию и трудоустройству, как одного из элементов решения существующих проблем.

This article is devoted to the problems of discrepancy between the content of the higher IT-education and requirements and expectations of employers in IT- sphere. The problem is worked out in detail in its different manifestations, and some ways to improve existing situation are proposed. Article also represents the description of informational portal dedicated to the higher and complementary education and also job placement as one of the elements of resolving existing problems.

Проблема ИТ-образования: несоответствие ожиданий работодателей и навыков выпускников

Тема современного ИТ-образования в классических ВУЗах давно уже стала привычной. Рынок информационных технологий – едва ли не самый быстро развивающийся в современном мире. Огромное количество новейших разработок ежегодно существенно изменяет его. Что же касается классического высшего образования в рамках компьютерных наук, оно не отличается подобными темпами развития, можно даже сказать, что оно значительно отстаёт.

В этих условиях неизменно возникает такая проблема как несоответствие навыков, получаемых студентами компьютерных специальностей, и требованиями современного рынка информационных технологий. Другими словами, учат студентов одному, а на реальной работе требуется от них подчас совершенно другое. Проблему такого несоответствия замечают обе стороны: и выпускники, озабоченные своим трудоустройством, и работодатели, заинтересованные в квалифицированных кадрах.

Попытаемся детализировать причины возникновения подобного несоответствия. Естественно, все предложенные нами аспекты будут взаимосвязаны.

Первой причиной нам видится устаревший материал, предлагаемый студентам. Программы многих курсов, связанных с ИТ, не пересматриваются годами. В связи с этим они теряют связь с реальным положением вещей, кажутся, да и являются, оторванными от действительности. Естественно, что студенты часто считают их неинтересными и бесполезными для своей дальнейшей деятельности.

Ещё одной причиной можно назвать дисбаланс между теоретическими и практическими навыками с явным перевесом в сторону теории. Вне сомнений, фундаментальные знания необходимы специалисту, однако любое знание становится навыком лишь после того, как оно было опробовано на практике. Если студент будет видеть участие того или иного фундаментального положения в актуальных компьютерных разработках, ему легче будет усвоить материал и применить эти результаты в своей работе. Таким образом он приобретает полезный опыт. Другой аспект упомянутого дисбаланса – недостаточное учебное время, отведенное для получения сугубо прикладного знания, изучения конкретных и актуальных разработок, приложений, языков программирования. Это приводит к тому, что молодому специалисту сложно сразу устроится на работу без дополнительного самостоятельного изучения большого объёма материала. У работода-

телей же возникает потребность дополнительной подготовки новых работников, причём обучения не конкретной специфике той или иной деятельности в рамках компании, а обучения базовым практическим навыкам.

Отсутствие связи с практикой имеет ещё один аспект. Подчас студент не представляет, какими бывают реальные задачи в рамках его специализации, а значит, он не ознакомлен с конкретными возможными подходами к их решению, их спецификой. Результат – столкнувшись с первой же реальной задачей, молодой специалист не знает даже, как к ней подступиться, с чего начать, на что обратить внимание.

И ещё одной причиной несоответствия запросов рынка знаниям выпускников является банальное незнание требований к современному ИТ-специалисту. Какими навыками он должен обладать? Какие задачи уметь решать? Какие подходы и разработки сейчас наиболее актуальны? Знание ответов на эти вопросы помогает студенту скоординировать своё обучение и самообучение, а впоследствии найти достойную работу.

Предлагаемые пути решения

Описав имеющиеся проблемы, перейдём к описанию возможных путей их решения.

Первым и самым очевидным шагом к изменению ситуации является внедрение передового опыта в сфере ИТ в процесс обучения. Этот путь предусматривает переработку имеющихся программ курсов, связь их с современным положением вещей в ИТ-индустрии. Здесь может оказаться очень полезным взаимодействие с людьми, реально занимающимися разработкой ИТ-продуктов.

Главным шагом на пути решения описываемой общей проблемы нам кажется тесное сотрудничество практиков (то есть людей, работающих в информационной сфере, в том числе работодателей) и преподавательского состава ВУЗов. Очевидно, эти люди заинтересованы в достижении общей цели, и эта цель – квалифицированные специалисты, настоящие профессионалы, которые, качественно работая для личного благополучия, обеспечивают укрепление позиций всей национальной компьютерной сферы и экономики в целом. Подобный диалог между «готовящими» и «принимающими» просто необходим, хотя бы для того, чтобы выработать некое общее видение этой цели.

Сотрудничество между представителями компаний и кафедрами может развиваться в разных направлениях. Так, например, ведущие специалисты компании могут быть приглашены для прочтения нескольких лекций по той или иной актуальной тематике. Опыт таких лекций имел место, в том числе и в ДНУЖД (ДИИТе), когда со студентами встречались разработчики нашей компании. В частности были рассмотрены темы, затрагивающие ситуацию на рынке современных ИТ, основы реверсивной инженерии, разработки драйверов и т.п. Подобные лекции были прочитаны и в других ВУЗах Украины.

Ещё одним направлением сотрудничества может быть предоставление кафедрам актуальных интересных материалов, профессиональной литературы. Также интересным видом сотрудничества является предложение компаниями студентам своих заданий, так или иначе согласующихся с реальными задачами разработки. Это поможет разнообразить практические занятия и даст студентам возможность представить, с какого рода заданиями они столкнутся в рамках своей будущей профессиональной деятельности.

Вторым важным шагом на пути повышения качества ИТ-образования является расширение информационного кругозора как преподавателей, так и студентов. В мире существует масса возможностей для углубления своих знаний, апробации своих сил, приобретения навыков и опыта. Проходят многочисленные международные конкурсы для молодёжи, предлагается масса курсов дистанционного обучения, бесплатных лекционных материалов, программ обмена. Богатейшим источником для подобной информации служит Интернет.

Информационный портал об образовании и трудоустройстве

Нельзя сказать, что идеи создания подобного информационного портала в Сети не возникали ранее. Однако, анализ существующих ресурсов позволил нам выявить ряд имеющихся, на наш взгляд, недостатков. Среди них можно отметить отсутствие чётко выраженной ориентации на проблематику высшего образования, преимущественное обращение к преподавателям, а если же обращение идёт к студентам, то сразу появляется развлекательный элемент. Часто подобные ресурсы представляют только одну точку зрения. Для них характерно недостаточное количество

аналитических статей и работ студентов, отсутствие оригинальных, авторских материалов.

Важной чертой рассматриваемых порталов является их коммерческий характер, что накладывает определённый отпечаток на содержание. Если же проект является некоммерческим, то, как правило, он не обладает достаточными ресурсами для того, чтобы предоставить наиболее полную информацию и организовать её максимально удобным способом.

Рассуждая подобным образом, мы пришли к мысли о создании единого информационного портала для студенческой молодежи и преподавателей. Этот портал стал некоммерческим проектом нашей компании.

Следует отметить, что описанные выше проблемы хоть и проявляются наиболее ярко в области ИТ-образования, присущи и другим областям высшего образования. А потому тематикой информационного портала стало высшее и дополнительное образование Украины в целом.

Главная задача портала trajectory.org.ua – информирование о возможностях и их предоставление. Основной идеей является рассказать молодёжи об имеющихся возможностях в плане повышения своего образовательного и профессионального уровня, а также возможного трудоустройства.

Портал содержит информацию в виде справочников, где можно найти сведения о молодёжных организациях, полезных ресурсах, доступных стипендиях, грантах, проводящихся конкурсах и т.п. Также trajectory.org.ua предоставляет своим пользователям репозиторий лекционных материалов преподавателей известнейших ВУЗов, предоставленных в рамках открытых инициатив. Ввиду того, что портал содержит много информации, большое внимание уделяется её максимально удобной организации.

Помимо этого задачей портала является предоставление платформы для общения людей, действующих в сфере образования. Авторы

портала пишут аналитические статьи на актуальные, интересные темы, также существует регулярно обновляемый раздел новостей по темам образования и науки. Естественной частью портала является форум. Стать автором портала может любой, тем самым получив возможность выразить свои мысли, заявить о себе, а также попробовать себя на ниве журналистики.

Существенной частью проекта является раздел связанный с трудоустройством. Здесь мы поставили перед собой несколько задач. Первая – это дать слово работодателям с тем, чтобы они сами рассказали будущим специалистам, какие требования к ним будут предъявлены, какие навыки будут необходимы для работы. Портал помогает организовать обмен сведениями касательно того, какие места для прохождения практики предоставляются, а также размещает как вакансии, так и резюме студентов и молодых специалистов. Статьи, написанные работодателями и ведущими специалистами компаний, как нам кажется, интересны как студентам, так и преподавателям.

В основе работы портала trajectory.org.ua лежат следующие принципы:

- предоставление актуальной и полезной информации;
- организация данных максимально удобным способом, с тем чтобы пользователь мог получить ответ на интересующий его вопрос, не прибегая к дополнительному поиску по Сети;
- создание и размещение оригинальных аналитических материалов;
- создание всех условий для общения между пользователями портала, поощрение диалога между работодателями и преподавателями, работодателями и студентами;
- ориентация на ценности образования и самообразования, а также профессиональной работы.

Поступила в редколлегию 15.05.07.

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ І УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ НА ОСНОВІ АНАЛІТИЧНИХ СЕРВЕРІВ АСК ВП УЗ

Запропоновано підхід і головні принципи щодо перетворення автоматизованих систем управління процесами вантажних перевезень у системи підтримки прийняття управлінських рішень персоналу з використанням відповідних сучасних засобів моделювання та оптимізації. Показано, що такі функції доцільно втілити в процесі розробки спеціальних підсистем АСК ВП УЗ – аналітичних серверів.

Предложен подход и основные принципы преобразования автоматизированных систем управления процессами грузовых перевозок в системы поддержки принятия управленческих решений персонала с использованием современных средств моделирования и оптимизации. Показано, что такие функции целесообразно воплотить в специализированные подсистемы АСК ВП УЗ – аналитические серверы.

Approach and main principles is offered in relation to transformation of the automated processes control systems of freight transportations in the systems of support of decision-making administrative personnel with the use of the proper modern facilities of design and optimization. It is rotined that it is expedient to incarnate such functions in the process of development of the special subsystems of АСК ВП УЗ – analytical servers.

Вступ

Для ефективного рішення задачі управління вантажними перевезеннями уже кілька десятиріч використовуються комп'ютерні інформаційні системи. Перехід до ринкових відносин та розподілення загального вагонного парку за участю як держав-власників, так і приватних структур призвели до суттєвого ускладнення процесу управління перевезеннями і водночас зробили першочерговими економічні фактори використання вагонів.

Нещодавно в Укрзалізниці (УЗ) для управління вантажними перевезеннями введено інформаційну систему нового покоління – «Автоматизована система керування вантажними перевезеннями УЗ» (АСК ВП УЗ), яка відповідає вимогам до сучасних масштабних корпоративних систем [1; 2]. Відкрита архітектура АСК ВП УЗ дозволяє вести роботи з автоматизації різних аспектів управління вантажними перевезеннями. Сьогодні система АСК ВП УЗ здатна ефективно вирішувати задачі із збирання та оброблення інформації про хід вантажних перевезень [3]. У рамках АСК ВП УЗ ефективно і з мінімальними додатковими доробками, які не впливають на структуру, організацію і супровід діючих інформаційних моделей баз даних, можуть бути вирішені задачі математичного моделювання та управління процесами вантажних перевезень, які використовують вихідні дані у формі часових послідовностей, рядів спостережень. Разом з

чим в системі ще не створено уніфікованих підсистем – засобів для підтримки управлінських рішень персоналу з використанням методів дослідження закономірностей, діагностування, прогнозування та оптимізації процесів перевезень на основі даних моніторингу та моделювання. Зрозуміло, що такі підсистеми матимуть ряд спільних функцій та повинні спиратися на спільні методи їх реалізації, тож доцільно координувати їх створення і підготувати засади до їх певної уніфікації. У цій статті для означення подібних підсистем управління використовується термін «Аналітичні сервери» – АС.

Призначення та принципи створення Аналітичних Серверів

Призначення АС полягає в тому, щоб, спираючись на інформаційний фундамент АСК ВП УЗ, забезпечувати безпосередню інформаційну підтримку управлінських рішень керівного, інженерно-технічного та диспетчерського персоналу УЗ (рис. 1).

Орієнтація на ефективність підтримки конкретних управлінських функцій визначає необхідність створення комплексу або сімейства АС, які мають спеціалізуватись на різних типах задач управління вантажними перевезеннями: управління вагонними парками (АС УВП), управління локомотивними парками (АС УЛП), тощо.

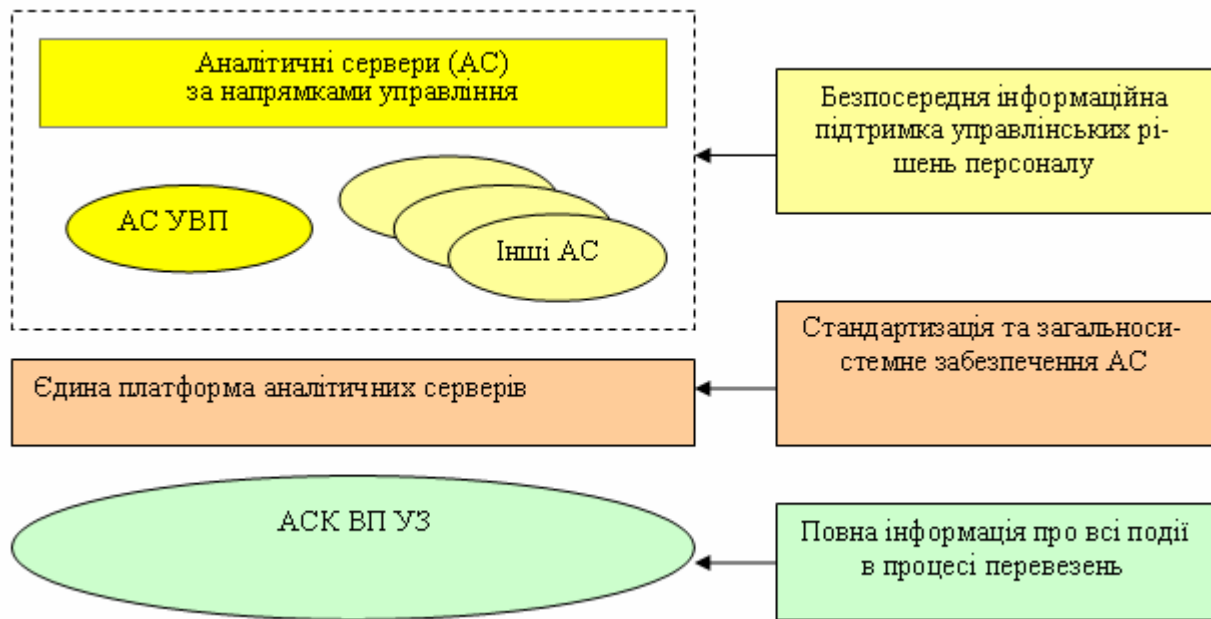


Рис. 1. Призначення АС і їх взаємодія з АСК ВП УЗ

Разом з тим, згідно з сучасними підходами до створення інформаційних систем, є доцільним використання спільної платформи, в рам-

ках якої вирішуються питання стандартизації та загальносистемного забезпечення АС.

Огляд загальних принципів створення аналітичних серверів, наведений на рис. 2.



Рис. 2. Огляд принципів створення АС

Ці принципи згруповані по наступним категоріям:

- формування та використання інформаційної бази;
- взаємодія з користувачами;
- системна організація.

Принципи створення та використання інформаційної бази полягають в тому, що АС мають спиратися на повну інформаційну базу АСК ВП УЗ, оперативні та архівні дані, які відображують стан та історію всіх об'єктів вантажних перевезень, і на статистичну базу даних системи.

Засобами АС повинно виконуватись автоматизоване створення «бази знань», яка включає результати поточної обробки первинних даних («очищення», кластеризація, апроксимація тощо), орієнтованих на задану область прийняття рішень. Використання методів обробки знань має суттєво підвищити ефективність рішення типових задач підтримки управління (діагностика станів процесів, прогнозування, вибір оптимальних за встановленими критеріями рішень тощо).

Для вирішення задач прогнозування динаміки технологічних процесів та оптимізації управління АС має використовуватись структурована сукупність математичних моделей, які відповідають різним рівням управління та використовують набір сучасних технологій моделювання (зокрема, апарат нейронних мереж, імітаційних моделей, нечітких моделей управління тощо).

Для оцінки управління та його оптимізації мають широко використовуватись економічні показники ефективності в сукупності з традиційними експлуатаційними показниками.

Принципи взаємодії АС з користувачем виходять з того, що в рамках АС мають бути реалізовані як суто інформаційний, так і інформаційно-радіальний режим підтримки управлінських рішень. В останньому випадку використовується інтерактивний режим взаємодії АС та користувача при виборі оптимальних управлінських рішень, коли досвід та більш детальна інформованість управління про особливості оперативної ситуації поєднуються з широкими можливостями системи з кількісної оцінки ефективності варіантів управління та зручного відображення ситуації управління.

Згідно з колективним характером процесу управління АС повинен створювати інформаційне середовище для ефективної підтримки взаємодії управлінців різних рівнів у відповідності до їх компетенції та відповідальності.

Принцип стандартизації послуг АС виходить з того, що при наявності широкого кола різноманітних інформаційних послуг вони про-

понуються користувачеві у чітко специфікованому вигляді, який дозволить легко орієнтуватись в їх призначенні та якісних характеристиках. Стандартизація повинна підвищити ефективність планування та розробки нових інформаційних сервісів згідно з реальними потребами користувачів.

В АС стандартизація графічно-текстового клієнтського інтерфейсу має виконуватись з урахуванням вимог основних категорій користувачів. Попередньо до найбільш важливих груп користувачів можна віднести керівний персонал структурних підрозділів, який здебільшого зосереджений на аналізі даних оперативної звітності, а також диспетчерський персонал, якому потрібна інформація про оперативну ситуацію на керованому полігоні залізниці.

Принципи системної організації АС засновані на відкритості архітектури як фундаментального принципу сучасних інформаційних систем. Зокрема, відносно аналітичних серверів це означає пристосованість платформи до розширення складу розроблюваних АС, а конкретних аналітичних серверів – до розширення складу їх інформаційних послуг. Разом з тим необхідно забезпечити погодженість платформи АС з принципами розвитку АСК ВП УЗ. Цьому сприяє те, що архітектура АСК ВП УЗ передбачає стандартизовану взаємодію з серверами прикладних програм, до яких безпосередньо належать АС.

Модульність програмного забезпечення також є нині практично обов'язковою рисою сучасних інформаційних систем. Відносно АС модульність має втілюватись зокрема в створенні комплексу відносно самостійних та пристосованих до самостійного використання і комплексування програм-сервісів, які виконують певні завершені функції інформаційного обслуговування клієнтів з певними характеристиками якості. Такий підхід має скласти основу для ефективної автоматизації генерації клієнтських робочих місць (АРМ) в рамках АС.

Виходячи з перспективи створення сімейства АС, які мають вирішувати різноманітні типи задач підтримки управління, доцільно передбачати використання широкого спектру програмно-технічних рішень відповідно до особливостей таких задач. Зокрема це стосується можливості використання з боку АС власних апаратних ресурсів та ресурсів вузлів АСК ВП, а також розподілення ресурсів в рамках схеми клієнт-сервер.

При наявності широкого спектру апаратно-програмних рішень по створенню АС доцільно віддавати пріоритет сучасним веб-технологіям. В рамках таких технологій нині створений ряд

стандартних рішень, які забезпечують ефективні комунікації при наявності інформаційної безпеки та досить розвинутого текстово-графічного інтерфейсу користувачів. Динаміка розвитку цих технологій та їх загальна прийнятність підтверджують перспективність їх використання при створенні АС.

Загальна схема функціонування АС в складі АСК ВП УЗ

На рис. 3 наведена загальна схема, що відображує функціонування аналітичних серверів в складі АСК ВП УЗ. Тут виділяються три рівні, на яких відбувається функціонування АС:

- рівень апаратно-програмних засобів (АПЗ) ядра АСК ВП УЗ;
- рівень АПЗ власно аналітичних серверів (АС);
- рівень АПЗ клієнтів АС.

Нижче пояснюються особливості взаємодії цих рівнів стосовно трьох базових функцій інформаційних систем – ведення бази даних, рішення прикладних задач (обробки даних) та відображення результатів обробки для користувачів.

АПЗ ядра АСК ВП УЗ насамперед забезпечують ведення бази даних, якою користуються задачі АС. Тут також можуть функціонувати деякі програми обробки даних (наприклад, програми для формування “бази знань”). Важливо підкреслити, що згідно з архітектурою АСК ВП УЗ аналітичні сервери, як правило, мають функціонувати в рамках конкретних вузлів системи. При цьому вони спираються на єдину логічну базу даних, в межах якої відбувається обмін даними між фізичними вузлами АСК ВП УЗ (рис. 3).

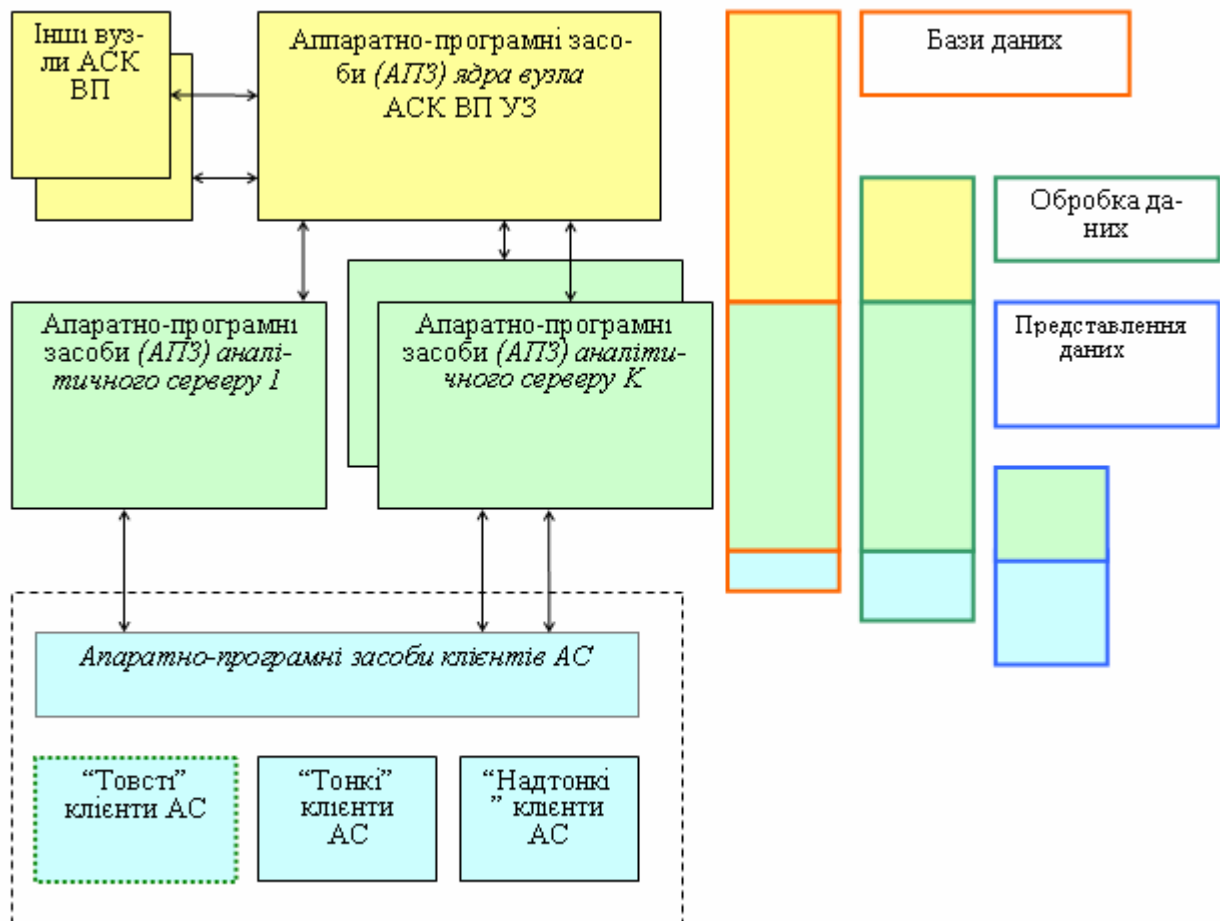


Рис. 3. Схема взаємодії АС з клієнтами та ядром АСК ВП УЗ

АПЗ власно АС (це можуть бути апаратні сервери, які функціонують під управлінням власної операційної системи) забезпечують виконання більшої частини прикладних задач АС та задач управління взаємодією з клієнтами. На цьому рівні також можуть вестися локальні ба-

зи даних аналітичних серверів (наприклад, даних, які необхідні для адміністрування клієнтів АС або для рішення локальних задач оптимізації). Ці АПЗ можуть також вирішувати задачі представлення даних для користувачів (наприклад, при створенні АС на базі веб-рішень про-

грамна реалізація текстово-графічного інтерфейсу користувача значною мірою відбувається на сервері). Функції, що покладаються на АПЗ клієнтів (клієнтські комп'ютери) можуть бути досить різними згідно із задачами відповідних робочих місць. Згідно із технічною політикою розвитку системи АСК ВП УЗ, перевага віддається так званим «тонким клієнтам» – рішенням, які мінімізують вимоги до супроводження клієнтських АПЗ за рахунок виконання більшості функцій системи в її серверній частині. Стосовно АС будемо розуміти під «тонкими клієнтами» ПК користувачів, на яких не ведеться власна база даних (що потребує використання

ПЗ системи управління базами даних), а розміщуються лише ПЗ для виконання прикладних програм та відображення даних. Варіантом такого рішення при використанні такого рішення при використанні веб-технологій є «надтонкий клієнт», де на ПК користувача може використовуватись лише стандартна програма-браузер. Відзначимо, що схема рис. 3 допускає при необхідності реалізацію так званих «товстих клієнтів», на яких можуть функціонувати ПЗ системи управління базами даних. Саме для таких випадків на рис. 3 відображена можливість реалізації функцій ведіння бази даних на рівні АПЗ клієнтів.

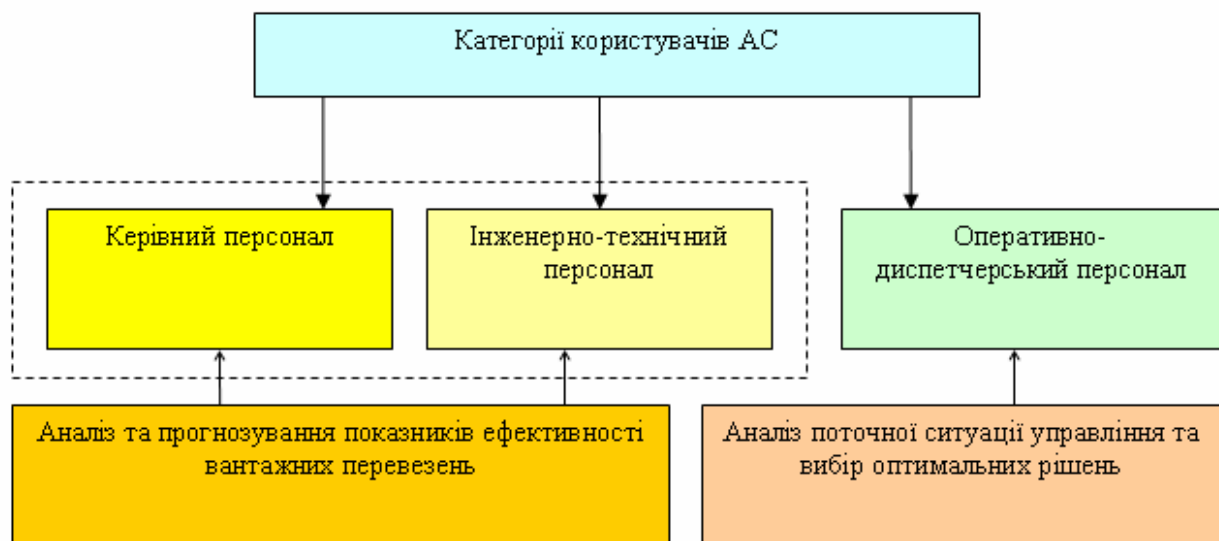


Рис. 4. Напрямки створення АС

Особливості функціонального складу АС УВП відповідно до категорій користувачів

За напрямками використання аналітичної інформації можна виділити три основні категорії користувачів АС УВП:

- керівний персонал, для якого необхідно в першу чергу аналізувати показники ефективності вантажних перевезень (в тому числі по структурних підрозділах), а також виконання планових завдань;
- інженерно-технічний персонал, для якого разом з функціями аналізу показників ефективності та виконання планових завдань необхідно забезпечити підтримку складання та оптимізації планів перевезень;
- оперативно-диспетчерський персонал, для якого найбільш важливими є функції одержання та аналізу інформації, що характеризує поточну ситуацію управління, а також підтримки оперативних управлінських рішень (рис. 4).

Функціональний склад АС для перших двох категорій персоналу є досить спорідненим: він базується в першу чергу на аналізі фактичних та планових показників використання вагонних парків. Напроти, функції АС для оперативно-диспетчерського персоналу зорієнтовані на аналіз оперативної інформації та оптимізацію оперативного управління, тобто суттєво відрізняються.

Виходячи з цього доцільно розглядати створення двох платформ АС, які призначені відповідно для керівного та інженерно-технічного персоналу, а також для оперативно-диспетчерського персоналу.

Загальна класифікація функцій АС. Доцільно виділити суттєво відмінні категорії функцій АС:

- базові функції, які мають входити до складу платформ АС (тобто, є спільними для різних модифікацій аналітичних серверів);
- прикладні функції, які відповідають задачам АС для конкретної категорії користувачів.

- До складу базових функцій мають входити:
- одержання та аналітична обробка даних;
 - прогнозування динаміки процесу перевезень та його показників;
 - підтримка оптимізації управлінських рішень;
 - оцінка очікуваних наслідків управління;
 - адміністрування аналітичного серверу.

Склад прикладних функцій має визначатись в ході розробки конкретних АС. Прикладами таких функцій є підтримка складання різних типів оперативних планів, підтримка оптимізації рішення різних типів задач із управління вагонопотоками тощо.

Математичне і методичне забезпечення концепції створення АС

Встановлені потреби щодо удосконалення аналітичних складових системи АСК ВП УЗ на основі створення єдиної уніфікованої методики побудови математичного і відповідного програмного забезпечення АС у першу чергу ставлять завдання чіткого визначення і обґрунтування засад розробки нової компоненти системи із забезпечення інтелектуального сервісу. В основу методики побудови необхідно покласти вимоги до серверу уніфікованих аналітичних функцій системи АСК ВП УЗ, а також принципи її створення і побудови відповідного уніфікованого математичного та програмного забезпечення. Методика АС що пропонується для розробки являє комплекс методів, а також відповідних процедур і засобів їх реалізації при рішенні задач моделювання, аналізу, діагностування та прогнозування на основі даних системи АСК ВП УЗ. Розглянемо ці принципи, завдання і методи більш детально.

Коротко концепцію методики із формування засобів моделювання та оптимізації рішень в АС утворюють наступні положення:

- використання уніфікованої форми представлення даних для рішення задач усіх категорій у відповідності до їх системної організації у АСК ВП УЗ (послідовності подій процесів перевезень, часові ряди значень досліджуваних показників),
- використання типових постановок завдань аналізу, прогнозування, діагностування і прийняття рішень і їх математичних представлень у рамках системи,
- утворення окремого комплексу АСК ВП УЗ і наборів аналітичних серверів для забезпечення єдності структури інформаційних і матема-

тичних ресурсів, для аналітичної підтримки процесів прийняття рішень в системі АСК ВП УЗ;

- використання, по-можливості, стандартних і перевірених, а також універсальних моделей і методів обробки даних спостережень за процесами виконання і забезпечення вантажних перевезень;

- застосування методів автоматизованої побудови математичних моделей на основі даних спостережень за процесами перевезень з використанням сучасних засобів моделювання, розрахунки точності та достовірності результатів;

- графічне відображення даних, стратегій і результатів у формі придатній для використання у процесах прийняття рішень спеціалістами різних сфер управління на залізницях України;

- формування та застосування системи сценаріїв при постановках типових задач аналізу, діагностики і прогнозування процесів вантажних перевезень;

- стандартизація – створення уніфікованих організаційних, методичних, програмних засобів для вирішення типових задач аналітичної підтримки процесів прийняття рішень та ефективного управління різноманітними процесами управління на багатьох автоматизованих робочих місцях;

- відкритість серверів до розвитку - розширення складу і удосконалення реалізації функцій аналітичної підтримки процесів прийняття рішень на підставі математичного моделювання, діагностики і прогнозування.

Методика інтелектуального аналізу даних, моделювання, оптимізації і побудови відповідного уніфікованого математичного забезпечення системи АСК ВП УЗ повинна ураховувати загальну структуру системи, компонентно-орієнтований метод розробки програмного забезпечення, основні програмно-технічні комплекси, організацію процесів збирання, представлення і управління даними в рамках застосованого у системі об'єктно-орієнтованого методу моделювання процесів вантажних перевезень. Однією з головних засад уніфікації процесів моделювання, аналізу і прогнозування є стандартизація процедур підготовки даних для серверу аналітичних функцій. Це дозволить створити програмне забезпечення, що забезпечить інструментарій для утворення рядів спостережень параметрів процесів вантажних перевезень, необхідної форми представлення для подальшого дослідження та управління процесами перевезень.

Висновки

Приведений аналіз та результати дослідження стану і перспектив розвитку і довгострокового застосування системи АСВ ВП УЗ свідчать про актуальну потребу запровадження у системі уніфікованих засобів підтримки процесів прийняття рішень. Для реалізації такого проекту пропонується створення додаткового комплексу АСК ВП УЗ, а також спеціалізованих засобів у вигляді аналітичних серверів. Утворення структури підтримки прийняття рішень у рамках проекту АСК ВП УЗ дасть змогу підвищення якості використання рухомого складу за рахунок забезпечення більш ефективного управління вантажними перевезеннями, яке потребує постійного удосконалення автоматизованих систем управління.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. АСК вп уз стандарти та методологія. Принципи побудови. Організація розробки та супроводу (120101.0.18.01.0.001). Укрзалізниця-2003 р.
2. АСК вп уз загальносистемні вимоги до автоматизації систем лінійного рівня, їх взаємодії між собою та системами вищого рівня. Основні принципи та проектні рішення. – Д., 2002 р.
3. Великодний В. В., Жуковичкий И. В., Скалозуб В. В., Землянов В. Б., Цейтлин С. Ю. Компонентно-ориентированное программирование в разработках интегрированной среды автоматизированной системы управления железнодорожного транспорта Украины // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – № 5. – С. 63–68.

Надійшла до редколегії 15.05.07.

П. П. НАУМЕНКО (Укрзалізниця), В. Д. МИНЕНКО (ПКТБ АСУ УЗ),
В. Б. ЗЕМЛЯНОВ (ИСЦ Приднестровской железной дороги)

АСК ВП УЗ КАК ОСНОВА ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ

Запропоновано підхід і головні принципи щодо перетворення автоматизованих систем управління процесами вантажних перевезень у системи підтримки прийняття управлінських рішень персоналу з використанням відповідних сучасних засобів моделювання та оптимізації. Показано, що такі функції доцільно втілити в процесі розробки спеціальних підсистем АСК ВП УЗ – аналітичних серверів.

Предложен подход и основные принципы преобразования автоматизированных систем управления процессами грузовых перевозок в системы поддержки принятия управленческих решений персонала с использованием современных средств моделирования и оптимизации. Показано, что такие функции целесообразно воплотить в специализированные подсистемы АСК ВП УЗ – аналитические серверы.

Approach and main principles is offered in relation to transformation of the automated processes control systems of freight transportations in the systems of support of decision-making administrative personnel with the use of the proper modern facilities of design and optimization. It is rotined that it is expedient to incarnate such functions in the process of development of the special subsystems of АСК ВП УЗ – analytical servers.

Введение

Начиная с 2007 года, железнодорожные грузовые перевозки Украины по-настоящему стали независимыми – произошел переход от системы АСОУП, созданной в СССР и поддерживаемой Российскими железными дорогами, к автоматизированной системе грузовых перевозок Укрзалізниця (АСК ВП УЗ), разработанной специалистами вычислительных центров железных дорог Украины. Отход от использования базового комплекса системы АСОУП, которая более двадцати лет эксплуатируется на железных дорогах стран СНГ и Балтии, означает не только обеспечение подлинной национальной безопасности железнодорожного транспорта в области грузовых перевозок, но и является существенным шагом на пути развития автоматизированных систем управления перевозочным процессом железнодорожного транспорта. С созданием АСК ВП УЗ Укрзалізниця получила новую современную систему управления грузовыми перевозками, полностью независимую от других государств СНГ и Балтии, которая по своим настоящим возможностям и перспективам развития перекрыла имеющиеся зарубежные аналоги.

Глобальная информатизация перевозочного процесса

Разработка и внедрение новой системы управления грузовыми перевозками с полным

основанием позволяет утверждать о переходе к глобальной информатизации перевозочного процесса. Универсальные принципы и методы, разработанные и реализованные в АСК ВП УЗ, открывают перспективы для преобразования автоматизированных систем в интеллектуальные системы поддержки принятия решений персоналом на различных уровнях.

Созданная система дает возможность в полном объеме оперативно собрать и интегрировать информацию обо всех необходимых технологических и производственных операциях грузовых перевозок. На основе этих данных становится возможным применить новые информационные технологии для специалистов главных управлений перевозок – ЦД, вагонного хозяйства – ЦВ, грузовой и коммерческой работы – ЦМ, локомотивного хозяйства – ЦТ, финансов – ЦФ, непосредственно участвующих в организации, анализе и управлении эксплуатационной работой, а также другими сферами многогранной деятельности предприятий Укрзалізниця.

В настоящее время автоматизированная система АСК ВП УЗ – это более 100 различных технологическо-экономических задач мониторинга и управления грузовыми перевозками, которые отражают все стороны процессов планирования перевозок, обработку первичных перевозочных документов, эксплуатацию средств перевозок, представленных различными характеристиками вагонов, других объектов. Средства системы охватывают весь жизненный цикл вагонов, локомо-

тивов, начисления тарифа за перевозку. Организация перевозочного процесса, его фактическая реализация, финансово-экономические процессы, сопровождающие и обеспечивающие работу железнодорожного транспорта при выполнении грузовых перевозок, становятся увязанными в рамках единой среды автоматизированных систем.

Остановимся на некоторых технологических задачах процессов перевозки, реализованных в среде системы АСК ВП УЗ. Заметим, что в базовом комплексе АСОУП эти задачи не обеспечивались средствами информационных технологий. Среди многих выделим следующие крупные задачи:

- ведение предупреждений на движение поездов;
- месячное планирование;
- оформление перевозочных документов и их увязка со всеми этапами процесса перевозки;
- создание сквозного логического контроля процессов перевозки грузов;
- учет работы локомотивов и локомотивных бригад;
- внедрение картотек вагонов, контейнеров, подъездных путей и др.

В настоящее время созданы необходимые условия для разработки и сопровождения новых, современных автоматизированных систем управления железнодорожного транспорта Украины – подготовлены профессиональные кадры программистов-разработчиков, создано специализированное государственное предприятие по разработке АСУ для железнодорожного транспорта Украины, ПКТБ АСУ, которой предстоит решать многочисленные сложные задачи комплексной автоматизации отрасли.

В действующей системе АСК ВП УЗ, построенной на основе технологии компонентно-ориентированного программирования, предусмотрены возможности совершенствования технологий процесса перевозки.

Введена компонента, которая обеспечивает совершенствование технологий погрузки-выгрузки за счет создания и обработки соответствующих событий. Автоматизированы функции приемосдатчика.

Выполняется всесторонний учет и анализ эффективности использования подвижного состава различных форм собственности.

Важным аспектом АСК ВП УЗ является и то, что на ее основе обеспечивается единый язык для описания технологических задач выполнения грузовых перевозок в терминах информационных сообщений, отображающих эти процессы в моделях баз данных и баз знаний

АСУ перевозочного процесса. Такой подход открывает новые пути для решения задач автоматизации на железнодорожном транспорте. В настоящее время АСК ВП УЗ на всех железных дорогах обслуживает более 12,5 тыс. пользователей Украины, ежедневно обрабатывает более 457 тыс. технологических документов, создает более 500 тыс. разнообразных справок и отчетов, обеспечивающих эффективное функционирование железнодорожной отрасли. АСК ВП УЗ построена с использованием самых современных мировых достижений в сфере информационных технологий, о чем свидетельствуют положительные отзывы специалистов стран Западной Европы, России, а также комиссий Министерства транспорта и связи Украины. Уже на начальном этапе внедрение АСК ВП УЗ позволило не только получить экономический эффект, но и в первую очередь оптимизировать производственные процессы, сократить эксплуатационные расходы за счет унификации систем автоматизации, а также за счет независимости заказов на разработку и сопровождение систем управления от других стран.

Ближайшей перспективой развития АСУ УЗ является создание единой сетевой системы управления железнодорожным транспортом, которая призвана обеспечить автоматизированное решение задач для всех подразделений. Интеграция данных, разнообразных ресурсов и средств, унификация задач по управлению на разных уровнях обеспечат значительный технологический, организационный и экономический эффект, создадут возможность качественной и целенаправленной подготовки персонала, обеспечат условия для повышения конкурентной способности железных дорог на рынке транспортных услуг.

Новое направление совершенствования автоматизированных систем железнодорожного транспорта связывается с задачей обеспечения перевозок на основе организации качественно нового взаимодействия грузоотправителей и грузополучателей с железными дорогами – выполнение перевозок на базе «планирования на сутки». Сама возможность, а так же эффективность такой работы железных дорог непосредственно связана с использованием автоматизированных систем управления. В этих условиях возрастает роль методов и средств поддержки принятия оптимальных решений по управлению перевозками на основе информационного и математического моделирования всех составляющих компонентов и условий процессов грузовых перевозок.

Базовые принципы построения автоматизированной системы

АСК ВП УЗ строится как открытое множество компонентов, увязанных между собой определенными соглашениями – стандартами и интерфейсами системы. Можно сказать, что суть АСК ВП УЗ – это не столько ее компоненты, которые могут (и должны) пополняться и модифицироваться, сколько эти стандарты и интерфейсы, т. е. правила построения. Компоненты образуют иерархическое дерево декомпозиции системы: каждый из них может иметь внутреннюю структуру – состоять из других компонентов. Принимается, что данное дерево имеет до 4-х уровней: АСК ВП УЗ состоит из комплексов, комплексы – из систем, системы – из задач, задачи – из ресурсов. Задача является наименьшим самостоятельно внедряемым компонентом, ресурс – наименьшим независимо используемым компонентом.

Каждый компонент типа комплекса, системы или задачи нумеруется внутри вышестоящего компонента от 01 до 99. Принимается, что комплексы 01 – 19 являются общесистемными, т. е. обеспечивающими общее функционирование АСК ВП УЗ. Комплексы 20 – 99 зарезервированы для прикладных (функциональных) целей, которые определены документом «Основні напрямки розвитку інформатизації залізничного транспорту України».

В АСК ВП УЗ рассматриваются 4 вида ресурсов:

- документальные – проектные, технические, технологические, эксплуатационные и организационные документы, обеспечивающие разработку и функционирование системы;
- программные – пакеты, процедуры, модули и другие единицы программного обеспечения системы;
- информационные – модели, схемы, таблицы и прочие элементы БД, файлы и файловые структуры, другие образования, предназначенные для постоянного или временного хранения информации системы;
- технические – сервера, ПК, сетевые устройства, комплектующие, и т. п.

Технология кодирования ресурсов регламентирована.

Важным для АСК ВП УЗ является понятие «тема». Тема – это функциональное образование, охватывающее некоторую прикладную область АСК ВП УЗ (например, «Локбриг», УТСРГВ). Тема «накладывается» на вышеописанную схему декомпозиции, включает компоненты различных комплексов (в том числе –

общесистемных), которые все вместе обеспечивают достижение целей данной темы. В АСК ВП УЗ первым этапом проектирования любой темы является определение состава компонентов, необходимых для ее реализации. Выбранный состав компонентов и требуемые от них функции фиксируются в специальном документе – аванпроекте на тему. Дальнейшая разработка ведется покомпонентно.

Компоненты функциональных комплексов (20...99) реализуют получение разнообразных отчетов, оперативных справок и других информационных материалов, необходимых для обеспечения существующих технологических процессов и принятия решений. АСК ВП УЗ ориентирована на постоянное расширение количества таких компонентов или их модификацию. Более «стабильным» является состав обеспечивающих, общесистемных комплексов (01...19) – они образуют ядро системы, обеспечивают ее функционирование в соответствии с принятыми правилами, реализуют основные проектные решения АСК ВП УЗ.

К общесистемным комплексам относятся: 01 – технические средства; 02 – операционные среды; 03 – администрирование проекта; 04 – доставка документов; 05 – хранилище данных; 06 – управление вычислительным процессом; 07 – защита информации; 08 – нормативно-справочная информация; 09 – ведение информационных моделей; 10 – автоматизированные рабочие места; 11, 12 – стандарты и методология.

Номера комплексов 13...19 зарезервированы для возможного дальнейшего развития системы.

Основные проектные решения АСК ВП УЗ удобно рассматривать в рамках перечисленных комплексов.

Выбор языков программирования в АСК ВП УЗ определяется решением о трехуровневом способе работы с информацией: клиент – уровень бизнес-логики – хранилище данных.

Такой подход является современным стандартным подходом в системах подобного класса и позволяет реализовать серверный узел АСК ВП УЗ как систему распределенных вычислений. Основой такой системы является технология COM/DCOM. Она не столь универсальна (стандартизована) как CORBA, но хорошо «вписана» в операционные системы семейства Windows и лучше документирована. С учетом вышесказанного в АСК ВП УЗ принимаются три типа базовых языков:

- для уровня хранилища данных – PL/SQL, который является основным «рабочим» языком СУБД Oracle;

- для уровня бизнес-логики и рабочих узлов – C++ и/или Delphi, которые поддерживают технологию COM/DCOM и достаточно известны и универсальны. В принципе на этом уровне возможно использование и других языков, поддерживающих данную технологию, но это опять таки связано с усложнением сопровождения;

- для реализации РМ и, возможно в определенной части РУ, – HTML, как основной язык Интернет/Интранет.

АСК ВП УЗ – это интегрированная среда, включающая протоколы, интерфейсы, правила и соответствующие программные средства для описания и разработки ввода, хранения и использования данных, а также создания приложений для обеспечения технологических процессов железнодорожного транспорта. Это не только (и не столько) конкретная автоматизированная система, а определенная технология ее непрерывного развития – общие правила, регламентирующие способы наращивания ее функциональных возможностей и ориентированные на эти правила общесистемные компоненты (не только программные, но и информационные, технические, документальные).

Технология АСК ВП УЗ. Любое приложение, разрабатываемое как автоматизированная информационная или управляющая система, требует решения многих, нередко сложных вопросов, таких как:

- выбора технических средств и операционной среды;
- организации вычислительного процесса;
- создания структуры и генерации БД;
- организации хранения и восстановления данных;
- защиты данных от несанкционированного доступа;
- организации информационного обмена (включая формат данных);
- обработки и записи базообразующих сообщений;
- выборки и чтения данных;
- организации системы запросов;
- выдачи диагностики;
- регистрации вычислительных событий и сообщений в системе;
- обеспечения связей с другими (внешними) системами.

При реализации приложения в рамках АСК ВП УЗ решение большинства этих вопросов система полностью «берет на себя» [20], а решение других регламентирует определенными подходами, что существенно упрощает процесс разработки и позволяет проектанту сосредоточиться на

прикладных, специфических для данного приложения проблемах. Правила создания и сопровождения приложений АСК ВП УЗ являются одной из важнейших основ ее технологии.

Соблюдение технологии. Сейчас, когда в создание АСК ВП УЗ включаются новые разработчики, вопросы соблюдения технологии становятся все более актуальными. Уже накоплен существенный опыт создания приложений в технологии АСК ВП УЗ, который хотелось бы обобщить и предоставить разработчикам системы, чтобы избежать в их работе многих переделок, «тупиковых» ситуаций, введения в систему ненужных особенностей, размывающих ее единство и требующих дополнительного специфического программного обеспечения. И крайне важно, чтобы соблюдение технологии начиналось на самых первых, предпроектных и проектных стадиях ее создания, а не в процессе программирования.

Вопросы проектирования нового объекта. Чтобы расширить состав атрибутов существующего объекта необходимо обратиться со своими предложениями в подразделение, сопровождающее данный объект. Но если принято решение о создании нового объекта, то в этом случае необходимо определиться со следующими вопросами:

- дать формальное определение объекта и его жизненного цикла;
- определить его связи с другими объектами ЛБД;
- определить перечень операций с этим объектом (разработать соответствующий кодификатор);
- определить эталон объекта – перечень его атрибутов и прикладных функций;
- с учетом операций и связей сгруппировать атрибуты объекта в грани (подграни, связи).

Формально это означает создание соответствующего документа системы 1202 [26, 27].

Общим для всех указанных технологий является то, что они обеспечивают взаимодействие с пользователем в любом из форматов:

XML – стандартный формат сообщений в АСК ВП УЗ;

PTM – стандартный формат сообщений в действующих системах;

HTML – стандартный формат сообщений в Интернет/Интранет.

Тем самым обеспечивается полнофункциональная работоспособность ныне существующих АРМов и внешних систем без каких либо доработок с их стороны (что особенно важно при наличии интенсивного обмена с железнодорожными АСУ других администраций).

Внутренним (рабочим) форматом АСК ВП УЗ является XML. Это означает, что другие форматы при поступлении запроса на узел преобразуются к формату XML, а результирующие документы – «обратно» в соответствующий абоненту формат (непосредственно перед выдачей).

Указанные запросы, по сути, являются типовыми – каждый из них объединяет целое множество конкретных выходных документов. Поэтому новый прикладной компонент (запрос) должен быть отнесен к одному из данных типов, что и позволит реализовать большую часть его функций стандартными средствами АСК ВП УЗ.

Разработчику нового прикладного компонента необходимо:

- разработать структуру выходного документа в XML-формате (в рамках документа «Описание постановки задачи»);
- при необходимости получения документа в другом виде – разработать его структуру в этом формате (в рамках документа «Описание постановки задачи»)[33,34,35,36];
- разработать программный компонент формирования документа (в XML-формате) по информации из ЛБД. Программные компоненты оформляются в соответствии с [22];
- при необходимости получения документа в другом виде – разработать файл настройки для преобразования XML в требуемый формат (XSL-файл);
- с помощью АРМа администратора узла занести тип и код нового документа, а также имена разработанных процедуры и XSL-файла в соответствующие таблицы настройки системы [37,38,39,40].

Выполнение указанных действий приводит к включению нового прикладного компонента в состав узла АСК ВП УЗ. Для обеспечения возможности его распространения на другие узлы системы и автоматического дальнейшего сопровождения (отслеживания изменений, версий и т.п.), компонент и все его ресурсы необходимо зарегистрировать в комплексе «Администрирование проекта» [4, 6].

При определении состава и последовательности процедур обработки сообщения разработчик должен учитывать наличие типовых этапов каждой обработки – общесистемных компонентов, которые входят в состав менеджера обработки сообщений (МОП).

Это такие общесистемные компоненты:

- Разборка входного документа;
- Модуль проверки документа по DTD;
- Модуль проверки полномочий абонента;
- разборка XML в ITF;
- Регистрация входного сообщения;
- Обработка сообщения;

- Программа записи в модели БД
- Commit транзакции;
- RollBack транзакции;
- Модуль переноса диагностики в выходной DOM;
- Модуль преобразования по стилю;
- Регистрация выходного сообщения.

Начало транзакции выполняется автоматически при начале обработки сообщения. Компонент «Программа записи в модели БД» - выполняет запись данных из интерфейсных таблиц в физические таблицы. Для каждой модели существует своя программа записи. В цепочку надо включать столько программ, сколько моделей затрагивает данное сообщение. Описание находится в документе [44]. Компонент «Commit транзакции» – при успешной обработке выполняет сохранение данных в БД. Иначе этот компонент пропускается с помощью кодов возврата и меток переходов. Все интерфейсные таблицы после выполнения становятся пустыми. Компонент «RollBack транзакции» – при неуспешной обработке выполняет откат данных у БД к началу обработки. Иначе этот компонент пропускается с помощью кодов возврата и меток переходов. Все интерфейсные таблицы после выполнения становятся пустыми.

Формирование таймерного задания реализуется компонентом «Менеджер таймерных задач». При любом варианте реализации обработки сообщения разработчик должен создать и включить в последовательность процедур такую, что определяет необходимость регламентной выдачи по событию успешной обработки входного сообщения и перечень абонентов, которым соответствующая информация должна быть предоставлена. Именно эта процедура будет формировать входные параметры для компонента создаваемой системы.

Построение сетевой модели

Построение сетевой модели состоит из нескольких этапов. Этап I.

1. Функционирование Справочной системы ГИОЦ (Головной информационно-вычислительный центр УЗ).
2. Развитие системы ГИОЦ до уровня АСКВП с обкаткой новых технологий
3. Построение независимой сетевой АСК ВП УЗ.

Этап II.

1. Развертывание в ГИОЦ узла АСК ВП в полном объеме.
2. Интеграция базы ГИОЦ в АСКВП.
3. Развертывание базы РКТМ.

4. Постепенное замещение информации в базах данных ГИОЦ из РКТМ.

5. Развитие справоч сетевого уровня на основе РКТМ.

Работа с РКТМ. РКТМ передается в виде сообщений, которые проходят разбор во временные таблицы и цепочку обработки АСК ВП.

Цепочка обработки предполагает после служебных функций и разбора во временную таблицу ITF_VS_UZ вызов процедуры записи информации в базу РКТМ ГИОЦ – s1376.

Следующим шагом является вставка в цепочку модуля rktm_cykl, выполненного по принципам АСКВП.

Модуль rktm_cykl позволяет выводить порции данных из временной таблицы

ITF_VS_UZ во временную таблицу GT_TGNL (GT_TGNL1397).

Основываясь на подсистеме вызова обработчиков ГИОЦ, вызывается необходимый модуль для записи информации в базу ГИОЦ. Подсистема вызова обработчиков состоит из двух таблиц RKTМ_PROC, RKTМ_DYN. Таблица RKTМ_PROC содержит данные об обработчиках и их уникальные ключи, а RKTМ_DYN связывает по ключу обработчик с кодом операции для его вызова.

По мере перехода на выдачу справок из базы РКТМ вначале возможно отключать вызов обработчиков в таблице RKTМ_DYN, а со временем – отключить модуль rktm_cykl. Схема работы отражена на рисунке.

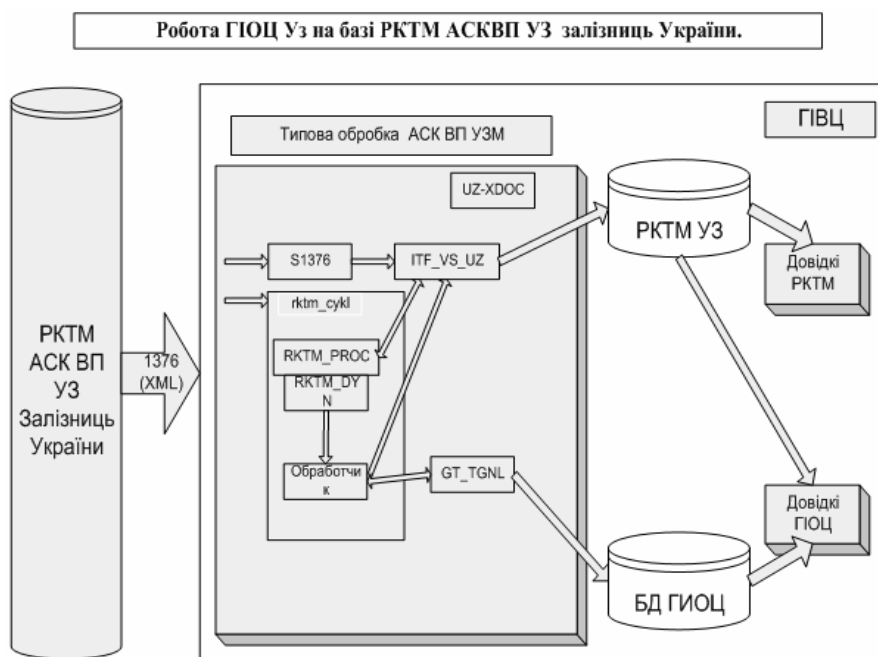


Рис. Схема перехода к сетевой модели грузовых перевозок

Выводы

Создание и внедрение системы АСК ВП УЗ обеспечило независимость автоматизированных систем на железных дорогах Украины. Универсальные базовые принципы и методы этой системы, ориентированные на интеграцию корпоративных АСУ и переход к объектно-ориентированным методам моделирования процессов перевозки, открывают перспективы для преобразования автоматизированных систем в интеллектуальные системы поддержки принятия решений персоналом на различных уровнях. На основе принципов АСК ВП УЗ обеспечивается глобальная информатизация перевозочного процесса, в первую очередь это связано с созданием сетевой модели управления грузовыми перевозками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проблемы программирования. Вып. 1-2, 2004 г.
2. Землянов В. Б., Пшинько А. Н., Доманский В. Т., Скалозуб В. В. Интегрированная система управления электроснабжением железнодорожного транспорта. // 7th International Scientific Conference of Railway Experts. Proceedings. JUЖЕЛ – 2000. Yugoslavia, Vrnjacka Banja, october 4 – 6, 2000. P. 65–68.
3. Блохин Е. П., Пшинько А. Н., Евдوماха Г. В., Скалозуб В. В., Землянов В. Б. Выбор энергетически оптимальных режимов ведения поездов // Залізничний транспорт України, № 6, 2001. С. 19–22.

Поступила в редколлегию 15.05.07.

А. Н. ПШИНЬКО (ДИИТ), В. В. КОЗАК, С. А. АГЛОТКОВ (Укрзалізниця)

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Розглянуто і обґрунтовано основні напрямки розвитку технологій залізничного транспорту України на основі автоматизованих систем управління.

Рассмотрены и обоснованы основные направления развития технологий железнодорожного транспорта Украины на основе автоматизированных систем управления.

Considered and grounded basic directions of development of technologies of railway transport of Ukraine on the basis of the automated control systems.

Введение

Развитие автоматизированных систем управления (АСУ), их интеграция на основе единой информационной среды и принципов взаимодействия в рамках корпоративной сети автоматизированных рабочих мест (АРМ), поэтапное преобразование информационных систем в информационно-управляющие и далее в системы поддержки принятия решений по управлению эксплуатационными, технологическими, финансовыми и другими процессами – таков путь автоматизации на железнодорожном транспорте.

Направления совершенствования технологий железнодорожного транспорта

Отметим некоторые направления работы железнодорожного транспорта, которые в настоящее время требуют наиболее пристального внимания и постоянных усилий, направленных на совершенствование процедур автоматизации.

Во-первых, организация, выполнение и сопровождение процессов грузовых перевозок с использованием средств электронного документооборота. Это предполагает, в частности, отмену или существенное сокращение традиционных документов – вагонных листов и др. В этом случае обеспечивается оперативное и более точное решение и учетных задач, и новых задач планирования и управления процессами грузовых перевозок.

Во-вторых, в рамках более широкой автоматизации открываются новые возможности для постановки и решения задач планирования, а также задач оценки ожидаемых результатов выполнения планов. При этом возникает перспектива выполнения предварительного анали-

за достаточности предполагаемой работы предприятий железнодорожного транспорта, контроля ограничений по обеспечению эффективности и рациональности распределения ресурсов и других процедур анализа управленческой деятельности. В качестве базы для такого «нормативного планирования» выступают интегрированные (оперативные и архивные) данные о предыдущих реализациях процессов грузовых перевозок, которые благодаря объединению информации всесторонне отображают все этапы реализации перевозок.

В-третьих, это происходящая интеграция АСУ железнодорожного транспорта и автоматизированных систем грузовладельцев. Этот процесс может дать много полезного для упрощения взаимодействия грузовладельцев с железной дорогой, сделает железнодорожные перевозки более привлекательными для клиентов.

Можно выделить следующие направления и этапы развития новой технологии железнодорожного транспорта на основе автоматизации:

- планирование перевозок,
- сопровождение процесса перевозок,
- совершенствование методов и более результативное финансовое планирование,
- выделение и анализ эффективности использования ресурсов,
- оценка достаточности уровня эффективности работы и предполагаемых затрат, автоматизация планирования на основе моделирования и использования прецедентов.

Уже сегодня новые автоматизированные технологии внедряются в подразделениях железнодорожного транспорта. Это оперативные финансовые расчеты за перевозку, ведение оперативного сальдо клиента, оформление перевозочных документов, включая связь с информационной системой клиентов, кассово-финансовые расчеты и др.

Отметим, что в наибольшей степени развитыми автоматизированными системами железных дорог Украины являются автоматизированная система управления грузовыми перевозками дорог Украины (АСК ВП УЗ) и автоматизированная система управления пассажирскими перевозками дорог Украины (АСК ПП УЗ). Таким образом, совершенствование информационных технологий и автоматизированных систем позволяет внести изменения в действующие технологии по обеспечению процесса перевозки, расчетов за перевозку, что позволило существенно сократить состав технологических центров по обработке перевозочных документов (ТЕХ ПД), высвободить значительные ресурсы.

В результате процесса математизации знания в широком спектре естественных, технических и общественных наук возникла возможность поставить на серьезную математико-кибернетическую основу процесс принятия решений при управлении сложными системами [3, стр. 204]. Процессы управления сложными системами рассматриваются как последовательности человеческих решений, основанной на оценке некоторой совокупности параметров (количественных и качественных), характеризующих как состояние системы в настоящий момент, так и предысторию ее развития. Особенно хорошие результаты получаются в человеко-машинных системах, где опыт и интуиция человека направляется не непосредственно на выбор решений по управлению системой, а на формирование серии машинных экспериментов – на управление машинными экспериментами.

Наиболее важные направления развития АСУ Укрзализныци

Развитие средств автоматики для определения положения и характеристик железнодорожных объектов.

Разработка технических условий, стандартов и программного обеспечения для согласования работы систем железнодорожной автоматики с АСУ ж.-д. транспорта.

Разработка подсистемы динамического представления и управления работой станций ж.-д. узла.

Разработка средств автоматизации для подсистем принятия решений по управлению и интеграции грузовых и пассажирских перевозок.

Разработка приграничных систем автоматизации управления перевозками – приграничный район.

Разработка систем автоматизации взаимодействия с портами.

Развитие автоматизированных систем коммерческого хозяйства Укрзализныци. Создание и развитие единого портала грузоотправителей. Углубление взаимодействия грузоотправителей с ж.д. системами на принципах логистики.

Автоматизированные системы маркетинга – управление сбытом в области грузовых и пассажирских перевозок.

Стратегическое развитие и системное оптимальное управление инвестициями и инновациями.

Развитие АСУ пассажирского хозяйства, совершенствование взаимодействия системы АСК ПП УЗ и Экспресс – 3, автоматизированные системы обеспечения международного сообщения пассажирских перевозок.

Развитие автоматизированных систем «Инфраструктура железнодорожного транспорта». Автоматизированные системы для обеспечения взаимодействия GPS – технологий с технологиями АСУ железнодорожного транспорта.

Система безопасности с учетом применения электронной подписи.

Автоматизированные системы локомотивного хозяйства.

Автоматизированные системы для реализации рационального суточного планирования грузовых перевозок.

Управление финансовыми, трудовыми и материальными ресурсами.

Унификация, модернизация и интеграция информационных систем.

Лицензирование общесистемного программного обеспечения.

Разработка отраслевой программы информатизации железнодорожного транспорта Украины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аск вп уз загальносистемні вимоги до автоматизації систем лінійного рівня, їх взаємодії між собою та системами вищого рівня. Основні принципи та проектні рішення. Дніпропетровськ-2002 р.
2. Аск вп уз стандарти та методологія. Принципи побудови. Організація розробки та супроводу (120101.0.18.01.0.001). Укрзализныця-2003.
3. В. М. Глушков, А. Д. Урсул. Математизация научного знания / В кн. Мировоззренческие проблемы современной науки. – М.: Наука, 1981. С. 174–217.

Надійшла до редколегії 15.05.07.

А. П. РАЗГОНОВ, А. В. АДРЕЕВСКИХ, Б. М. БОНДАРЕНКО, Д. А. БЕЗРУКАВЫЙ,
А. Ю. ЖУРАВЛЕВ (ДИИТ)

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ РЕЛЕ

Багатоканальний цифровий метод діагностики реле полягає у використуванні експериментально одержаних даних, для обчислення характеристик і параметрів випробовуваного реле. Під час реєстрації динамічних характеристик паралельно по всіх каналах, здійснюється аналогово-цифрова обробка результатів, методом порівняння із закладеними в пам'ять комп'ютера допусками і робиться висновок про справність приладу.

Многоканальный цифровой метод диагностики реле заключается в использовании экспериментально полученных данных для вычисления характеристик и параметров испытуемого реле. Во время регистрации динамических характеристик параллельно по всем каналам, производится аналогово-цифровая обработка результатов, методом сравнения с заложенными в память компьютера допусками и делается вывод об исправности прибора.

The multichannel digital method diagnostics of relay consists in the use of experimentally findings, for the calculation of parameters of examinee relay. During registration of dynamic descriptions parallel on all channels, analog-to-digital treatment of results is produced, by the method of comparison with the admittances stopped up in memory of computer and is drawn conclusion about the good condition of device.

Наряду с развитием микропроцессорной техники и технологии в системах железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) электромагнитные реле продолжают выполнять важнейшие функциональные задачи. Высокие требования, предъявляемые к надежности систем, достигаются путем значительных трудозатрат на профилактику и контроль параметров реле в ремонтно-технологических участках (РТУ) дистанций сигнализации и связи.

Эти проблемы решаются методами и технологиями, разработанными в середине прошлого столетия. Причем выполнение ремонтно-профилактических работ требует высокой квалификации специалистов, выполняющих основной объем технологических операций по измерению и контролю параметров, практически вручную.

Для совершенствования технологии контроля и измерения, особенно механических параметров реле авторами предложен ряд технических решений [1–5].

Использование предложенных устройств и способов успешно решает проблему обеспечения надежности электромагнитных аппаратов на основе компьютерной технологии, включающей автоматическое тестирование основных параметров реле с последующей оценкой реакции объекта и ее сравнением с эталонной. Кроме того, по принятым критериям, например запаса ресурса, может определяться очередной межремонтный период. Это позволяет перейти

к более эффективному обслуживанию объекта по его текущему состоянию, поскольку своевременное обнаружение дефектов экономит средства на устранение последствий отказов.

Целью статьи является разработка многоканального программного комплекса на основе аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) и анализ результатов, полученных предложенным цифровым методом тестовой диагностики реле.

Для решения этой задачи использовалось автоматизированное рабочее место (АРМ-РТУ-Р), регистрирующее динамические характеристики реле одновременно по трем информационно-измерительным каналам: электрическому, акустическому и оптическому без снятия защитного кожуха [6–8].

Сущность предложенного многоканального цифрового метода тестовой диагностики заключается в использовании данных, одновременно полученных с помощью АРМ-РТУ-Р по этим каналам для вычисления требуемых параметров реле. Динамические характеристики работы реле снимаются при помощи аналоговых датчиков АРМа, преобразуются в цифровой код с помощью АЦП и передаются в системный блок компьютера. После этого производится программная обработка результатов и их сравнение с записанными в памяти компьютера допусками. Структурная схема многоканального комплекса представлена на рис. 1. Алгоритм работы комплекса на рис. 2.



Рис. 1. Структурная схема многоканального программного комплекса на основе АЦП

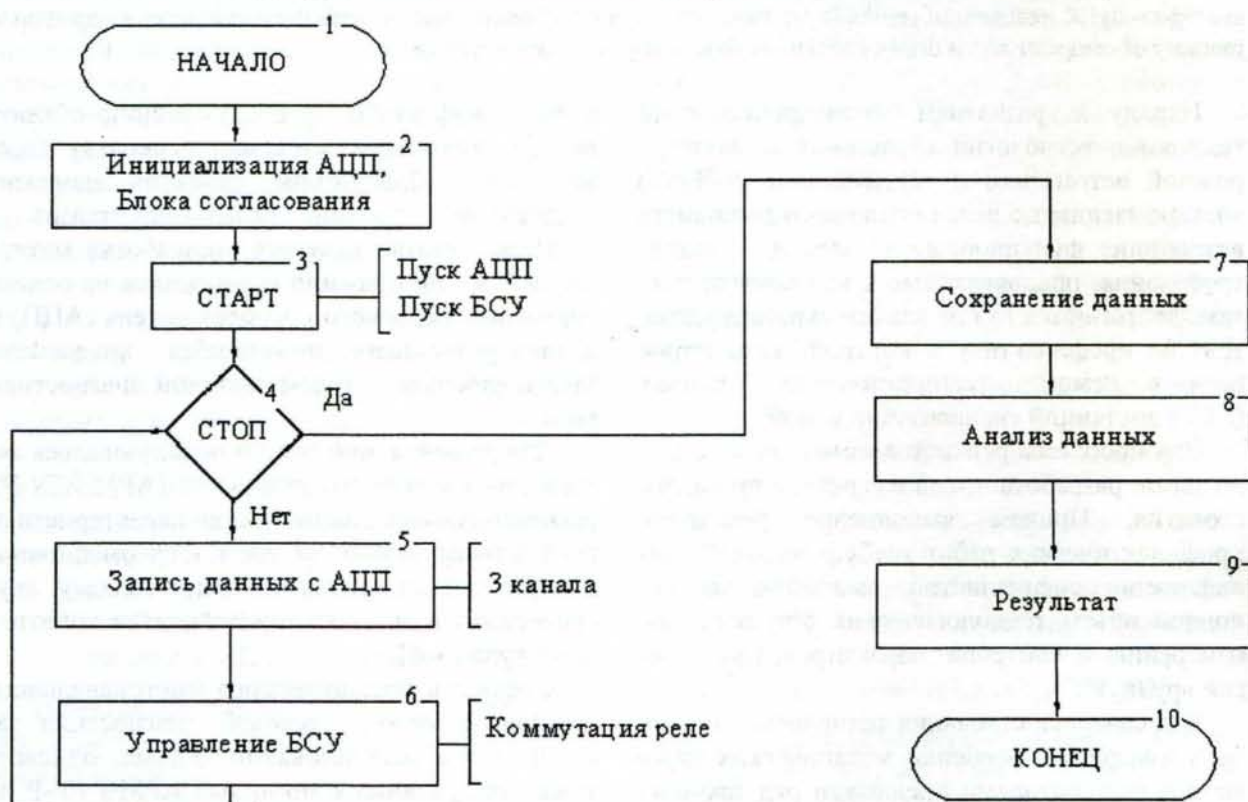


Рис. 2. Общий Алгоритм работы комплекса по сбору и обработке результатов исследования

Работа комплекса по представленной структурной схеме заключается в параллельной регистрации сигналов, полученных с датчиков при работе реле и установленных вместе с блоком реле на платформе в специальной камере (на рисунке показано штриховой линией). Регистрация сигналов производится одновременно по нескольким измерительным каналам с последующим их преобразованием с помощью АЦП и передачей для обработки в системный блок компьютера. Системный блок компьюте-

ра, в соответствии с Алгоритмом (см. рис. 2), через блок согласования управления обеспечивает программное управление работой реле, обработку полученных данных, их сравнение с записанными в памяти компьютера допусками и вывод результатов сравнения на монитор.

По итогам такого анализа делается вывод об исправности прибора, оценка динамики изменения параметров и прогноз его состояния через определенный период времени, а также рассчитывается оптимальный межремонтный период и

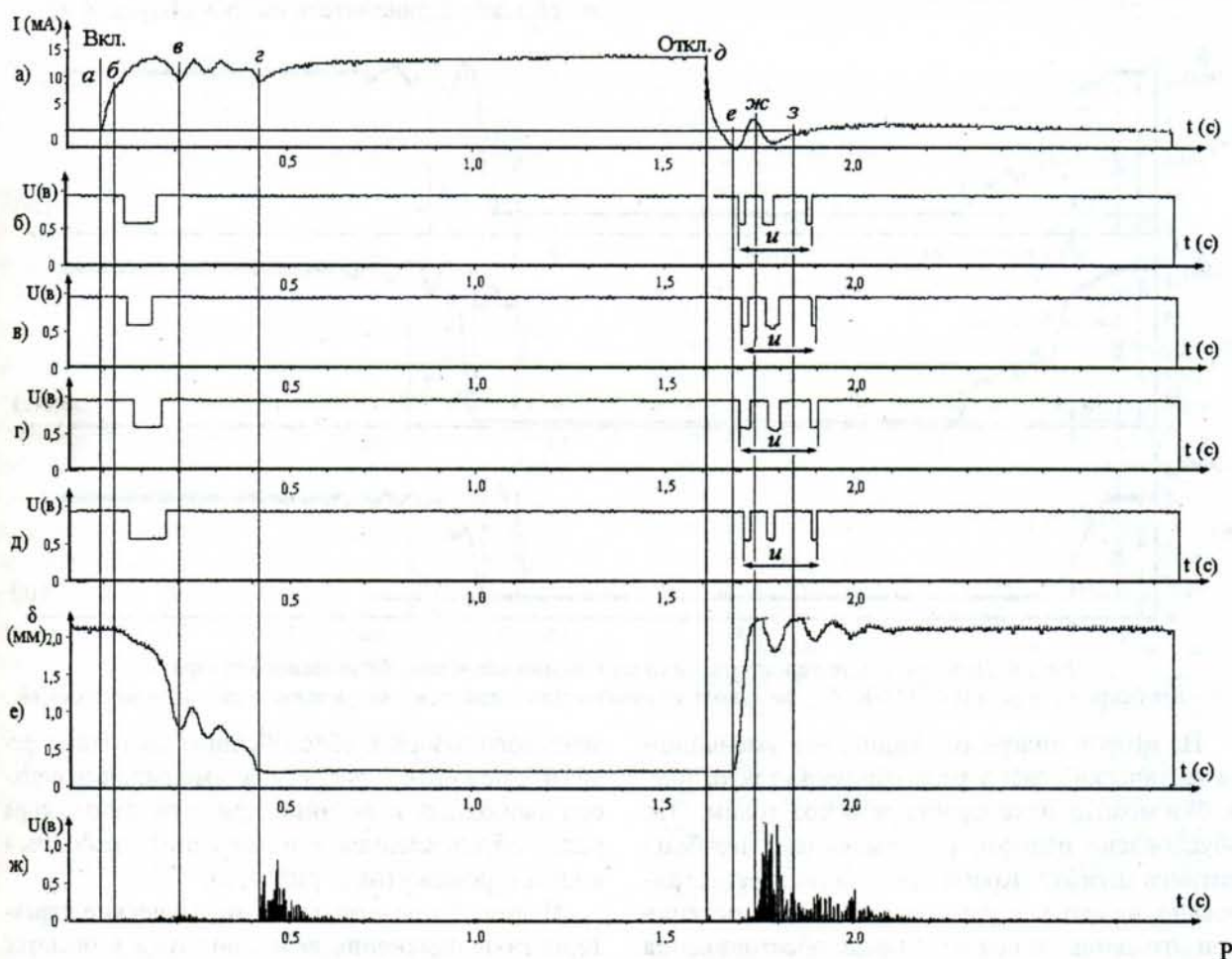
место эксплуатации. При тестировании реле с использованием сертифицированного АЦП (LCARD E - 140) обеспечивается высокая степень достоверности результатов на соответствие техническим параметрам при минимальных затратах средств, времени и минимальных требованиях к квалификации специалистов, выполняющих эту работу. Данные исследований сохраняются в электронном виде в базе данных и распечатываются для документаций.

Исследованиями установлено, что получение динамических характеристик реле целесообразно проводить как при рабочем токе в обмотке реле, так и при его минимальном значении. Это позволяет достовернее и глубже оценить характер коммутационных процессов в

аппарате, что повысит качество ремонта. Проведем анализ полученных АРМом динамических характеристик работы нормальнодействующего реле.

На рис. 3 представлены диаграммы динамических характеристик, полученные с помощью АЦП и соответствующие исправной работе реле НМШ2-900 при минимальном токе срабатывания.

В электрическом канале стенда производится регистрация тока в обмотке реле при включении и отключении реле (рис. 3, а), а также регистрация времени скольжения и оценка состояния качества контактных поверхностей и характера коммутационного процесса по изменению напряжения в цепи контактной группы во время скольжения контактов (рис. 3, б-д).



ис. 3. Динамические характеристики работы реле НМШ2-900:

а – изменение тока в обмотке реле; б – работа контактной группы 21-23; в – работа контактной группы 41-43; г – работа контактной группы 61-63; д – работа контактной группы 81-83; е – изменение величины физического зазора; ж – акустические сигналы

Оптический канал производит регистрацию динамического изменения физического зазора, характеризующее механическое перемещение якоря реле (рис. 3, е).

Акустический канал регистрирует вибрацию, сопровождающую все механические перемеще-

ния, происходящие в блоке реле, и имеющую в своем составе широкий спектр и различную амплитуду составляющих акустического сигнала (рис. 3, ж). Акустические диаграммы работы реле дополняют информацию, полученную в электрическом и оптическом канале.

На диаграммах проведены вертикальные линии, характеризующие основные моменты времени при работе реле:

a — обозначает момент подачи тока в обмотку реле;

b — отмечено начало движения якоря реле;

$в$ — характерная экстремальная точка «провала» на диаграмме тока (рис. 3, a) и диаграмме перемещения якоря реле (рис. 3, e);

$г$ — остановка (рис. 3, e) и удар якоря о полусный наконечник (рис. 3, $ж$);

$д$ — отключения питания реле;

e — начало движения якоря реле при его отпадании;

$ж$ — момент появления максимального физического зазора (рис. 3, e), соприкосновение (удар)

якоря с опорой (рис. 3, $ж$) и характерный «выброс» значения тока (рис. 3, a);

$з$ — период свободного колебания якоря при его отпадании (рис. 3, e) и завершение электромагнитных процессов в обмотке реле;

Кроме того линии $ж$ и $з$ характеризуют «дребезг» контактов во время отпадания и вибрации якоря реле (промежуток $и$, рис. 3, $б-д$).

Если сравнить динамические характеристики исправного и неисправного реле, то можно заметить существенные различия в некоторых из них.

На рис. 4 представлены динамические характеристики изменения величины физического зазора реле НМШ2-900: для его исправного состояния (рис. 4, a); при износе антимагнитного штифта (рис. 4, $б$) и при неправильной регулировке, когда якорь зажат ограничительной скобой (рис. 4, $в$).

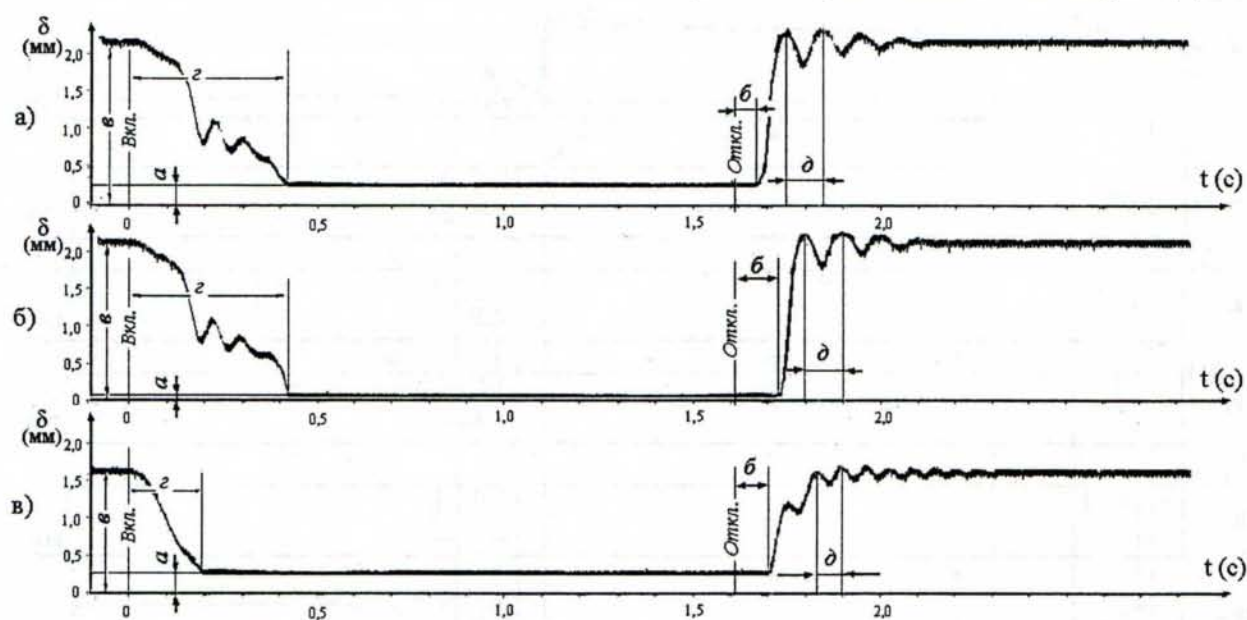


Рис. 4. Динамические характеристики изменения величины физического зазора:

a — для исправного реле НМШ2-900; $б$ — при износе антимагнитного штифта; $в$ — якорь зажат ограничительной скобой

На второй диаграмме видно, что уменьшился физический зазор реле (промежуток a , рис. 4, $б$) в момент нахождения реле под током. Это обусловлено износом (уменьшением) антимагнитного штифта. Кроме того, было зарегистрировано, на сколько увеличилось время трогания при отпадании якоря реле после обесточивания обмотки (промежуток $б$, рис. 4, $б$), это обусловлено большей удерживающей силой при меньшем физическом зазоре, за счет снижения магнитного сопротивления.

На третьей диаграмме показано уменьшение величины физического зазора в обесточенном состоянии (промежутка $в$, рис. , $в$). Это обусловлено соприкосновением якоря с ограничительной скобой. Кроме того, видно уменьшение времени притяжения якоря из-за меньшего фи-

зического зазора в обесточенном состоянии реле (промежуток $г$, рис. 4, $в$) и уменьшения периода свободных колебаний при отпадании якоря реле, обусловленное его меньшим свободным ходом (промежуток $д$, рис. 4, $в$).

На рис. 5 представлены динамические характеристики изменения величины тока в обмотке для исправного реле (рис. 5, a), при износе антимагнитного штифта (рис. 5, $б$) и когда якорь зажат ограничительной скобой (рис. 5, $в$).

Из второй диаграммы (рис. 5, $б$) следует, что величина тока в точке a , имеет меньшее значение, это объясняется большей противо-э.д.с. в цепи обмотки реле, из-за меньшего размера антимагнитного штифта. На третьей диаграмме (рис. 5, $в$) видно отсутствие, характерных для первых случаев, колебаний значения тока, это

объясняется меньшей скоростью и отсутствием свободных колебаний якоря реле, из-за наличия

дополнительного трения якоря об ограничительную скобу.

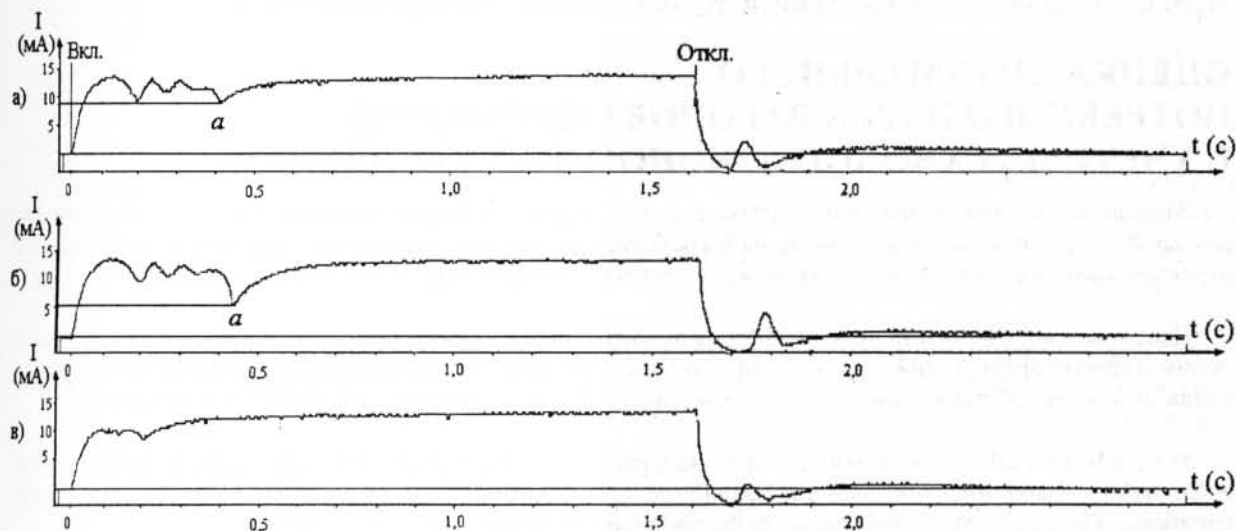


Рис. 5. Динамические характеристики изменения величины тока в обмотке: а) для исправного реле, б) при износе антимагнитного штифта и в) когда якорь зажат ограничительной скобой

Результаты исследований сохраняются в цифровом виде и могут использоваться для аналитического определения механических параметров электромагнитных реле.

Многоканальный цифровой метод диагностики реле предоставляет возможность определять такие механические параметры реле как: высоту антимагнитного штифта, физический зазор (общий ход) якоря, скольжение (совместный ход) общих групп контактов, свободный перелет якоря - не вскрывая защитного кожуха, что дает значительную экономию трудозатрат при проведении регламентных работ. Кроме того, реализуются условия для оптимизации межремонтного периода, тестового контроля каждого прибора и снижается зависимость качества проводимых работ от квалификации специалиста. Данный метод позволяет контролировать явление «дребезга» контактов, что имеет существенное значение в вопросах электромагнитной совместимости аппаратуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разгонов А. П. Стенд для автоматизированной проверки параметров реле // Автоматика, телемеханика и связь. – 1991. – № 2. – С. 52–55.

2. Разгонов А. П. Выбор допусков // Автоматика, телемеханика и связь. – 1988. – № 6. – С. 43.
3. Андреевских А. В. Оптимизация контроля механических параметров электромагнитных реле // Автоматика, телемеханика и связь. – 2003. – № 1. – С. 51–52.
4. Андреевских А. В. Согласование механической и тяговой характеристик нейтрального реле с произвольным контактным набором // Сборник научных трудов КИИТ. – К.: КИИТ – 2003. – № 1. – С. 35.
5. Разгонов А. П. Контроль механических параметров электромагнитных реле / А. П. Разгонов, А. В. Андреевских, Б. М. Бондаренко, Д. А. Безрукавый. // Донецкий ін-т заліз. трансп. Української держ. акад. заліз. трансп.: Зб. наук. пр. – Вип. 4. – Донецьк: ДонІЗТ. – 2005. – С. 4–47.
6. Патент України на винахід 70568. Пристрій для вимірювання переміщення якоря електромагнітного реле / А. П. Разгонов, О. В. Андреевских, Б. М. Бондаренко; – 2007, Бюл. № 5.
7. Деклараційний патент на корисну модель 7850. Пристрій для вимірювання механічних параметрів електромагнітного реле / А. П. Разгонов, О. В. Андреевских, Б. М. Бондаренко, Д. А. Безрукавий – 2005, Бюл. № 4.
8. Деклараційний патент на корисну модель 11888. Спосіб визначення механічних параметрів електромагнітного реле / А. П. Разгонов, О. В. Андреевских, Б. М. Бондаренко, Д. А. Безрукавий – 2006, Бюл. № 5.

Поступила в редколлегию 25.06.07

ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОГО ПОТРЕБНОГО ПАРКА ВАГОНОВ ОПЕРАТОРОВ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ

Запропоновано метод розрахунку оптимального потрібного парку вантажних вагонів операторських компаній та промислових підприємств, який урахує технологічні, фінансові та інші ризики при виконанні перевезень власними вагонами і частковому використанні вагонів інвентарного парку.

Предложен метод расчета оптимального потребного парка грузовых вагонов операторских компаний и промышленных предприятий, который учитывает технологические, финансовые и другие риски при выполнении перевозок собственными вагонами и частичном использовании вагонов инвентарного парка.

The method for calculation an optimum necessary park of freight carriages of operators companies and industrial enterprises is offered. A method takes into account the technological, financial et al risks at implementation of transportations. The feature of method consists in the partial use of carriages of inventory park.

Введение

Парк собственных вагонов операторов железнодорожного транспорта и промышленных предприятий является главным фактором в конкурировании на рынке транспортных услуг. Проблема оценки рационального потребного парка в зависимости от предполагаемого объема перевозок, несомненно, имеет первостепенную важность. Важным результатом [1] является методика расчета, а также номограммы зависимости рациональных размеров потребных парков собственных вагонов от объемов перевозок грузов, нормативного оборота вагонов и статической нагрузки, которые позволяют прогнозировать необходимое для перевозки количество собственных вагонов операторских компаний. Предложенные в [1] положения, несомненно, важные для организации рациональной работы компаний операторов, все же не являются полными и единственными. Например, не обязательно выполнять все перевозки только за счет использования собственных вагонов операторов, особенно при потенциальной возможности изменений объемов перевозок в будущем. Здесь при планировании следует учитывать риск получить избыточный, или недостаточный в будущем парк вагонов, который следует сопоставлять с теми затратами и другими условиями по организации перевозок, что могут быть связаны с частичным использованием вагонов инвентарного парка. Установленная в [1; 2] квадратическая модель, позволяющая установить связи между рациональным количеством потребного парка собственных вагонов и среднесуточным объемом перевозок

грузов, может использоваться для оценки финансовых рисков, связанных с планированием размеров собственного вагонного парка операторов. Таким образом, и в этом случае возникает проблема согласования взаимодействия вагонных парков различных собственников, как при формировании парков и планировании работы, так и при выполнении грузовых перевозок. Зависимость рационального количества собственных вагонов от объемов перевозки может быть не одинаковой для различных родов подвижного состава, объемов перевозок грузов, районов курсирования вагонов операторов. В общем случае на основе данных автоматизированных систем грузовых перевозок Укрзалізничці должны быть исследованы формы связи, представляющие зависимости рационального количества вагонов операторов от объема перевозки (среднесуточная погрузка вагонов) и указанных факторов.

Разработка метода расчета потребного парка с учетом рисков и использования вагонов инвентарного парка

Проблема оценки потребного парка вагонов операторов в зависимости от предполагаемых объемов перевозки, которые обеспечивают оператору перевозку с заданными свойствами (своевременность, стоимость либо рентабельность, надежность, др.) является одной из наиболее важных и сложных для операторов железнодорожного транспорта. Новым в нашем случае является аспект учета рисков, имеющих на этапе принятия решений по формированию парка вагонов операторов. Задачей

оценки оптимальной потребности собственного парка вагонов операторов, возникающей в этом случае, является расчет части требуемых перевозок, которую следует выполнять своими вагонами, считая, что остальная перевозка выполняется вагонами инвентарного парка. Критерием оптимального выбора является минимум суммарного экономического риска. Эта задача сформулирована и исследована в работе. При этом также рассмотрены вопросы выбора видов рисков, оценки их потенциальных возможностей (учитывая разные формы неопределенности), учета изменения возможных объемов перевозок и планирования инвестирования для приобретения вагонов.

Обоснование постановки задачи

Целесообразность организации перевозок в собственных вагонах операторских компаний при одновременном использовании вагонов Укрзалізнички обусловлена несколькими существенными факторами. Потребность в эффективном использовании вагонного парка, владельцем которого является операторская компания, вытекает из роста транспортной составляющей в стоимости грузов, перевозимых железными дорогами. Это негативно влияет на конкурентоспособность железнодорожного транспорта в целом. Такое качество перевозочного процесса как надежность транспортных услуг может оцениваться несколькими параметрами: стоимость перевозок, сроки доставки грузов, уровень их сохранности. Надежность перевозок зависит от уровня надежности работы всех элементов логистической цепочки по доставке грузов. По данным [3] в современных условиях надежность перевозочного процесса в целом по сети железных дорог составляет 50 %. Из-за замедления обращения оборотных средств, грузовладельцы несут убытки. Операторские компании, владельцы подвижного состава, вынуждены приобрести и удерживать завышенный парк собственных вагонов. Это требует от операторской компании значительных неприбыльных капитальных вложений на приобретение вагонов, дополнительные эксплуатационные расходы на содержание подвижного состава и управление перевозками. Стоимость перевозки порожнего подвижного состава парка железных дорог учтена в тарифах на перевозку грузов. Порожняк пересылается по регуляторическим заданиям железнодорожных администраций за их счет. Коэффициент порожнего пробега является нормируемой величиной и его увеличение ухудшает экономические по-

казатели железных дорог. При планировании перевозок собственными вагонами операторских компаний требуется организация возврата порожних вагонов после выгрузки за счет грузополучателя или непосредственно операторской компании.

Разработанный в [1; 2] метод учитывает, что потребный вагонный парк операторской компании (ПВПОК) зависит от таких факторов: среднемесячный объем перевозок; нормативное обращение собственного вагона; средняя статическая нагрузка; дополнительные расходы времени операторской компанией на подготовку, техническое обслуживание, ремонт вагонов; дополнительные расходы времени из-за несоблюдения железными дорогами либо грузоотправителями, либо грузополучателями договорных обязательств. Модель определения потребности в парке вагонов операторской компании имеет вид

$$N^{\text{потр}} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где $N^{\text{потр}} = f(K^{\text{дост}}, K^{\text{обсл}}, Q_{\text{ср}}^{\text{мес}}, \Theta_{\text{собств}}^{\text{дост}}, P_{\text{ст}})$

Принимая планируемые среднемесячные объемы перевозок одинаковыми, получают расчетные соотношения для определения рационального вагонного парка

$$N_{\text{потр}} = \frac{12}{365} \times K_{\text{дост}} \times K_{\text{обсл}} = \frac{Q_{\text{ср}}^{\text{мес}} \times \Theta_{\text{собств}}^{\text{дост}}}{P_{\text{ст}}} \quad (2)$$

где $N_{\text{потр}}$ - потребный парк ПВПОК, достаточный для обеспечения запланированных объемов перевозок грузов, вагонов; $K_{\text{дост}}$ - коэффициент, который учитывает несоблюдение нормативных технологических сроков доставки грузов и обращения вагонов операторской компании; $K_{\text{обсл}}$ - коэффициент дополнительных затрат времени на подготовку, техническое обслуживание, ремонт вагонов; $Q_{\text{ср}}^{\text{мес}}$ - запланированный среднемесячный объем перевозок, тонн; $\Theta_{\text{собств}}^{\text{дост}}$ - нормативный оборот вагонов операторской компании, суток; $P_{\text{ст}}$ - средняя статическая нагрузка вагона собственности операторской компании, тонн/ваг. Принимаются следующие значения коэффициентов - $K_{\text{дост}} = 1,1$, $K_{\text{обсл}} = 1,15$.

В расчетах рассматриваются варианты наиболее благоприятного использования грузоподъемности вагонов парка операторов

$$N_{\text{потр}} = 0,033 \times K_{\text{дост}} \times K_{\text{обсл}} = \frac{Q_{\text{ср}}^{\text{мес}} \cdot \Theta_{\text{собст}}^{\text{дост}}}{P_{\text{ст}}} \quad (3)$$

и получают формулу для расчета потребного парка собственных вагонов

$$N_{\text{потр}} = \frac{Q_{\text{ср}}^{\text{мес}} \cdot \Theta_{\text{собст}}^{\text{дост}}}{P_{\text{ст}}}, \quad (4)$$

где переменными величинами является средне-месячный объем перевозок ($Q_{\text{ср}}^{\text{мес}}$) и нормативный оборот вагона ($\Theta_{\text{собст}}^{\text{дост}}$).

Такой приближенный метод расчета не учитывает зависимость парка вагонов операторских компаний Украины от фактического имеющегося объема при переменных параметрах статической нагрузки $40 \leq P_{\text{ст}} \leq 70$ (т/ваг.). При расчетах ПВПОК также следует учитывать возможности приобретения и содержания вагонов, а также ожидаемые прибыли от их эксплуатации вместо перевозок вагонами инвентарного парка Укрзализныци.

Для операторской компании при выборе величины ПВПОК главное – это наличие достаточных запланированных объемов перевозок. Кроме того, система перевозок грузов операторскими компаниями должна базироваться на технологии «Доставка в установленный срок», чтобы приблизить нормативные сроки доставки к оптимальным потребностям клиентов. Особенностью работы операторских компаний является учет и других критериев эффективности перевозок – время перемещения груза от грузоотправителя к грузополучателю, учитывая дополнительные расходы времени из-за несоблюдения нормативных (технологических) сроков доставки грузов и оборота вагонов; – изношенность парка вагонов, когда также учитываются дополнительные расходы времени на подготовку, техническое обслуживание, ремонт вагонов; – качества предоставленных услуг как процент случаев несохранности перевозки; – надежность времени прибытия грузов. Приведенные показатели далее вводятся в модель совместимой работы нескольких вагонных парков в виде факторов риска (технологических и экономических).

При исследовании вопроса по эффективности организации совместимой работы вагонных парков операторов и инвентарного парка необходимо учитывать разные параметры одного из главных показателей – оборот вагонов, а также плату за подачу порожних вагонов.

Оборот вагона включает время доставки груза от подъездных путей отправления к подъ-

ездным путям назначения, время доставки порожних вагонов (груз на своих осях). Уменьшение этого показателя позволяет снизить количество парка вагонов, потребного для выполнения запланированных перевозок грузов, снизить себестоимость перевозок, увеличить прибыли операторской компании – владельца подвижного состава. Как известно, нормативные сроки доставки грузов вычисляются с 24 часа даты принятия груза к перевозке, а размеры сроков доставки грузов определяются, исходя из расстояния. За несвоевременную доставку грузов и порожних вагонов, которые принадлежат предприятиям – клиентам или операторам перевозок, в соответствии с требованиями Устава железных дорог Украины дороги обязаны возместить получателю штраф. Отмеченные положения позволяют оценить финансовые риски, которые возникают при железнодорожных перевозках.

Сравнение показателя оборота грузового вагона инвентарного парка и собственных вагонов операторов позволяет установить их различия, состоящие в следующем. В обороте вагонов инвентарного парка учитываются $t_{\text{груз}}$ – среднее время нахождения вагона под одной грузовой операцией (часов), а также $k_{\text{м}}$ – коэффициент местной работы железной дороги, дирекции. В то же время в [1] для расчета времени оборота вагонов учитываются $t_{\text{груз}}$ – среднее время нахождения вагона собственности операторской компании под одной грузовой операцией (часов), и $k_{\text{сдв}}$ – коэффициент сдвоенных операций выгрузки и погрузки. Другие характеристики оборота вагонов указанных категорий являются одинаковыми. В связи с тем, что у собственных вагонов операторов чаще имеет место обратной пробег в порожнем состоянии за счет средств операторов; параметр $k_{\text{сдв}} = 2$, потому что осуществляются обе операции выгрузки и погрузки.

Разработанная в [1, 2] методика расчета ПВПОК в основном учитывает технологию взаимодействия между компаниями операторов и предприятиями Укрзализныци, нормативный оборот грузовых вагонов, статическую нагрузку, а в определенной степени также и неравномерность процесса перевозок и обслуживания технических средств железных дорог Украины (в форме коэффициентов неравномерности).

Отметим некоторые ограничения на использование представленного выше метода расчета ПВПОК. Во-первых, предполагается, что каждый вагон оператора будет иметь один

полигон курсирования и перевозить один вид груза. Во-вторых, оператор имеет достаточный ресурс для приобретения, содержания и управления потребным парком. При этом не учитываются его потенциальные риски, связанные с возможными изменениями объемов перевозок, либо конкуренцией на рынке транспортных услуг. В-третьих, вид зависимости рационального потребного парка вагонов от объемов перевозок при вариации условий может быть изменен, и он все же не учитывается при расчетах. При оценке числа вагонов необходимо учитывать как нелинейную модель зависимости потребного парка от объемов перевозки (значит и эксплуатационных и др. затрат), так и линейную модель зависимости прибыли от собственного парка [1]. Критерием выбора при расчетах потребного парка вагонов собственности операторов следует считать минимум дополнительного суммарного экономического риска при организации процесса перевозок, оценивая и возможности использования вагонов инвентарного парка.

Будем рассчитывать оценку рационального потребного вагонного парка операторов, исходя из следующих положений.

1. Зависимость рационального количества собственных вагонов от объемов перевозки не одинакова для различных родов подвижного состава, объемов перевозок грузов, районов курсирования вагонов.

2. При планировании необходимо учитывать риск получить избыточный, или недостаточный в будущем парк вагонов, который должен оцениваться и сопоставляться с затратами и мерами по организации перевозок, связанными с частичным использованием вагонов инвентарного парка.

3. В методе расчетов необходимо согласование взаимодействия вагонных парков различных собственников, как при формировании парков и планировании работы, так и при выполнении грузовых перевозок.

Модель и метод расчета оптимального потребного парка вагонов операторов с учетом условий риска

Построим математическую модель задачи расчета оценки оптимального ПВПОК, предназначенной для нахождения части от заданного объема перевозок, которую следует выполнять собственными вагонами. Отличием модели является учет рисков при формировании потребного парка вагонов операторов (ППВО). В связи с тем, что в экономической и другой литературе нет однозначного и установившегося по-

нятия риска, далее риски понимаются как возможные дополнительные затраты или недополучение прибыли, связанные с реализацией грузовых перевозок. Эти возможные затраты, представляющие финансовые оценки рисков, сопоставляются с затратами и другими условиями по организации перевозок при частичном использовании вагонов инвентарного парка. Такая интерпретация соответствует содержанию рисков как оценкам (объективным, субъективным, статистическим и др.) возможностей наступления каких-либо ожидаемых событий или же отклонениям рассматриваемых величин от эталонных (плановых и др.) значений с позиций лиц, принимающих решения.

В качестве критерия оптимального выбора используем минимум суммарного экономического риска при выполнении перевозки.

При выборе видов потенциально возможных и значимых рисков для представления в модели учитываются неопределенности в оценках ряда характеристик процессов перевозки. К ним относятся учет возможных изменений объемов перевозок, технологический риск, обусловленный неравномерностью процессов доставки грузов в период T_k , дополнительные затраты связанные с износом парка вагонов, надежность времени прибытия грузов, а также качество услуг в виде сохранности перевозимых грузов. Эти последние характеристики для вагонных парков операторов и инвентарного парка, как известно, оказываются различными [1 ... 3].

Формализацию задачи по расчету ПВПОК на основе финансовых рисков проведем по следующей схеме. Планируемый объем перевозок разделим на две составляющие

$$Q = Q_{св} + Q_{ип}; \quad Q_{исв}; Q_{ип} \quad (5)$$

где $Q_{ип}$ – планируемая перевозка вагонами инвентарного парка в период T_i , $Q_{исв}$ – планируемая перевозка вагонами собственного парка оператора в период T_i , $Q_{св}$ – планируемая перевозка вагонами собственного парка, $Q_{ип}$ – планируемая перевозка вагонами инвентарного парка.

Пусть удельное отклонение от норматива перевозки, обеспечивающей устойчивую технологию некоторого потребителя транспортных услуг в период $T_i - \Delta \geq 0$, ведет к затратам e_1 , а при условии $\Delta < 0$ – приводит к дополнительным затратам e_2 . Обозначим вероятности технологических рисков отклонений Δ от плановых эталонных значений Q_i через величины $P_{исв}(\Delta)$; $P_{ип}(\Delta)$.

Финансовые риски при перевозках собственным парком вагонов можно представить в следующем виде:

$$\Delta E_{icb} = [\Delta Q_{icb} = (Q_{icb} - Q_{icb}(N_{cb}))] P_{icb} e_q, \quad q = \overline{1, 2} \quad (6)$$

где Q_{icb} – соответствует (5), $Q_{icb}(N_{cb})$ – действительная реализация перевозки собственным парком вагонов операторов для периода T_k , ожидаемая с вероятностью $P_{icb}(\Delta)$.

С помощью оценок рисков по периодам T_k (6) может быть рассчитана интегральная оценка экономического риска от перевозки Q_{cb} собственным парком операторов согласно

$$E_{cb}^{(p)} = \begin{cases} \sum_i \Delta Q_{icb} P_{icb}^{(+)} e_1; & \Delta_i^{cb} > 0 \\ \sum_i |\Delta Q_{icb}| P_{icb}^{(-)} e_r; & \Delta_i^{cb} < 0 \end{cases}, \quad (7)$$

где $P_{icb}^{(+)}, P_{icb}^{(-)}$ – оценки вероятностей событий при $\Delta \geq 0$ и $\Delta < 0$ соответственно.

$$E_{ин}^{(p)} = \begin{cases} \sum_i \Delta Q_i P_{ин}^{(+)} e_3; & \Delta_i^{ин} > 0 \\ \sum_i |\Delta Q_i| P_{ин}^{(-)} e_4; & \Delta_i^{ин} < 0 \end{cases}. \quad (8)$$

Так же формируются оценки финансовых рисков при перевозках грузов вагонами инвентарного парка. Выполнив подобные построения, получаем модель вида (8). В уравнении (8) характеристики e_3 и e_4 содержательно соответствуют дополнительным затратам (e_1, e_2), но представляют свойства перевозок вагонами инвентарного парка.

Величины (7), (8) служат оценками экономических рисков, возможных из-за неравномерности процессов доставки грузов. Дополнительные затраты, риски, а также качество услуг в виде сохранности перевозимых грузов, могут быть представлены на основе такого же подхода к моделированию процессов. Для расчетов количественных показателей могут быть использованы результаты [1, 2].

Целевая функция и задача оптимизации по оценке величины потребного парка вагонов операторов N , полученная с использованием построенных моделей рисков, имеет вид:

$$E_{\Sigma}(N) = E_{пок}(N) + E_{рем}(N) + E_{эксп}(N) + E_{упр}(N) + E_{cb}^{(p)}(N) + E_{ин}^{(3)}(N) \rightarrow \min_{Q_{cb}} \quad (9)$$

где $E_{пок}(N)$ – затраты на приобретение вагонов, $E_{рем}(N)$ – затраты на ремонт, $E_{эксп}(N)$ – затраты, связанные с эксплуатационными расходами, $E_{упр}(N)$ – управление вагонным парком, $E_{cb}^{(p)}(N), E_{ин}^{(3)}(N)$ – дополнительные финансовые риски из-за неравномерности доставки грузов.

В модели задачи расчета ПВПОК (9) наряду со значениями $E_{cb}^{(p)}(N), E_{ин}^{(3)}(N)$ могут быть учтены и другие дополнительные финансовые риски, связанные с износом парка вагонов, надежностью времени прибытия грузов и остальными перечисленными выше факторами.

Схема алгоритма расчета рационального парка ППВО N^* может быть представлена следующими укрупненными операторами.

1. Задать предполагаемый объем Q_{cb} (5).
2. Оценить $N_{cb}(Q_{cb}): N_{cb} = \Psi(Q_{cb})$.
3. Вычислить оценки затрат (6) – (8), компоненты (9).
4. Перебором Q_{cb} найти $\min E_{\Sigma}(N)$ (9).

В связи с высокой ответственностью решения о парке собственных вагонов операторской компании реализация экстремальной задачи (9) выполняется методом перебора. В модель могут быть введены дополнительные ограничения (финансовые, технологические, организационные) на отдельные составляющие $E_{пок}(N)$, $E_{рем}(N)$, $E_{эксп}(N)$, $E_{упр}(N)$, а также на суммарный объем используемых ресурсов вида

$$E_{пок}(N) + E_{рем}(N) + E_{эксп}(N) + E_{упр}(N) + E_{cb}^{(p)}(N) + E_{ин}^{(3)}(N) \leq E_{const}. \quad (10)$$

На этапе 2 приведенного алгоритма расчета ПВПОК использован оператор $N_{cb}(Q_{cb}): N_{cb} = \Psi(Q_{cb})$, который позволяет рассчитать рациональное количество собственных вагонов оператора на основе предполагаемого объема перевозки Q_{cb} , используя квадратические модели зависимости числа вагонов от Q_{cb} , предложенные в работе [1], или же другие подобные зависимости, полученные на основе анализа данных автоматизированных систем железнодорожного транспорта (в том числе АСК ВП УЗ) о реализации процессов грузовых перевозок. При вычислении характеристик рисков на этапе 3 алгоритма могут быть использованы модели по расчету ожидаемых оценок прибыли, представленные в [1, 2].

Для реализации предложенной модели по оценке парка ППВО необходимо рассчитать вероятностные меры рисков $P_{исв}(\Delta)$, $P_{инп}(\Delta)$ и других. Они могут быть получены на основе анализа данных мониторинга процесса перевозок по данным автоматизированной системы АСК ВП УЗ. При этом в зависимости от объема, характера исследуемых данных и их интерпретации можно построить различные классы математических моделей, представляющих задачу выбора оптимального потребного парка вагонов операторов. Так при использовании нечетких и интервальных мер для оценок рисков, $\tilde{P}_i$ [4], получаются соответствующие нечеткие и интервальные модели задачи выбора ПВПОК.

Остановимся на вопросе анализа данных и расчета рисков, связанных с неравномерностью процессов грузовых перевозок, полученных на основе результатов мониторинга процессов грузовых перевозок средствами автоматизированных систем Укрзализныци. На рис. 1, рис. 2 представлены некоторые типичные данные, характеризующие неравномерность процессов эксплуатации собственных вагонных парков, принадлежности Украины и России. Это касается как сдачи, так и приема вагонов. Рис. 1 отражает характер встречных перевозок порожних вагонов. Рис. 2 показывает, что сдача груженых полувагонов собственников Украины имела в представленном периоде большую неравномерность, чем собственники России

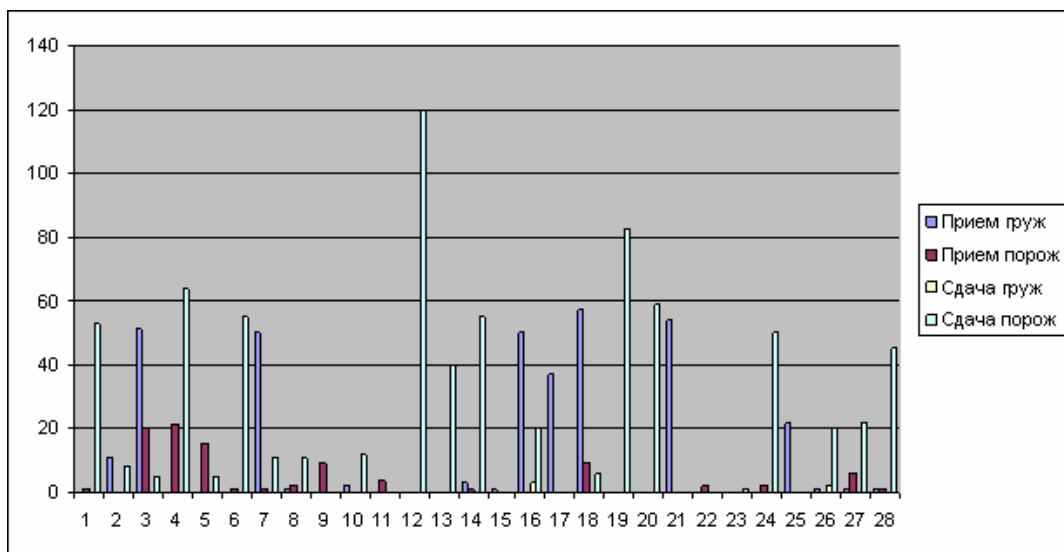


Рис. 1. Учет обмена по стыкам с РЖД собственными полувагонами

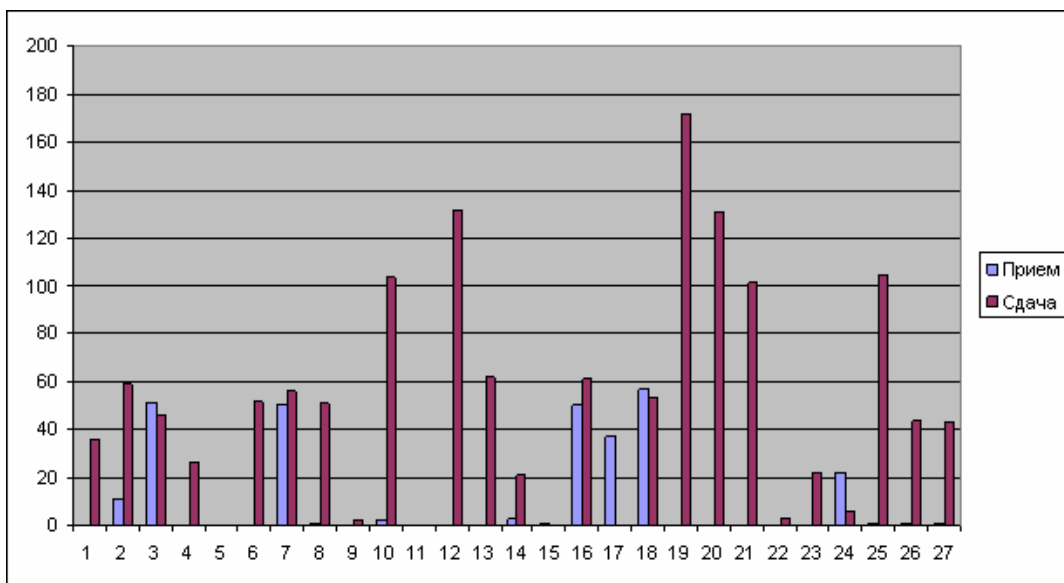


Рис. 2. Анализ перехода по стыкам собственных груженых полувагонов (УЗ)

Причем, отмечается сдача порожняка, который в значительной степени мог бы перекрыть потребности в перевозках. Результаты мониторинга показывают, что предположение методики [1] о равномерности перевозок не совсем оправдывается. Объемы перевозок вагонами операторских компаний не были высокими, с учетом отмеченных возможных рисков в доставке грузов в срок они вполне могли быть выполнены вагонами инвентарного парка, по крайней мере, в некотором установленном количестве.

Выводы

Проблема оценки рациональной потребности в собственном вагонном парке операторских компаний и промышленных предприятий должна решаться, исходя из требований минимизации технологического-экономического рисков, возникающих при доставке грузов с учетом современных требований к перевозкам. Разработанная в статье модель и метод по расчету потребного парка вагонов собст-

венников учитывает условия неполноты информации на этапе планирования, и служит основанием для систематизации информации и более полной оценки возможностей использования инвентарного парка при организации грузовых перевозок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулешов В. В. Удосконалення технології перевезень вагонами операторських компаній на основі ресурсозбереження // Автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук, Харків, – 2006. – 20 с.
2. Данько М. І., Кулешов В. В. Визначення парку вагонів операторських компаній для забезпечення перевезень вантажів залізничним транспортом // Зб. наукових праць / УкрДАЗТ, вип. 57, 2004. – С. 121 – 128.
3. Тишкин Е. М. Информационно-управляющие технологии эксплуатации вагонного парка. Труды ВНИИАС, вып. 4. – Москва: 2004. – 184 с.
4. Згуровский М. З. Интегрированные системы управления и проектирования. – Киев: Высшая школа, 1990. – 351 с.

Поступила в редколлегию 15.05.07.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В РЕЖИМАХ ТЯГИ И РЕКУПЕРАТИВНО-РЕОСТАТНОГО ТОРМОЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПОЕЗДАХ ЭР2Т

У роботі досліджено рекуперативно-реостатне гальмування електропоїзда ЕР2Т в діапазоні швидкості від 120 до 15 км/г, дано рекомендації з водіння поїздів.

В работе исследовано рекуперативное и реостатное торможение электропоезда ЭР2Т в диапазоне от 120 до 15 км/ч, даны рекомендации по вождению поездов.

In work recuperative and rheostatic braking an electric train AYR2T in a range from 120 up to 15 km/h, are given the recommendation on driving on driving trains is investigated.

Вступление. На электропоездах ЭР2Т отсутствует описание принципа работы системы автоматического управления торможением САУТ.

Кроме того, как показал опыт эксплуатации, на этих электропоездах при переходе из режима тяги в режим рекуперативного торможения при высоких скоростях движения имеет место иногда возникновение круговых огней на коллекторах тяговых двигателей при нерационально выбранных токовых уставок в силовой цепи.

Цель работы – разработать принципиальную схему действия САУТ на электропоездах ЭР2Т; рассчитать и построить характеристику рекуперативно-реостатного торможения с ограничением по коммутации тяговых двигателей для практического использования в эксплуатации.

Материал и результаты исследования. САУТ предназначена для регулирования тока якорей тяговых двигателей в режимах рекуперативного торможения при независимом возбуждении. При достижении значения тока возбуждения (например, 250 А) выдает сигнал на переход к реостатному торможению с самовозбуждением.

В состав САУТ входят следующие основные устройства (рисунке):

- трансформатор возбуждения;
- импульсные трансформаторы;
- управляемый тиристорный мост;
- блок управления – БУ;
- датчики тока и возбуждения.

Информация о величинах тока якоря и тока возбуждения тяговых двигателей, работающих генераторами, поступают от датчиков тока якоря и тока возбуждения в ячейку источника питания ИП. В этой ячейке наряду с источником

питания размещена схема, содержащая задающие устройства (уставки) и датчик интенсивности нарастания величины этого задающего устройства.

При установке тормозной рукоятки на контроллере машиниста в положение 1Т получает питание провод 4 и задается уставка – 100 А, при положении тормозной рукоятки в 2Т получает питание провод 1 (1А) и задается уставка – 250 А, а при положении тормозной рукоятки в 3Т получает питание провод 41 и задается уставка – 350 А.

Истинное значение тока якоря (в виде напряжения датчика тока якоря ДТЯ) совместно с задающим устройством, а также значение тока возбуждения ДТВ поступают в ячейку «Р» (регулятор тока). В этой ячейке размещена основная часть схемы, формирующей напряжение управления фазорегуляторами, необходимое для поддержания задающего значения тока якорей в нормальном режиме и неизменного тока возбуждения при отрывах токоприемника.

С выхода от одного из каналов регулирования тока якоря ячейки «Р» поступает напряжение управления $U_{упр}$ в две ячейки фазорегуляторов (ФР). При уменьшении тока рекуперации напряжение управления уменьшается, а при возрастании наоборот увеличивается.

Предварительно для рассмотрения назначения ячейки фазорегулятора рассмотрено назначение ячейки формирователя синхронизирующих сигналов (ФСС). Эта ячейка состоит из трех одинаковых каналов, на входы которых подаются три фазных напряжения (А, В, С) от синхронного генератора преобразователя 1ПВ.6.

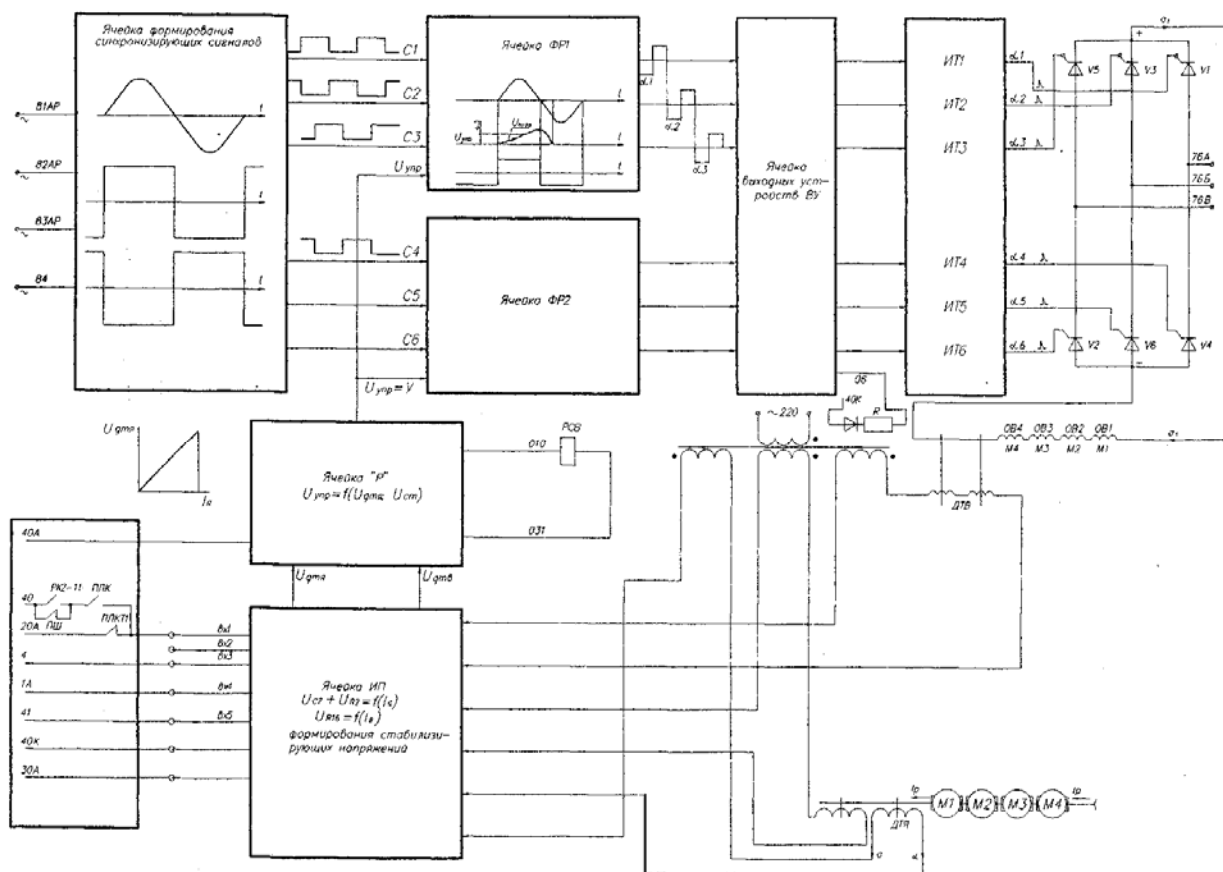


Рис.

Каждый канал формирует два синхронизирующих сигнала, а с выхода ячейки «ФСС» снимается шесть синхронизирующих сигналов, которые подаются на входы фазорегуляторов.

Таким образом, переменное синусоидальное напряжение каждой фазы в положительной и отрицательный периоды благодаря ячейки ФСС согласуется с началом работы каждого канала фазорегулятора.

В состав БУ входят две одинаковые ячейки ФР, каждая из которых содержит три одинаковых канала. Шесть каналов, размещенных в двух ячейках ФР, предназначены для управления шестью тиристорами, питающих обмотки возбуждения тяговых двигателей. На вход каждого из каналов подается синхронизирующий сигнал и напряжение управления $U_{упр}$.

Формируется пилообразное напряжение отдельно только в положительный полупериод синусоидального напряжения фазы и отдельно в другом канале только в отрицательный полупериод синусоидального напряжения фазы и они сравниваются с напряжением управления $U_{упр}$. Когда абсолютное значение пилообразного напряжения превысит 1–2 % абсолютного значения напряжения управления, на выходе

канала фазорегулятора появится несколько импульсов напряжения, которые после усиления через импульсные трансформаторы подаются на соответствующие тиристоры моста статического возбудителя. При этом фактически определяется величина угла регулирования управляемого моста.

При рекуперативном торможении скорость движения электропоезда ЭР2Т уменьшается, следовательно, будет стремиться уменьшиться ток рекуперации и напряжение управления. Это приведет к уменьшению угла регулирования в пределах от 90° до 30° управляемого моста, а следовательно, к увеличению напряжения на статическом преобразователе от 0 до 150 В, и в конечном итоге, к поддержанию почти постоянства заданного тока рекуперации. Так как САУТ статическая, то ток рекуперации с уменьшением скорости торможения несколько будет уменьшаться, но на незначительную величину.

В ячейке ФР имеется канал включения реле самовозбуждения – РСВ, который при достижении тока возбуждения в цепи обмоток возбуждения тяговых двигателей 250 А включается и выдает команду на переключение схемы в режим реостатного торможения с самовозбуждением.

Как указывалось, с каждого канала фазорегулятора поступают «пачки» импульсов, что позволяет исключить «сбои» схемы управления, если момент первого переключения схемы сравнения несколько опережает появление положительного потенциала на аноде соответствующего тиристора.

Для преобразования прямоугольного импульса напряжения с каждого канала ячейки фазорегулятора в кратковременный импульс, а также для гальванической развязки потенциала высокого напряжения управляемого моста от потенциала системы электронного управления, применена ячейка выходного устройства ВУ.

ВУ состоит из шести усилительных каскадов, каждый выход из которых связан с импульсным трансформатором ИТ отдельного блока, не входящего в БУ САУТ. Кратковременные импульсы напряжения поступают с ИТ на управляющие электроды соответствующих тиристоров для их открытия.

При установке рукоятки контроллера машиниста в положение «1Т» в интервале времени, в течении которого будет собираться схема до включения контактора ЛКТ, ток рекуперации равен нулю и только после включения контактора ЛКТ ток рекуперации начнет плавно нарастать до 100 А благодаря наличию задатчика интенсивности, роль которого выполняет конденсатор С7 и в ячейки источника питания.

При установке рукоятки контроллера машиниста в положение «2Т» ток рекуперации со значения 100 А также плавно будет нарастать до значения 250 А и т. д.

В случае возникновения юзования колесных пар срабатывает реле юзования Э1, Э2 или Э3, получает питание провод «87И» и ток уставки рекуперативного тока плавно уменьшается до 100 А. После прекращения юзования колесных пар автоматически увеличивается ток рекуперации якоря тягового двигателя до прежней величины тока уставки.

Расчет и построение рекуперативно-реостатной тормозной характеристики в зависимости от скорости торможения и ее ограничения

При установке тормозной рукоятки КМ в положение 1Т собирается схема рекуперации с уставкой тока рекуперации 100 А. Предположим скорость движения в этот момент равна 120 км/ч при $U_{\text{кв}} = 3000$ В. Тогда ток рекуперации установится

$$I = \frac{4C\Phi_B V_p - U_{\text{кв}}}{R_{\text{общ}}} \quad (1)$$

Откуда

$$C\Phi_B = \frac{U_{\text{кв}} + I_p R_{\text{общ}}}{4V_p} \quad (2)$$

где

$$R_{\text{общ}} = 4R'_{\text{дв}} + R_{\text{нш}} = 4 \cdot 0,09 + 0,03 = 0,4 \text{ Ом};$$

$$C\Phi_B = \frac{3000 + 100 \cdot 0,4}{4 \cdot 120} = 6,3 \frac{\text{В} \cdot \text{ч}}{\text{км}}.$$

Тормозное усилие электропоезда из десятивагонного состава равно

$$B_T = 1,05 \cdot 3,6 \cdot C\Phi_B I_p \cdot n_{\text{дв}} = 1,05 \cdot 3,6 \cdot 6,3 \cdot 100 \cdot 20 = 47 \text{ кН}.$$

Значению $C\Phi_B = 6,3 \frac{\text{В} \cdot \text{ч}}{\text{км}}$ по кривой намагничивания двигателя соответствует ток возбуждения $I_B = 30$ А. Ограничение по коммутации составляет

$$\gamma = \frac{I_B}{I_{\text{я}}} = \frac{30}{100} = 0,3$$

или

$$\frac{I_{\text{я}}}{I_B} = \frac{100}{30} = 3,3$$

при допустимом отношении 5.

Если установить при скорости 120 км/ч рукоятку КМ в положение 2Т и соответственно задать ток уставки 250А, то тогда

$$C\Phi_B = \frac{3000 + 250 \cdot 0,4}{4 \cdot 120} = \frac{3100}{4 \cdot 120} = 6,46 \frac{\text{В} \cdot \text{ч}}{\text{км}}.$$

Значению

$$C\Phi_B = 6,46 \frac{\text{В} \cdot \text{ч}}{\text{км}}$$

соответствует ток $I_B = 35$ А. Тогда ограничение по коммутации будет

$$\gamma = \frac{250}{35} = 7,1 > 5,$$

что недопустимо.

Расчеты показали, что при скорости движения 100 км/ч можно устанавливать тормозную рукоятку КМ в положение 2Т, что соответствует току уставки рекуперации 250 А.

Аналогичные расчеты показали, что в этом случае $\gamma = \frac{250}{50} = 5$, то есть на пределе ограничения по коммутации. Тормозное усилие электропоезда $B_T = 146 \text{ кН}$. При скорости $V = 80 \text{ км/ч}$ и ниже до 45 км/ч можно устанавливать рукоятку КМ в положение 3Т, что соответствует току уставки 350 А . В этом случае ток возбуждения станет равным $I_B = 70 \text{ А}$, а ограничение по коммутации будет равно $\gamma = \frac{350}{70} = 5$, т. е. на пределе ограничения.

При скорости $V = 45 \text{ км/ч}$, что соответствует току возбуждения 250 А , автоматически происходит переход с рекуперативного торможения на реостатное торможение с самовозбуждением под контролем БРУ и поддержанием среднего тормозного тока 365 А , а тормозного усилия $B_T = 500 \text{ кН}$. Расчетная тормозная характеристика электропоезда ЭР2Т представлена на рис. 2.

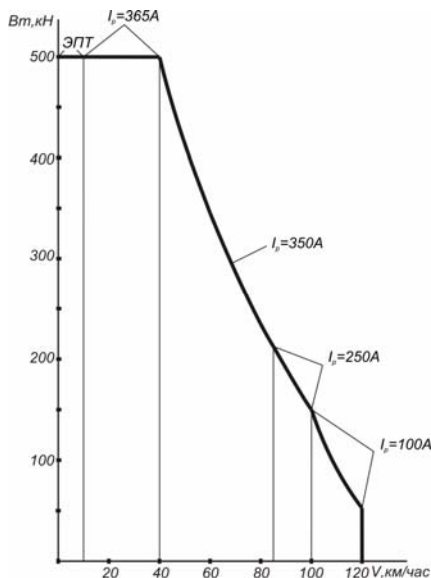


Рис. 2

При скорости $V = 10 \text{ км/ч}$ автоматически вступают в действие электропневматические тормоза ЭПТ до остановки электропоезда ЭР2Т.

Выводы

1. Исследованием установлено, что при переходе работы электропоезда ЭР2Т с тягового режима в рекуперативный имеет место, при нерационально выбранных токовых уставок для якорей двигателей, значительное превышение тока якоря и току возбуждения $\frac{I_{\text{я}}}{I_B} \geq 9,8 \div 6,4$ в диапазоне скоростей от 120 до 80 км/ч при допустимом значении $\frac{I_{\text{я}}}{I_B} \leq 5$, что

может вызвать круговой огонь на коллекторах тяговых двигателей.

2. Рекомендуется при рекуперативном торможении в диапазоне скоростей от 120 до 100 км/ч следовать с током уставки в цепи якорей тяговых двигателей 100 А , а в диапазоне от 100 до 80 км/ч с током уставки 250 А . При скоростях ниже 80 км/ч следовать с током уставки 350 А вплоть до автоматического перехода на реостатное торможение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Н. Г. Висин, Б. Т. Власенко, А. А. Соколов. Повышение надежности работы системы ступенчатого автоматического пуска на электропоездах ЭР2Р, ЭР2Т и ЕПЛ2Т // Вісник Дн. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна: Зб. наук. пр. – 2005. – Вип. 9. – С. 41–46.

Поступила в редколлегию 24.04.2007.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕОСТАТНЫМ ТОРМОЖЕНИЕМ НА ЭЛЕКТРОПОЕЗДАХ ЭР2Т

Розглянуто перехідні процеси в силовому колі тягових двигунів і вплив на роботу ступеневого автоматичного гальмування електропоїздів ЕР2Т. Даються рекомендації щодо підвищення надійності роботи моторвагонного рухомого складу.

Рассмотрены переходные процессы в силовой цепи тяговых двигателей и их влияние на работу ступенчатого автоматического торможения электропоездов ЭР2Т. Даются рекомендации по повышению надежности работы моторвагонного подвижного состава.

The article examines transitional process in the power circuit of tractive motors and their influence on the work of grading automatic breaking of EMU trains ER2T. Recommendations have been developed for increasing reliability of operations of multiple-unit rolling stock.

1. Расчет и построение тормозных реостатных скоростных характеристик электропоезда ЭР2Т при самовозбуждении

1.1. Определение скоростных характеристик электропоезда ЭР2Т.

Скоростные тормозные характеристики электропоезда ЭР2Т рассчитываются по формуле

$$V_T = \frac{I_T (R_T + 4R_{дв})}{4C\Phi_{ов}}, \quad (1)$$

где R_T – сопротивление тормозного резистора, Ом; $R_{дв}$ – общее сопротивление тягового двигателя при $\beta = 0,8$, Ом; β – коэффициент ослабления возбуждения.

Результаты расчета $V_T(I)$ на позициях силового контроллера представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Зависимость $V_0(I)$ силового контроллера

№ поз.	R_T , Ом	Параметры	Токи, А			
			300	350	400	450
		$C\Phi_{ов}$, В·ч/км	17,0	17,75	18,8	19,6
1	9,91	V1	46,9	52,4	56,54	61,0
2	8,01	V2	38,5	43,0	46,4	50,0
3	6,84	V3	33,3	37,3	40,2	43,4
4	6,08	V4	30,0	33,5	36,0	39,0
5	5,07	V5	25,5	28,5	30,8	33,2
6	4,15	V6	21,5	24,0	26,0	28,0
7	3,35	V7	18,0	20,0	21,6	23,4
8	2,67	V8	15,0	16,7	18,0	19,5
9	2,07	V9	12,3	13,8	14,8	16,0

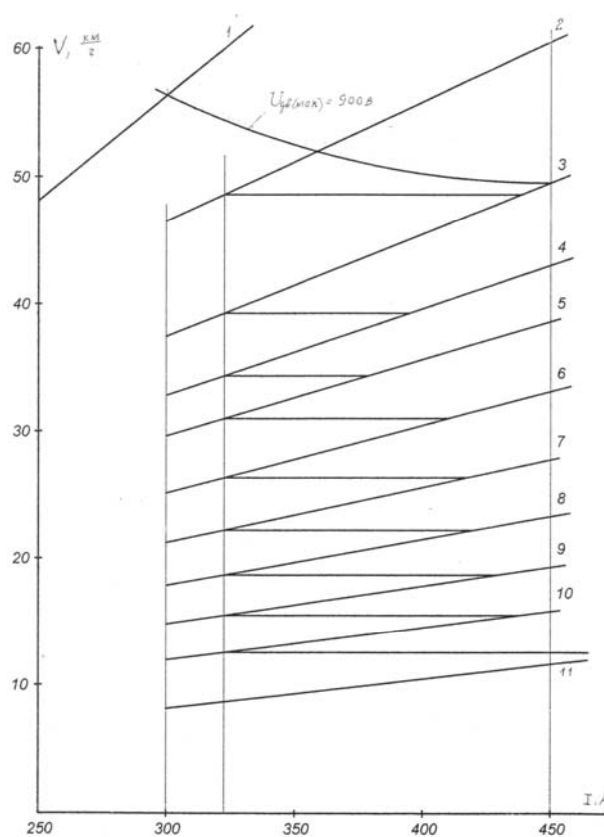


Рис. 1. Тормозные реостатные характеристики электропоезда ЭР2Т

1.2. Построение ограничения тормозных реостатных характеристик. Реостатные характеристики ограничиваются допустимым напряжением на коллекторе тягового двигателя, которое не должно превышать 20 % номинального напряжения, т. е.

$$U_{к(доп)} = 1,2U_{дв(ном)} = 1,5 \cdot 750 = 900 \text{ В.}$$

Ограничение тормозных характеристик определяется по формуле

$$V_{T(огр)} = V_{дв(ов)} \frac{1,2U_{дв(ном)} - I_T \cdot R_{дв}}{U_{дв(ном)} - I_T \cdot R_{дв}} = \\ = V_{дв(ов)} \frac{900 - 0,2I_T}{750 - 0,2I_T},$$

где $V_{дв(ов)}$ – скорость движения при ослабленном возбуждении $\beta = 0,8$, так как реостатное торможение происходит при ослабленном возбуждении.

По результатам расчета на рис. 1 нанесено ограничение скорости тормозных характеристик по коммутации тяговых двигателей.

1.3. Определение характера изменения тока в силовой цепи тяговых двигателей при автоматическом реостатном торможении электропоезда ЭР2Т с самовозбуждением. При переходе силового контроллера 1КС-009 с одной позиции на другую при автоматическом торможении можно записать следующий баланс напряжений:

$$4C\Phi V = 4 \cdot L_{дв} \frac{dI}{dt} + (R_T'' + 4R_{дв}) \cdot I, \quad (2)$$

где $L_{дв}$ – индуктивность двигателя, Гн;

R_T'' – сопротивление тормозного резистора на $(n+1)$ позиции, Ом.

Произведем аналогичную с тяговым режимом линеаризацию кривой намагничивания тягового двигателя:

$$C\Phi = C\Phi_{нач} + K_{\Phi} I. \quad (3)$$

Подставляя в уравнение (3), получим:

$$(C\Phi_{нач} + K_{\Phi} I) \cdot V_2 = \\ = L_{дв} \frac{dI}{dt} + \left(\frac{R_T''}{4} + R_{дв} \right) I \quad (4)$$

или

$$C\Phi_{нач} = L_{дв} \frac{dI}{dt} + \left(\frac{R_T''}{4} + R_{дв} - K_{\Phi} \cdot V_2 \right) I. \quad (5)$$

Уравнение (5) линейное, первого порядка с правой частью.

Оно имеет следующее решение:

$$I = I_{уст} - (I_{уст} - I_2) \cdot e^{-\frac{t}{T}}, \quad (6)$$

где I_2 – значение тормозного тока, с которого начинается переходной процесс при переходе 1КС-009 с « n » на « $n+1$ » позицию, т. е. аналогично тяговому режиму [1].

$$I_{уст} = \frac{C\Phi_{нач} \cdot V_2}{\frac{R_T''}{4} + R_{дв} - K_{\Phi} V_2}, \text{ А}; \quad (7)$$

$$T = \frac{L_{дв}}{\frac{R_T''}{4} + R_{дв} - K_{\Phi} V_2}, \text{ с}; \quad (8)$$

$$V_2 = \frac{\left(\frac{R_T''}{4} + R_{дв} \right) I_2}{C\Phi_{I_2}}, \text{ км/ч}; \quad (9)$$

$$K_{\Phi} = \frac{C\Phi_{I_{py}} - C\Phi_{I_2}}{I_{py} - I_2}, \quad (10)$$

где V_2 , км/ч – скорость при токе I_2 , при котором происходит вывод ступени тормозного резистора при переходе 1КС-009 на следующую позицию; K_{Φ} – коэффициент линеаризации зависимости $C\Phi_v(I)$.

Произведенные исследования переходных процессов характера изменения тормозного тока $I_T(t)$ в силовой цепи тяговых двигателей, работающих генераторами с последовательным возбуждением, при автоматическом реостатном торможении под контролем блока регулятора ускорения БРУ показали, что имеют место «проскоки» очередных позиций вала силового контроллера 1КС-009 так же, как и в тяговом режиме [1]. Это приводит к возникновению продольных динамических ударов в автосцепке вагонов электропоезда, юзованию колесных пар, а иногда к появлению круговых огней на коллекторах тяговых двигателей.

Для устранения выявленных недостатков ненадежной работы ступенчатого автоматического реостатного торможения произведены изменения параметров в БРУ на всех электропоездах ЭР2Т депо Днепропетровск. Опыт эксплуатации электропоездов ЭР2Т с произведенными изменениями показал надежную работу системы автоматического управления ступенчатым реостатным торможением.

2. Исследование работы реостатного торможения при независимом возбуждении на электропоездах ЭР2Т

2.1. Как известно, схема реостатного торможения с независимым возбуждением может автоматически собраться с рекуперативного торможения, если сработает реле максимального напряжения РМН. При этом замкнется повторитель реле максимального напряжения ПРМН и соединит провода 40Н – 40Л и в силовой цепи включится контактор Т (рис. 2).

Определим, какие тормозные токи будут проходить через пуско-тормозные резисторы и как будет нагружен трансформатор возбуждения при различных положениях тормозной рукоятки контроллера машиниста, а, следовательно, и различных уставках тормозного тока.

2.2. Предположим, что РМН отрегулировано на напряжение срабатывания 3800 В, скорость движения была 80 км/ч, ток уставки при движении в рекуперативном режиме $I_{уст} = 350$ А, т. е. тормозная рукоятка находилась в третьем положении. При напряжении в контактной сети более 3800 В сработает РМН и схема переключится на реостатное торможение с независимым возбуждением.

До переключения ток рекуперации был равен

$$I_p = \frac{4C\Phi_B V_p - U_{кс}}{4R'_{дв} + R_{иш}} = 350 \text{ А},$$

где $R'_{дв} = R_{я} + R_{доп} \approx 0,09$ Ом, $R_{иш} = 0,03$ Ом – сопротивление индуктивного шунта.

Отсюда

$$C\Phi_B = \frac{U_{кс} + I_p (4R'_{дв} + R_{иш})}{4V} = \frac{3800 + 350 \cdot 0,4}{4 \cdot 80} = \frac{3940}{480} = 12,31 \text{ В} \cdot \text{ч/км}.$$

По кривой зависимости $C\Phi_B = f(I_B)$ ток $I_B = 90$ А. При переходе на реостатное торможение тормозной ток в двигателе будет равен

$$I_T = \frac{4C\Phi_B V}{R_p + 4R'_{дв} + R_{иш} + R_{оп}},$$

где R_{δ} – сопротивление тормозных резисторов, величина которого равна 9,91 Ом; $R_{оп} = 0,5$ Ом – сопротивление ослабления возбуждения тяговых двигателей.

$$I_T = \frac{3940}{9,91 + 0,4 + 0,5} = \frac{3940}{10,81} = 364 \text{ А}.$$

Так как реостатное торможение происходит с независимым возбуждением и система автоматического управления САУТ будет поддерживать ток уставки в цепи двигателей 350 А, а силовой контроллер 1КС-009 будет находиться на первой позиции пока ток возбуждения не достигнет 250 А и не сработает реле самовозбуждения РСВ, вывод ступеней пуско-тормозных резисторов не происходит. Определим, как ток якорей тяговых двигателей 350 А распределяется между прохож-

дением в контактную сеть, т. е. ток рекуперации, и пуско-тормозными резисторами.

Определим, при каком максимальном напряжении в контактной сети не будет проходить ток рекуперации, а будет проходить только через пуско-тормозные резисторы:

$$4E_{ген} = 4C\Phi_B V = I_T \cdot R_p^* = 350 \cdot 10,81 \approx 3784 \text{ В}.$$

Напряжение в контактной сети или напряжение на зажимах двигателей (генераторов) равно

$$U_{кс} = 4C\Phi_B V - I_T (4R'_{дв} + R_{иш}) = 3784 - 350 \cdot 0,4 = 3644 < 3800 \text{ В}.$$

Итак, практически при реостатном торможении с независимым возбуждением при работе САУТ пуско-тормозные резисторы ПТР нагружены током 350 А.

Определим, до какой скорости торможения нагружены ПТР этим током.

При токе возбуждения $I_B = 250$ А по зависимости $C\Phi_B = f(I_B)$ получаем

$$C\Phi_B = 17 \text{ В} \cdot \text{ч/км}.$$

$$4C\Phi_B V_{T(\min)} = I_T R_T^* = 350 \cdot 10,81 = 3784 \text{ В},$$

где

$$R_T^* = R_p + R_{иш} + R_{оп} = 9,91 + 0,03 + 0,5 = 10,44 \text{ Ом}.$$

Отсюда

$$V_{m(\min)} = \frac{3784}{4 \cdot 17} = 56 \text{ км/ч}.$$

Таким образом, от скорости движения 80 км/ч до скорости 61 км/ч во время реостатного торможения с независимым возбуждением пуско-тормозные резисторы нагружены током 350 А, а трансформатор возбуждения – током от 90 А до 250 А. Далее схема автоматически переключается на реостатное торможение с самовозбуждением, прекращается действие САУТ и осуществляется ступенчатый вывод ступеней ПТР под контролем бесконтактного регулятора ускорения по мере снижения скорости торможения до 10 км/ч.

Так как пуско-тормозные резисторы и трансформатор возбуждения рассчитаны на повторно-кратковременную работу, то возможен их перегрев, а, следовательно, преждевременный выход их из строя.

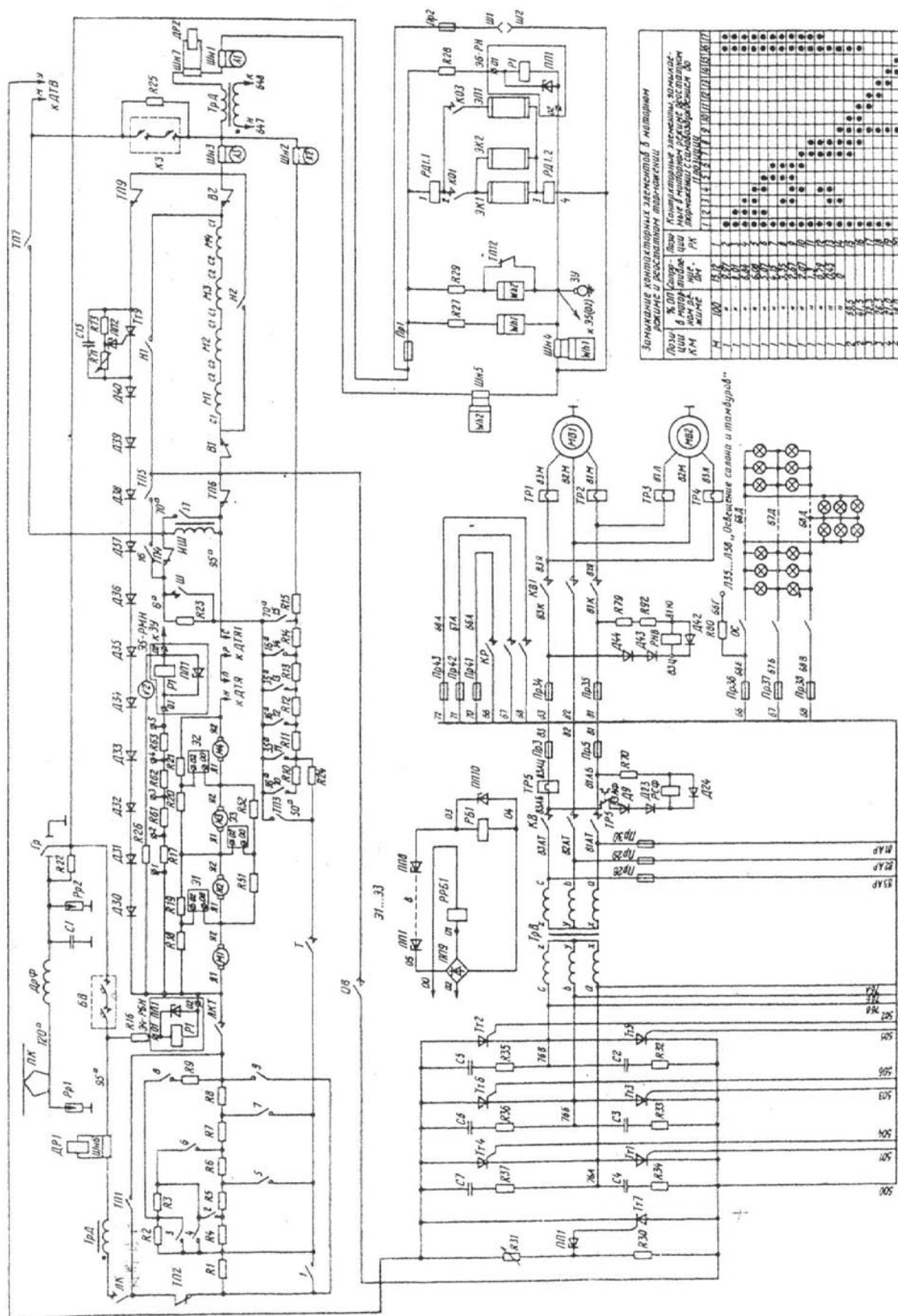


Рис. 2. Схема силовой цепи моторного вагона

2.2. При токе уставки 250 А и уставки реле напряжения РМН 3650 В при напряжении в контактной сети 3700 В произойдет переход с рекуперативного торможения на реостатное с независимым возбуждением. Предположим, что скорость движения электропоезда $V = 80$ км/ч. Определим ток возбуждения и ЭДС генераторов:

$$C\Phi_B = \frac{U_{\text{КС}} + I(4R'_{\text{дв}} + R_{\text{иш}})}{4V} = \frac{3700 + 250 \cdot 0,4}{4 \cdot 80} = \frac{950}{80} = 11,87 \text{ В} \cdot \text{ч/км}.$$

По кривой зависимости $C\Phi_B = f(I_B)$ определим, что $I_B = 85$ А. ЭДС генераторов равна $4C\Phi_B V = 4 \cdot 11,87 \cdot 80 = 3800$ В.

При переходе на реостатное торможение тормозной ток в двигателях должен установиться до величины

$$I_T = \frac{4C\Phi_B V}{(R_T + 4R'_{\text{дв}} + R_{\text{иш}} + R_{\text{оп}})} = \frac{3800}{(9,91 + 0,4 + 0,5)} = \frac{3800}{10,81} = 350 \text{ А}.$$

Но САУТ установит ток в якорях тяговых двигателей равным 250 А и тогда напряжение на тормозных реостатах (или на зажимах генераторов) будет равно

$$U_{\text{торм}} = 4U_{\text{ген}} = I \cdot R_T^* = 250(R_p + R_{\text{иш}} + R_{\text{оп}}) = 250(9,91 + 0,03 + 0,5) = 250 \cdot 10,44 = 2610 \text{ В}.$$

ЭДС генераторов равна

$$4E_{\text{ген}} = 4(U_{\text{ген}} + IR'_{\text{дв}}) = 2610 + 4 \cdot 250 \cdot 0,1 = 2710 \text{ В} < U_{\text{КС}}.$$

Так как реостатное торможение происходит с независимым возбуждением и САУТ поддерживает ток в цепи равным 250 А, а силовой контроллер 1КС-009 находится на первой позиции, а, следовательно, вывод ступеней пуско-

тормозного резистора не происходит, то по мере снижения скорости движения электропоезда ЭР2Т произойдет увеличение тока возбуждения. Определим, при какой скорости движения ток возбуждения достигнет 250 А и произойдет переход на реостатное торможение с самовозбуждением.

При $I_B = 250$ А $C\Phi_B = 17$ В·ч/км, тогда

$$V = \frac{4C\Phi_B^* V}{4C\Phi_B} = \frac{2800}{4 \cdot 17} = 40 \text{ км/ч}.$$

Таким образом, от скорости 80 км/ч до скорости 40 км/ч тормозные резисторы нагружаются неизменным током 250 А, а трансформатор возбуждения нагружен током от 85 А до 250 А.

Выводы

1. Рекомендовать при применении рекуперативного торможения в диапазоне от 80 до 46 км/ч следовать с током уставки равным 250 А, т. е. на положении 2Т тормозной рукоятки контроллера машиниста.

2. В этом случае при срабатывании реле максимального напряжения РМН и переключения схемы на реостатное торможение с независимым возбуждением, пуско-тормозные резисторы нагружены максимальным током равным 250 А, а не 350 А, как в положении 3Т.

Регулировать реле максимального торможения РМН на срабатывание при напряжении в контактной сети 3950 В, т. е. согласно техническим требованиям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Висин Н. Г. Повышение надежности работы системы ступенчатого автоматического пуска на электропоездах ЭР2Р, ЭР2Т и ЕПЛ2Т / Н. Г. Висин, Б. Т. Власенко, А. А. Соколов. // Вісник Днепропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна: Зб. наук. пр. – 2005. – Вип. 9. – С. 41–46.

Поступила в редколлегию 30.05.2007.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА З ДВИГУНОМ ДК 406 (ДК 409) ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ЕР2

Запропонована математична модель електропривода поршневого компресора з двигуном ДК406 (ДК409)

Предложена математическая модель электропривода поршневого компрессора с двигателем ДК406 (ДК409)

The mathematical model of the electric drive of the piston compressor with engine DK406 (DK409) is offered.

Досвід експлуатації електропоїздів ЕР1, ЕР2 показує, що значна кількість двигунів (ДК 409) компресорів (ЕК-75) виходять з ладу по причині пробією ізоляції обмоток. Однією з причин цього є те, що захисні пристрої нечітко спрацьовують при перевантаженнях двигуна, особливо під час пуску. Відбувається інтенсивний перегрів ізоляції, її старіння та вихід з ладу.

Для дослідження перехідних процесів в електричних колах двигуна компресора, оцінки величини пускового струму та його тривалості, розроблено математичну модель, що враховує важкі умови пуску компресора, а також стрибкоподібну зміну напруги живлення в межах ± 500 В.

Система диференціальних рівнянь, що описує роботу двигуна постійного струму послідовного збудження[1]:

$$\begin{cases} L_{\Sigma} \frac{di}{dt} = U_{\Sigma} - c\Phi \cdot \omega - i \cdot R_{\Sigma} \\ J \frac{d\omega}{dt} = c\Phi \cdot i - M_C \\ c\Phi = f(i) \end{cases}, \quad (1)$$

де L_{Σ} , R_{Σ} – сумарні індуктивний та активний опори якірного кола;

U_{Σ} – напруга підведена до якірного кола двигуна;

ω – частота обертання вала двигуна;

c – постійна двигуна;

Φ – основний магнітний потік;

M_C – статичний момент опору на валу двигуна;

J – приведений до вала двигуна момент інерції механічних частин системи.

Система диференціальних рівнянь (1) є нелінійною системою, оскільки містить вираз, що описує криву намагнічування. Крива намагнічування відноситься до неаналітичних неліній-

ностей, що не можуть бути описаними аналітичними виразами. Існує декілька способів лінеаризації нелінійностей, найбільш розповсюдженим є метод апроксимації – за допомогою відомих чисельних методів підбирається аналітичний вираз для нелінійності.

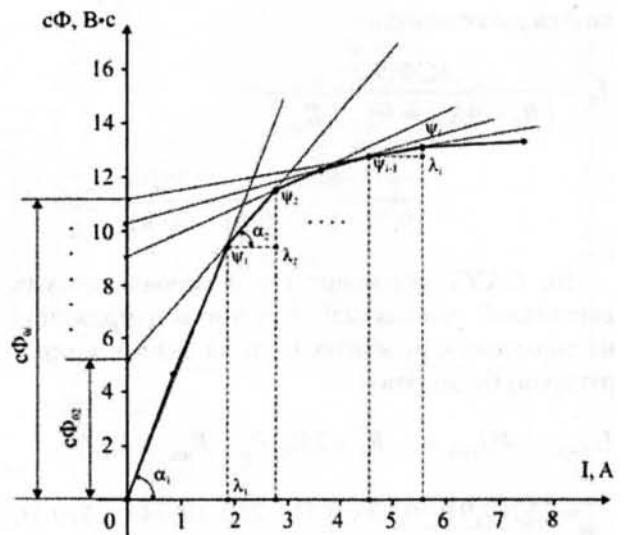


Рис. 1. Апроксимація кривої намагнічування

Нелінійна залежність $c\Phi$ від струму може бути з прийнятною точністю апроксимована прямолінійними відрізками [2] (рис. 1) і записана наступною системою рівнянь:

$$c\Phi(i) = \begin{cases} c\Phi_{01} + k_{\Phi 1} \cdot i \\ c\Phi_{02} + k_{\Phi 2} \cdot i \\ \vdots \\ c\Phi_{0i} + k_{\Phi i} \cdot i \end{cases}, \quad (2)$$

де $k_{\Phi i} = \tan \alpha_i = \frac{\lambda_i \psi_i}{\psi_{i-1} \lambda_i}$ – коефіцієнт, що залежить від форми кривої на i -й ділянці апроксимації;

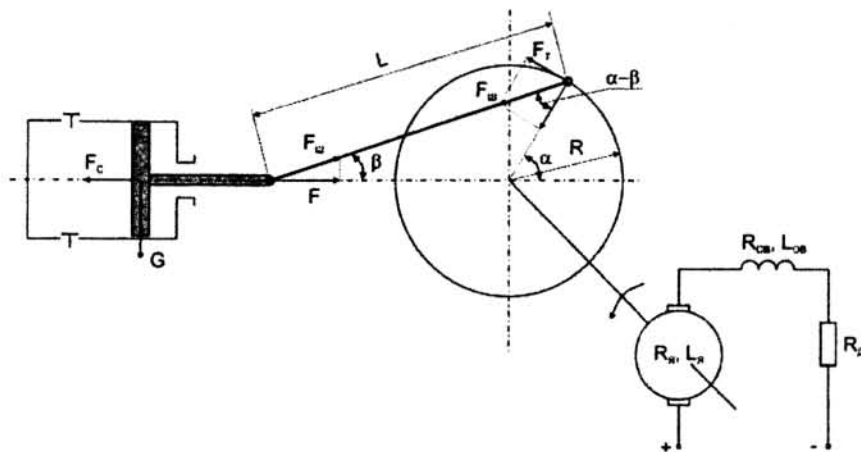


Рис. 2. Електромеханічна система двигун постійного струму послідовного збудження – поршневий компресор

Відомо, всі сили і моменти навантаження, що прикладені до механічної частини електропривода, можуть бути розділені на сили та моменти механічних втрат ΔM_{Σ} і сили та моменти, які є корисним навантаженням виконавчого механізму $M_{кор \Sigma}$:

$$M_c = \Delta M_{\Sigma} + M_{кор \Sigma}. \quad (3)$$

Момент механічних втрат ΔM_{Σ} враховує всі види механічного тертя. Корисний момент опору $M_{кор \Sigma}$ представляє собою ту чи іншу функцію швидкості, в залежності від виду навантаження. Для аналізу механізмів, що здійснюють обертовий рух пропонується використовувати емпіричну формулу Бланка [3], яка в більшості випадків представляє собою деяку ідеалізацію реальних умов але дає задовільне наближення до дійсності:

$$M_c = M_{с поч} + (M_{с ном} - M_{с поч}) \left(\frac{\omega}{\omega_{поч}} \right)^p, \quad (4)$$

де $M_{с ном}$ – номінальний момент опору механізму;
 $\omega_{поч}$ – номінальна кутова швидкість, при якій момент опору рівний номінальному;
 $M_{с поч}$ – момент тертя або холостого ходу машини;
 p – показник степені ($p=1$ для поршневих компресорів).

До другого рівняння системи диференціальних рівнянь (1) входить величина приведенного до валу двигуна моменту інерції J механічних частин електропривода. Основним елементом поршневого компресора є кривошипно-шатунний механізм, момент інерції якого зале-

жить від кута повороту вала і з урахуванням кінематичної схеми (рис. 2) може бути записаний наступним рівнянням [4]:

$$J_K = mR^2 \cdot \sin^2(\alpha + \beta) / \cos^2 \beta, \quad (5)$$

де m – маса елементів механізму, що поступально рухаються;

R – радіус обертання кривошипа;

Кут β можна виразити в функції кута α :

$$\beta = \arcsin \left(\frac{R}{L} \sin \alpha \right), \quad (6)$$

де L – довжина шатуна.

Система рівнянь (1) з урахуванням виразів (2, 4, 5, 6) описує динаміку роботи електромеханічної системи двигун постійного струму послідовного збудження – поршневий компресор і є його математичною моделлю.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Чорний О. П. Моделирование электромеханических систем / О. П. Чорний, А. В. Луговой, Д. Й. Родькін – Кременчук, 2001. – 410 с.
2. Тулупов В. Д. Автоматическое регулирование сил тяги и торможения электроподвижного состава. – М.: Транспорт, 1976. – 368 с.
3. Гладыр А. И. Трогание и пуск как фазы единого процесса. – Научные труды КГПУ. Выпуск 1/2001(10), Кременчук – с. 24-29.
4. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода: Учеб. для вузов. / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.

Надійшла до редколегії 30.05.2007 р.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ АВАРИЙНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ БЕЗ ТЯГОВОЙ НАГРУЗКИ

У статті викладено математичну модель системи тягового електропостачання без навантаження у режимі короткого замикання, та результати розрахунків цього аварійного процесу. Визначено перехідні величини та характер їх зміни, які можна використовувати для визначення аварійних режимів.

В статье изложена математическая модель системы тягового электроснабжения без нагрузки в режиме короткого замыкания, и результаты расчетов этого аварийного процесса. Определены переходные величины, а также характер их изменения, которые можно использовать для определения аварийных режимов.

The article deals with the description of the mathematical model the system traction electric power supply without loading in the short circuit condition and the result of the reserches this accident process. The transition quantity has been defined, and character their change too, which can use for the determined accidents processes.

Существующие в настоящее время система и оборудование защиты тяговой сети постоянного тока, базирующиеся на быстродействующих выключателях (БВ), практически уже не удовлетворяют современным требованиям эксплуатации железных дорог Украины вследствие большого числа ложных срабатываний, недостаточного быстродействия, низкой чувствительности и др. Поэтому повышение эффективности работы существующей защиты путем дооснащения её новыми устройствами, а также усовершенствование методов выбора уставок БВ является важнейшей проблемой электроснабжения системы электрической тяги. И вполне естественно, что эта проблема не может быть решена без исследований переходных аварийных процессов, протекающих в системе «тяговая подстанция (ТП) – тяговая сеть (ТС) – электроподвижной состав (ЕПС)», без нахождения и оценки признаков которых невозможно усовершенствовать систему защиты.

Исследование аварийных режимов в нелинейной динамической системе «ТП – ТС – ЕПС» возможно: экспериментальным путем в реальных условиях эксплуатации; физическим моделированием на лабораторных стендах; методами математического моделирования. Изучение аварийных переходных процессов в условиях реальной эксплуатации требует значительных материальных затрат, нередко приводя к выходу из строя элементов системы, требует дополнительных условий и времени на испытания, исключает возможность исследований случайных процессов. Лабораторные стендовые испытания также ограничены как матери-

альными затратами, так и объемом и достоверностью получаемой информации. Поэтому наиболее целесообразным путем исследований аварийных, тем более стохастических, переходных электромагнитных процессов в системе электрической тяги является метод математического моделирования на ЭВМ. Использование этого метода не только позволяет упростить и сократить последующие проверочные натурные испытания, но и расширяет возможности исследований, так как допускает широкую вариацию значений параметров элементов силовых электрических цепей системы тяги без значительных материальных затрат. О перспективности, более того, приоритетности математического моделирования переходных процессов, как метода способствующего разработке более совершенных систем защиты, свидетельствуют также зарубежные публикации [1–7]. Что же касается отечественных публикаций по рассматриваемому вопросу относительно железных дорог Украины, то такие авторам данной работы неизвестны, что тем более делает настоящую публикацию актуальной и своевременной.

Наиболее частым аварийным режимом в системе «ТП – ТС – ЕПС» является режим короткого замыкания, который может происходить как в тяговой сети так и на ЭПС. Целью настоящей работы является математическое моделирование процессов при коротком замыкании в тяговой сети.

Одним из основных этапов математического моделирования является построение (создание) собственно математической модели системы

«ТП – ТС – ЕПС». В дальнейшем принято, что тяговая подстанция (ТП) – это реальный источник напряжения с внутренним активно-индуктивным сопротивлением. Электроподвижной состав (ЭПС) – нелинейная динамическая нагрузка, имеющая электрическую цепь тоже с сосредоточенными параметрами. Некоторые особые замечания следует оговорить только относительно тяговой сети (ТС).

Как известно, межподстанционный участок ТС в общем случае можно рассматривать как электрическую цепь с сосредоточенными параметрами (как короткую линию [8, с. 175]) или с распределенными параметрами (как длинную линию [8]). Критерием «короткой» линии является условие, что $l \ll \lambda$, а «длинной» $l \geq \lambda$, где l – физическая длина линии, а λ – длина волны напряжения и тока в линии. Считая напряжение в ТС идеально сглаженным, имеем, что длина λ в сети равна бесконечности: $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{c}{0} = \infty$, где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость распространения электромагнитных волн в воздухе. А поскольку длина l межподстанционного участка не превышает 20 км, то $l \ll \lambda$ и можно заключить, что, во-первых, тяговую сеть постоянного тока следует анализи-

ровать как электрическую цепь с сосредоточенными параметрами. Во-вторых, так как напряжение в сети не превышает 4000 В (по требованиям), то токами утечки между контактным проводом и рельсом и через изоляцию можно пренебречь. Тогда такой первичный параметр линии как поперечная проводимость G_0 [8, с. 170] равен нулю. Наконец, равенство нулю частоты питающего напряжения ($f = 0, \omega = 0$) обуславливает возможность пренебрежения емкостным током между контактным проводом и рельсом, т. е. такой первичный параметр линии как емкость $C_0 = 0$.

Рассмотрим ситуацию, которая в практике работы системы тягового электроснабжения (СТЭ) является наиболее распространенной: короткое замыкание (КЗ) в СТЭ обобщенная схема которой представлена на рис. 1. На этом рисунке: ТП1, ТП2 – тяговые подстанции; БВ1, БВ2 – быстродействующие выключатели фидеров тяговых подстанций, которые действуют на одной межподстанционной зоне; ЭПС – движущийся электровоз (нагрузка); l – длина межподстанционной зоны; $x_{эл}$ – координата электровоза на межподстанционной зоне; $x_{кз}$ – координата места КЗ.

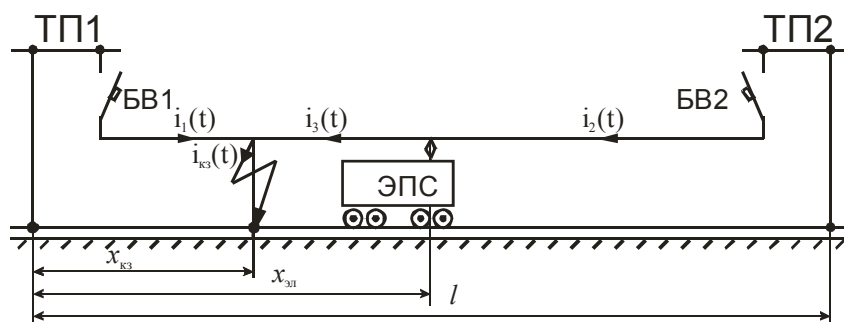


Рис. 1

В этой работе рассмотрим режим КЗ без тяговой нагрузки; схема замещения для этого случая представлена на рис. 2. Точка КЗ находится по середине межподстанционной зоны т.е. $x_{кз} = \frac{l}{2}$.

Определим допущения, принятые при проведении расчетов: контактная сеть – линия с сосредоточенными параметрами R_k, L_k ; параметры и характеристики тяговых подстанций одинаковы; ток уставки БВ $I_{уст} = 3500$ А; тяговый ток полностью замыкается по рельсу (отсутствуют токи утечки); все элементы системы линейные; влажность окружающей среды – нормальная; температура окружающей среды – 20 °С.

На схеме рис. 2: U_{01}, U_{02} – напряжения х.х. ТП, равный 3450 В; $U_{ТП1}, U_{ТП2}$ – выходные напряжения ТП; $R_{Т1}, R_{Т2} = 0,14$ Ом [9] – внутренние активные сопротивления ТП; $R_{рв1}, L_{рв1}, R_{иш1}, L_{иш1}, R_{рв2}, L_{рв2}, R_{иш2}, L_{иш2}$ – параметры схем замещения БВ фидеров ТП; $R_{сг1}, L_{сг1}, R_{сг2}, L_{сг2}$ – параметры сглаживающих реакторов ТП; $R_{к1}$ и $L_{к1}, R_{к2}$ и $L_{к2}$ – внутренние активные сопротивления и индуктивности соответствующего участка контактной сети; $R_{р1}, R_{р2}$ – внутренние активные сопротивления соответствующего участка рельсовой цепи.

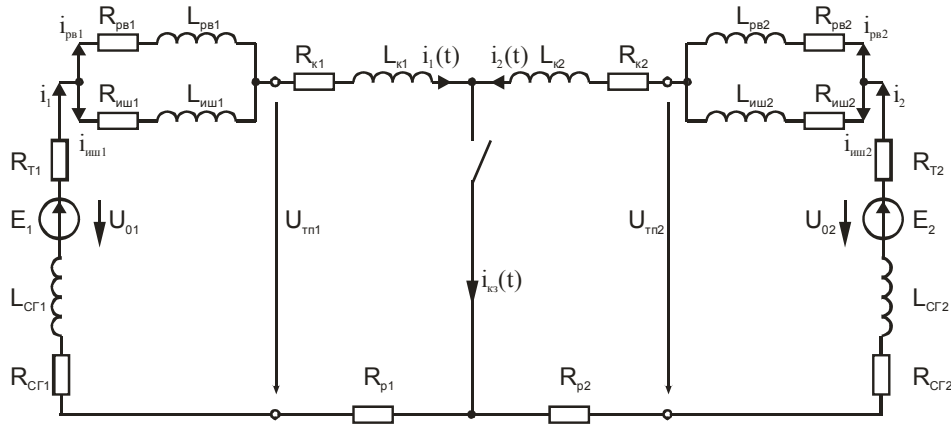


Рис. 2

Элементы схемы замещения БВ (рис. 3) типа ВАБ-43 [9, 10]: параметры размагничивающего витка: $R_{рв} = 30 \cdot 10^{-6}$ Ом, $L_{рв} = 1,1 \cdot 10^{-6}$ Гн; параметры индуктивного шунта: $R_{иш} = 5,65 \cdot 10^{-6}$ Ом, $L_{иш} = 2,54 \cdot 10^{-6}$ Гн.

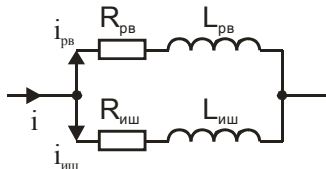


Рис. 3

Параметры контактной сети определяются конструктивным исполнением наиболее распространенной в тяговой сети постоянного тока контактной подвеске М-120+2МФ-100+А-185: $R_K = 0,0424$ Ом/км.

Индуктивность контактной сети определяется индуктивностью петли «тяговая подвеска - рельс» [11]:

$$L = \left(1 + 2 \ln \frac{10^4}{1,78 \cdot R \cdot \sqrt{10 \cdot \pi \cdot \omega \cdot \gamma_3}} \right) \cdot 10^{-4}, \quad (1)$$

где R – радиус провода; γ_3 – удельная проводимость земли 10^{-3} См/м; ω – угловая частота.

Радиус проводов можно определить как эквивалентный радиус всех проводов подвески:

$$R = \sqrt{\frac{S_{\text{экв}}}{\pi}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{экв}}$ – эквивалентная площадь поперечного сечения системы «тяговая подвеска - рельс», определяется: $S_{\text{экв}} = \sqrt{S_{\text{ТП}} \cdot S_p}$, где $S_{\text{ТП}} = 320$ мм² – площадь поперечного сечения тяговой подвески; $S_p = 16580$ мм² – площадь поперечного сечения двух рельс;

Выполнив подстановку и расчеты по формулам (1)-(2), получим удельную индуктивность тяговой сети: $L_K = 0,00225$ Гн/км. Параметры сглаживающего реактора типа РБФА-У-6500/3250: $R_{\text{сг}} = 9 \cdot 10^{-3}$ Ом $L_{\text{сг}} = 6,1 \cdot 10^{-3}$ Гн.

Расчеты переходных процессов выполним операторным методом нулевых начальных условиях, т. е. при $i_1(t=0) = 0$ А, $i_2(t=0) = 0$.

Операторная схема замещения представлена на рис. 4; система операторных уравнений, составленная по методу контурных токов, имеет следующий вид:

$$\begin{cases} ((R_{п1} + R_{сг1} + R_{т1} + R_{к1} + R_{иш1}) + p(L_{сг1} + L_{к1} + L_{иш1})) \cdot I_{11}(p) + 0 \cdot I_{22}(p) - \\ - (R_{иш1} + pL_{иш1}) \cdot I_{33}(p) + 0 \cdot I_{44}(p) = E_1(p) + (L_{сг1} + L_{к1}) \cdot i_1(0) + L_{иш1} \cdot i_{иш1}(0), \\ 0 \cdot I_{11}(p) + ((R_{п2} + R_{сг2} + R_{т2} + R_{к2} + R_{иш2}) + p(L_{сг2} + L_{к2} + L_{иш2})) \cdot I_{22}(p) + \\ + 0 \cdot I_{33}(p) - (R_{иш2} + pL_{иш2}) \cdot I_{44}(p) = E_2(p) + (L_{сг2} + L_{к2}) \cdot i_2(0) + L_{иш2} \cdot i_{иш2}(0), \\ - (R_{иш1} + pL_{иш1}) \cdot I_{11}(p) + 0 \cdot I_{22}(p) + (R_{иш1} + R_{пв1} + p(L_{иш1} + L_{пв1})) \cdot I_{33}(p) + \\ + 0 \cdot I_{44}(p) = L_{пв1} \cdot i_{пв1}(0) - L_{иш1} \cdot i_{иш1}(0), \\ 0 \cdot I_{11}(p) - (R_{иш2} + pL_{иш2}) \cdot I_{22}(p) + 0 \cdot I_{33}(p) + \\ + (R_{иш2} + R_{пв2} + p(L_{иш2} + L_{пв2})) \cdot I_{44}(p) = L_{пв2} \cdot i_{пв2}(0) - L_{иш2} \cdot i_{иш2}(0). \end{cases} \quad (3)$$

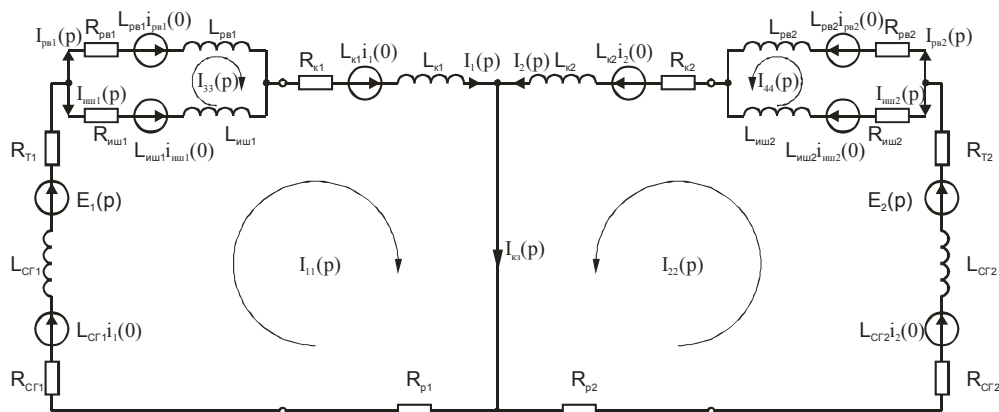


Рис. 4

После решения этой системы уравнения и нахождения изображений токов ветвей схемы, для определения оригиналов переходных токов используем теорему разложения [12]:

$$L^{-1} \left\{ \frac{F_1(p)}{F_2(p)} \right\} = f(t) = \sum_{k=1}^n \frac{F_1(p_k)}{F_2(p_k)} e^{p_k t}, \quad (4)$$

где p_k – простые корни характеристического уравнения $F_2(p) = 0$.

Результаты расчетов то есть, выражение переходных токов ветвей, а также тока короткого замыкания принимают вид:

$$\begin{aligned} i_1(t) &= i_2(t) = 4253,9 + 61,651 \cdot e^{-15,9t} \times \\ &\times (69(-\cosh(12,4t) + \sinh(12,4t))) \quad \text{А}, \\ i_{кз}(t) &= 8507,86 + 123,3 \cdot e^{-15,9t} \times \\ &\times (69(-\cosh(12,4t) + \sinh(12,4t))) \quad \text{А}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_{пв1}(t) &= i_{пв2}(t) = 1417,9 + 61,651 \cdot e^{-15,9t} \times \\ &\times (-23 \cosh(12,4t) + 91,05 \sinh(12,4t)) \quad \text{А}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_{шш1}(t) &= i_{шш2}(t) = 2835,95 + 61,651 \cdot e^{-15,9t} \times \\ &\times (-46 \cosh(12,4t) - 22,05 \sinh(12,4t)) \quad \text{А}. \end{aligned}$$

Временные зависимости этих токов представлены на рис. 5 и 6, при этом установившиеся токи фидеров тяговых подстанций равны 4254 А. Представляют практический интерес и поэтому были определены переходные величины напряжений на выходе тяговых подстанций для случая КЗ в координате $x_{кз} = \frac{l}{2}$; они имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} u_{тп1}(t) &= u_{тп2}(t) = 2459,73 + 254,4e^{-15,9t} \times \\ &\times (\cosh(12,4t) - \sinh(12,4t)) \quad \text{В}. \end{aligned}$$

Графики изменения этих напряжений представлен на рис. 7.

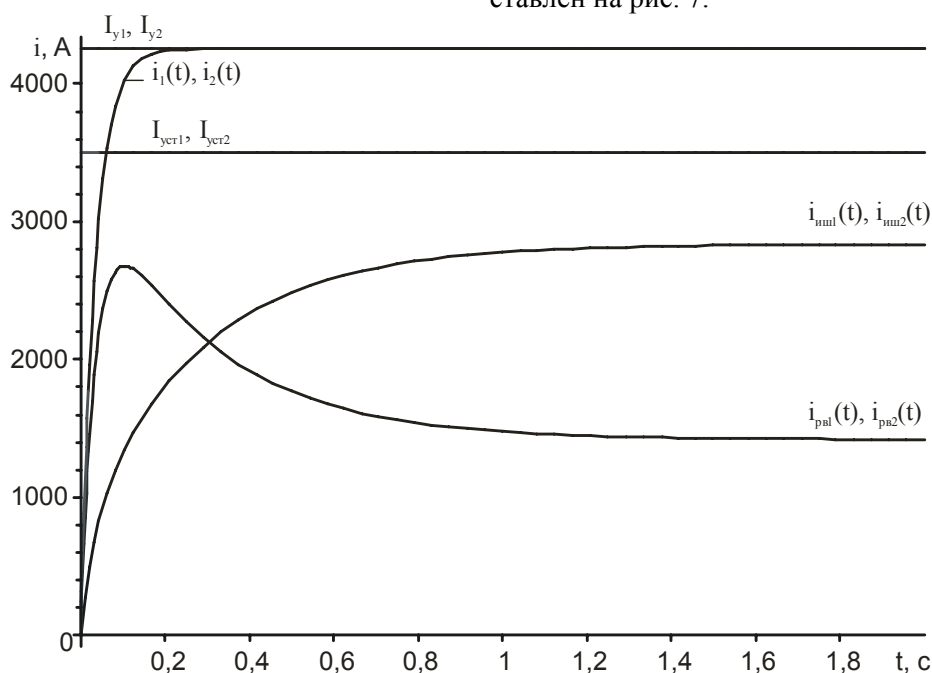


Рис. 5

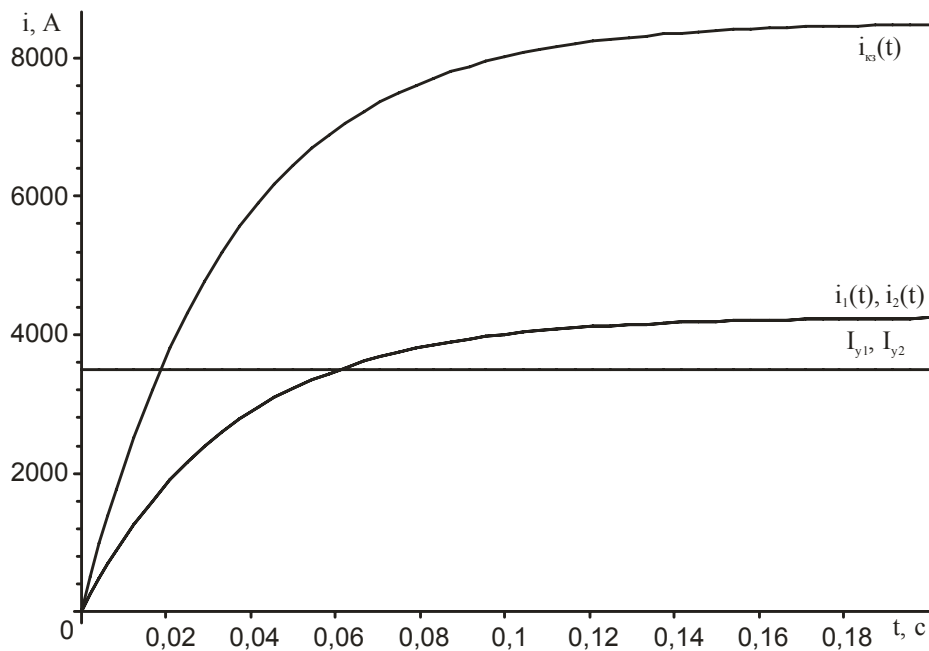


Рис. 6

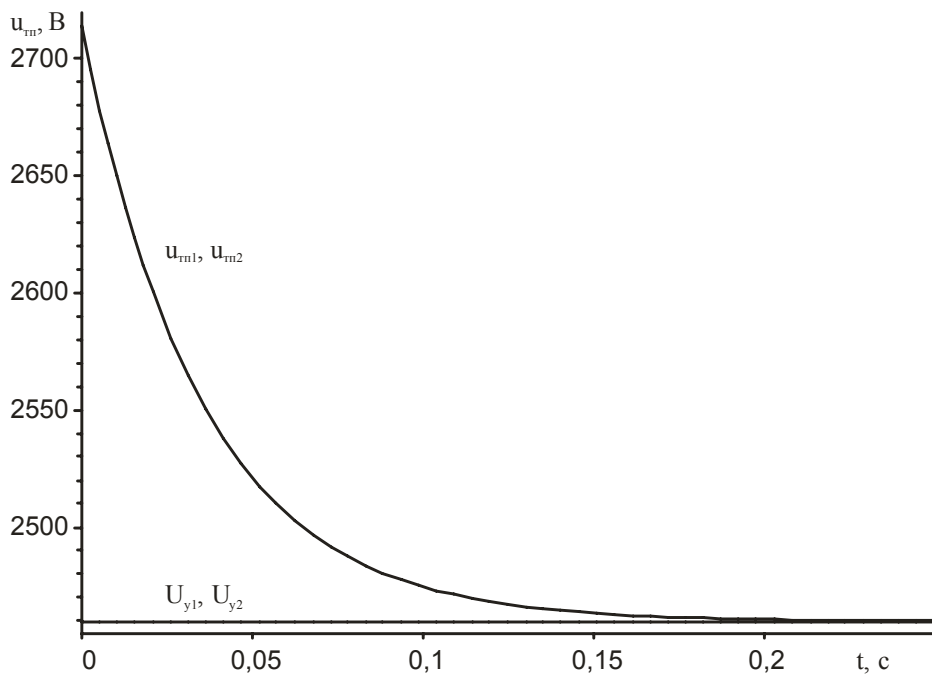


Рис. 7

Из анализа рис. 5-7 следует, что при возникновении короткого замыкания токи фидеров резко возрастают, а напряжение на зажимах тяговой подстанции резко падает. Тогда, эти признаки (как закономерности) особенно можно использовать в качестве критериев возникновения рассматриваемого аварийного режима.

Таким образом, анализ аварийных режимов СТЭ интересны как с теоретической так и практической точки зрения. Поэтому авторы считают своей дальнейшей задачей рассмотреть различные аварийные режимы работы СТЭ. При

этом предполагается усложнить и расширить математические модели с тем, чтобы в более полной мере, как качественно так и количественно анализировать описывать электромагнитные процессы в столь сложной нелинейной динамической системе как «ТП – ТС – ЕПС». В дальнейшем эта важнейшая, с теоретической точки зрения, информация будет необходима для разработки современных микропроцессорных систем противоаварийной автоматики электрифицированных участков железных дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Antonacci G. A. The low impedance short circuit on traction vehicles supplied by 3.6 kVdc plants. Experimental findings, numerical simulation aspects and considerations on the evaluations of electromagnetic disturbances. *Ingenieria Ferroviaria*, Settembre 1994. – P. 459–474.
2. Thomas Drebler. Dynamisches Verhalten von elektrischen Kenngrößen bei Kurzschlüssen in Gleichstrom-Bahnenergieversorgungsnetzen mit rückspeisefähigen Fahrzeugen / Thomas Drebler, Thomas Lösel, Steffen Röhling-Electrie, 1994. S. 468–474.
3. Thomas Drebler Problems in short circuit detection in DC railway traction networks with regenerative braking motor vehicles / Thomas Drebler, Thomas Lösel, Steffen Röhling-Elektrischen Bahnen, 1995, № 4, – S.134–139.
4. Кириевский Е. В. Моделирование аварийных режимов машин постоянного тока для оценки релейной защиты / Е. В. Кириевский, Г. Н. Степанов, Г. П. Фоменко – *Электричество* № 2, 1976, – С. 43–47.
5. Nimmersjo Gunnar. Real-time simulator for the testing of protection equipment/ Nimmersjo Gunnar, Lundovist Wertil – *Power Technology International*, 1989, pp.111–116.
6. Пупынин В. Н. Защита и отключение тяговых сетей в аварийных режимах. Дис. д-ра техн. наук., М. МИИТ, 1986. – 340 с.
7. Анисов А. Н. Повышение эффективности работы защиты фидеров контактной сети на основе исследования переходных процессов токов короткого замыкания в тяговой сети и на электроподвижном составе. Дис. ... канд. техн. наук. – М, МИИТ, 2000. – 138 с.
8. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Часть 1. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 312 с.
9. Сердинов С. М. Повышение надежности устройств электроснабжения электрифицированных железных дорог. – М.: Транспорт, 1985. – 301 с.
10. Векслер М. И. Защита тяговой сети постоянного тока от токов короткого замыкания. – М.: Транспорт, 1976. – 120 с.
11. Марквардт К. Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. – М.: Транспорт, 1982. – 528 с.
12. Зевеке Г. В. Основы теории цепей / Г. В. Зевеке, П. А. Ионкин, А. В. Нетушил, С. В. Страхов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.

Поступила в редколлегию: 16.05.2007.

ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ВІРОГІДНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ІУТК АСУ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ

Для зменшення імовірності перекручування інформації в сучасних системах телемеханіки АСУ тягового електропостачання необхідно розглядати основні параметри – надійність, перешкодозахищеність, швидкість і вірогідність у їхньому взаємозв'язку. Запропоновано системне рішення організації обміну інформацією між ПУ і КП ІУТК для підвищення швидкодії передачі і вірогідності.

Для уменьшения вероятности искажения информации в современных системах телемеханики АСУ тягового электроснабжения необходимо рассматривать основные параметры – надежность, помехозащищенность, быстродействие и достоверность в их взаимосвязи. Предложено системное решение организации обмена информацией между ПУ и КП ИУТК для повышения быстродействия передачи и достоверности.

For reduction of probability of distortion of the information in modern systems of telemechanics of the MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM of traction electrosupply it is necessary to consider(examine) key parameters - reliability, noise immunity, speed and reliability in their interrelation. The system decision of the organization of information interchange between item(point) of management and controllable item(point) of a complex, for increase of speed of transfer and reliability is offered.

При побудові сучасної системи телемеханіки АСУ тягового електропостачання за основу оцінки якості компонентів і пристроїв приймають критерій досягнення максимальної «інтегральної» вірогідності каналів уведення, обробки, передачі, відображення даних [1...4].

Поняття інтегральної вірогідності вводиться для визначення імовірності виводу інформації з невиявленими перекручуваннями не тільки через дію перешкод у каналах зв'язку, але і через перешкоди, відмовлень і несправностей по всій трасі доставки інформації від джерела до приймача - ланцюга зв'язку з датчиками (лічильниками) і виконавчими механізмами, модулі введення – виводу обробки інформації, канали зв'язку, модулі прийому і відображення інформації, програми введення, обробки, відображення даних. Якщо не вести контроль за передачею інформації з усієї траси доставки то джерела перешкод, що діють у «просторі» від датчиків до модуля, залишаються поза контролем і не можуть бути виявлені. У таких умовах реальна вірогідність підсистеми, обумовлена по імовірності перекручування, що не виявляється, не краще 10^{-7} [3; 7].

На рис. 1 наведена траса сигналів стану устаткування від датчиків до приймача – елементу або приладу відображення прийнятого сигналу.

Вірогідність спотворення дискретних сигналів $P_{\text{сп.дс}}$, що не виявляється, з урахуванням па-

раметрів всієї приведеної на малюнку траси введення – виводу, вважаючи незалежними подіями кожен з складових сумарної вірогідності, дорівнює

$$P_{\text{сп.дс}} = P_{\text{введ}} + P_{\text{кз}} + P_{\text{кодер}} + P_{\text{декодер}},$$

де $P_{\text{введ}}$ – вірогідність спотворення дискретних сигналів, що не виявляється, при введенні інформації від датчиків, $P_{\text{кз}}$ – вірогідність спотворення коду, що не виявляється, із-за перешкод в каналі зв'язку, $P_{\text{кодер}}(P_{\text{декодер}})$ – вірогідність спотворення коду, що не виявляється, в кодері (декодері).

Підсумовуючи всю вірогідність спотворення дискретних сигналів, що не виявляється, що становить, отримаємо (виведення кінцевої формули опущене) [5]:

$$P_{\text{сп.дс}} = nP_1P_{0/1}\left(\frac{T_{\text{стр}}}{T_{\text{ц.опр}}}\right)^2 + nP_1^6P_{0/1}\left(\frac{T_{\text{стр}}}{T_{\text{ц.опр}}}\right)^2 C_{2n+32}^4.$$

Розрахунки показують, що при числі сигналів в одному модулі $n = 32$ $P_{\text{сп.дс}} \gg 10^{-13}$, тобто параметри каналу задовольняють найжорсткішим вимогам стандартів.

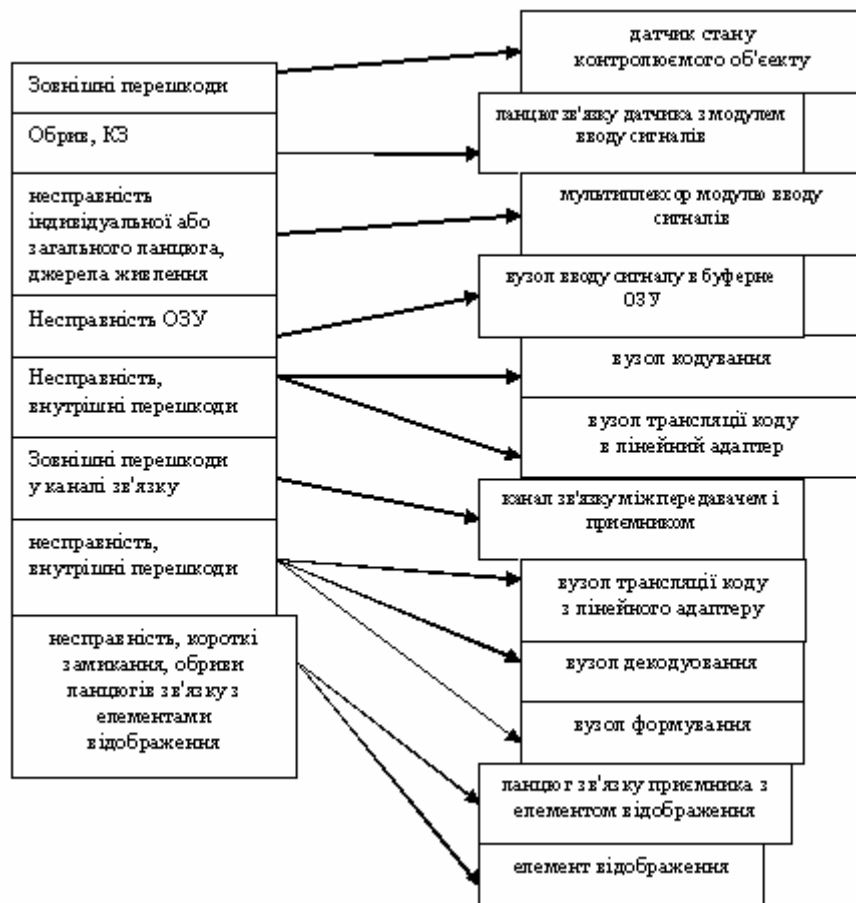


Рис. 1. Траса сигналів стану устаткування від датчиків до приймача

Для одержання високого рівня захищеності повідомлень від перекручувань інформаційний код повинний синтезуватися з декількох компонентів, причому структура коду окремих компонентів може не збігатися. Приміром, у ІУТК «Граніт-Мікро» формується умовно кореляційний біімпульсний код, обрамлений циклічним кодом, причому при двуетапном кодуванні використовуються ті самі вузли модулів, тобто виконується умова перевірки працездатності елементів «у динаміці», і мінімізується імовірність невиявленого перекручування коду через несправність будь-якого елемента, розміщеного в трасі доставки сигналу від датчика приймачеві.

Захистити інформацію від перекручувань перешкодами в каналі зв'язку і підвищити інтегральну вірогідність можна, включивши в ланцюг динамічного контролю практично усі вузли, починаючи від ланцюга зв'язку модуля з датчиком і закінчуючи вузлами приймача (декодера). Однак використання нового підходу до побудови системи одночасно приводить до збільшення вдвічі часу знімання інформації від датчиків і довжини інформаційного повідомлення. Тому методологія досягнення високої вірогідності повинна сполучитися з методами

скорочення часу на підготовку і передачу інформаційних повідомлень.

Уведений єдиний показник інтегральної вірогідності характеризує такі найважливіші властивості ІУТК – **надійність, перешкодозахищеність, швидкодія, вірогідність (цілісність, точність)** прийому інформації, що звичайно представляються окремими параметрами.

Експлуатовані в даний час на залізницях України системи телемеханіки мають достатній ступінь надійності. Однак аналізу стану систем телемеханіки приділяється недостатня уважність. На дійсний час не розроблена система оцінки відмовлень телемеханічних пристроїв і в результаті цього утруднене визначення ступеня впливу відмовлень телемеханіки на надійність і безвідмовність роботи пристроїв електропостачання.

З аналізу великого обсягу публікацій предметну область підвищення **надійності і захисту інформації** ІУТК можна розглядати на основі різних підходів. Найбільш розповсюдженими є системи і мережі масового обслуговування (СМО). Останнім часом видний ріст інтересу до таких моделей і методів, як стохастичні автомати, мережі Мерліна, стохастичні мережі Петри, семантичні схеми. Семантичні схеми дуже на-

очні і дозволяють розгляд підвищення надійності і захисту інформації ІУТК із позицій структурної ієрархії, функціональної ієрархії, причинно – слідчої ієрархії. За допомогою побудови таких схем можна розглядати проблеми підвищення надійності апаратури і захисту інформації з урахуванням порівняльної оцінки відмовлень у роботі апаратури телемеханіки пристроїв електропостачання, виявлення найбільш уразливих вузлів апаратури, визначення ступеня впливу каналів зв'язку на роботу телемеханічних пристроїв і виявлення основних напрямків удосконалювання телемеханічних систем. Розроблені семантичні схеми й алгоритм проведення заходів щодо підвищення надійності апаратури і захисту інформації ІУТК від внутрішніх і зовнішніх впливів представлені автором у статті [6].

Перешкодозахищеність по «стандартній» методології визначається імовірністю виявлення перекручувань прийнятої інформації перешкодами, що діють у каналі зв'язку між КП і ЦППС. По «стандарті» для підвищення перешкодозахищеності ІУТК досить використовувати для передачі більш могутні перешкодозахисні коди. Однак дія перешкод, що заважає, відчувається не тільки в каналі зв'язку КП–ЦППС, але й в інших компонентах траси датчик-приймач інформації. У перспективних мікропроцесорних системах залізничної автоматики і телемеханіки для виявлення несправностей в окремих платах і вузлах використовується так називаний сигнатурний аналіз [7], заснований на принципі декодування циклічних кодів і полягає в тім, що тестова послідовність, що надходить з виходу контрольованої плати або вузла, поділяється в схемі розподілу на деякий виробляючий багаточлен $g(x)$. Залишок від розподілу є ознакою несправності. У застосовуваних на залізничному транспорті цифрових системах зв'язку і передачі даних найбільше поширення одержали циклічні коди для виявлення помилок різної кратності, називані кодами циклічної перевірки надмірності (CRC — Cyclic Redundancy Check). Ефективність CRC для виявлення помилок на багато порядків вище простого контролю парності. В даний час стандартизовано кілька типів утворюючих поліномів. Розрахунок показує, що використовуваний циклічний код для повідомлення максимальної довжини в 256 байт забезпечує $d \geq 4$. Уведення перешкодозахисних кодів дозволяє одержати рівень імовірності не виявленого перекручування, рівний $10^{-14} \dots 10^{-16}$.

Фірма MOTOROLA застосовує в ІУК MOSCAD (відповідно до протоколу MDLC) 32-х розрядний контрольний циклічний код (за-

мість стандартного 16-ти розрядного), на їхню думку це істотно збільшує перешкодозахищеність ІУК. Однак в інформаційних матеріалах фірми не обмовляються заходи для підвищення компонентів, включених у трасу доставки інформації від датчика приймачеві, і не приводяться цифрові характеристики перешкодозахищеності інших трас доставки сигналів приймачеві. Очевидно, що міри, прийняті для підвищення перешкодозахищеності – велике збільшення «потужності» кодів, введення загороджувальних фільтрів і т.п., можуть збільшити імовірність затримки прийому даних до величини, що перевищує встановлений поріг, тобто переводять прийняті дані в розряд недостовірних – реальні процеси, що спотворюють, (особливо аварійні) на об'єкті. Тому показники перешкодозахищеності необхідно розглядати в контексті реальної вірогідності.

Як уже вказувався, «стандартний» показник **швидкодії** являє собою добуток номінальної швидкості комутації сигналів у каналі зв'язку (у бітах у секунду) на довжину (у бітах) переданого інформаційного повідомлення.

У дійсності отриманий показник не враховує реальну швидкодію, що є вірогідностною характеристикою і як правило визначається: часом передачі інформаційного повідомлення по прямому каналу зв'язку КП–ЦППС, імовірністю неспотвореного прийому переданого повідомлення приймачем, часом реакції приймача на отримане повідомлення, часом передачі від приймача (ЦППС) повідомлення про виявлені (невиявлені) перекручуванні, затримкою початку повторної передачі інформаційного повідомлення при виявленні перекручування, часом повторної передачі повідомлення й інш.

Очевидно, що реальну швидкодію необхідно визначати по тимчасовому зрушенню між моментом появи «події для передачі» до неспотвореного представлення одержувачеві інформації при заданій величині імовірності представленого параметра.

Велика частина ІУК–S.P.I.D.E.R RTU, SMART I \ O, Micro PLC and Real-Time Computer, Micro PC, DATAGYR C2000, Telecom SCADA systems TTC – OM, PLC \ Loop controller, Teleperm, Merlin Gerin, Telemecanique, Square D, Modicon, SMART- RTU, MTK-20, TK-113, TK-125, ІУК «DECONT», АУРА, АСДУ MicroSCADA, ІУК «Спрут», МСКУ, структурно орієнтований на використання тільки радіальних ліній зв'язку (РЛЗ), що створюються виділенням пари проводів або робочої смуги частот в ущільненому каналі зв'язку.

РЛЗ добре адаптуються для застосування в АСУ для об'єктів електроенергетики і промислових підприємств. Забезпечуючи найбільшу «живучість» і пропускну здатність, вони вимагають максимальних витрат на їхню організацію. Природно, що структура ІУК для РЛЗ спрощується, тому що відпадає необхідність передачі по ЛЗ кодів адрес джерела і приймача інформації, створюються умови для циклічної (періодичної) передачі повідомлень, що по перешкодозахищеності (захисту від впливу перешкоду ЛЗ) еквівалентна використанню перешкодозахисних кодів з багаторазовим повторенням інформаційних повідомлень. Блоки кодування і декодування ІУК з циклічною передачею повідомлень спрощуються. Можна констатувати, що в ІУК, орієнтованих на використання тільки

РЛЗ, досягається максимальна швидкодія, ефективність передачі даних і надійність роботи. Але, у ІУК для АСУ тягового електропостачання виникає необхідність доповнення РЛЗ магістральними і транзитними ЛЗ. Очевидно, що ІУК яки орієнтовані тільки на РЛЗ, при всіх їхніх позитивних властивостях не можуть застосовуватися для АСУ тягового електропостачання.

З огляду на зазначені достоїнства РЛЗ і технічні можливості сучасних ІУТК, автор пропонує наступне системне рішення організації обміну інформацією між ПУ і КП ІУТК, що дозволить максимально використовувати реальну пропускну здатність лінії зв'язку і підвищити «реальну швидкодію». Функціональна схема пропонованого рішення, на основі ФМ ІУТК «Граніт-Мікро», відображена на рис. 2.

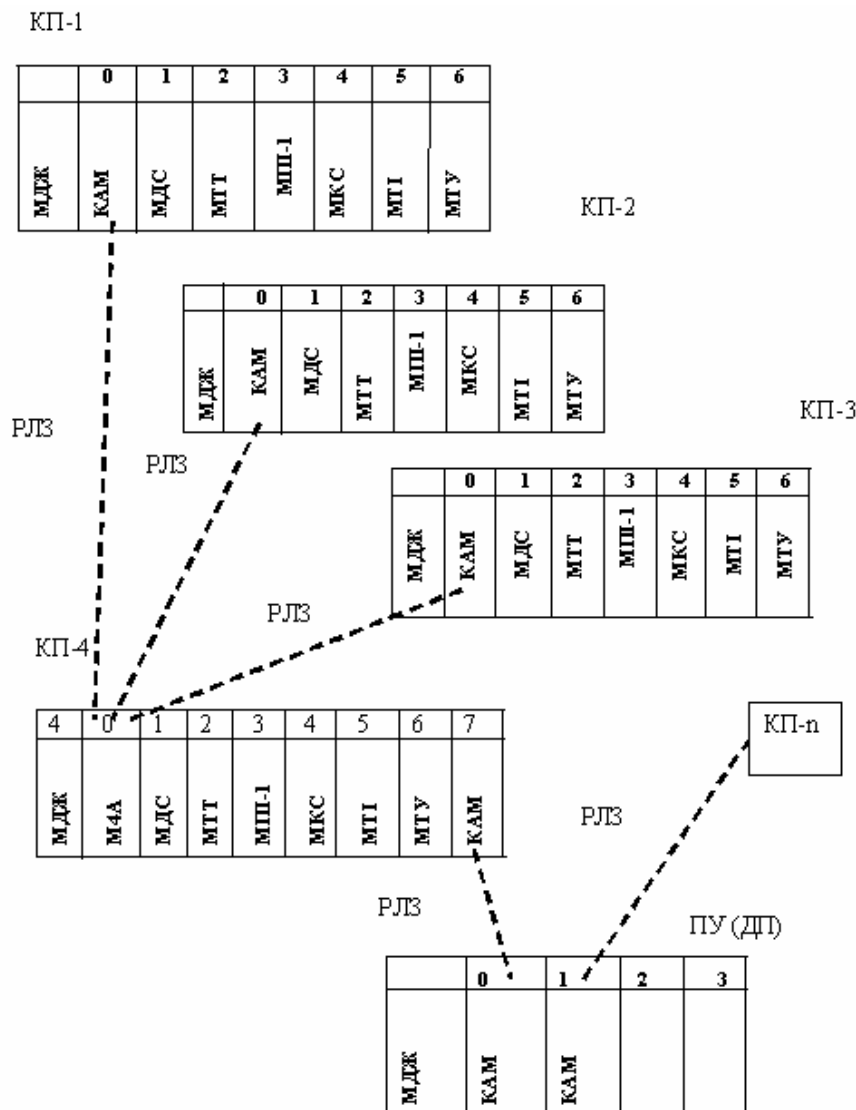


Рис. 2. Функціональна схема передачі інформації через опорний КП-4

У даній структурі оперативна інформація передається по РЛЗ із КП-1, КП-2, КП-3, КП-4 на М4А (модифікація КАМ) опорного КП-4. В міру зміни стану контрольованих об'єктів КП-1...4, інформація передається на ПУ через КАМ (контроллер-адаптер-модем) КП-4 по РЛЗ. Аналогічно можна організувати інформаційний обмін між ПУ й іншими опорними КП-п. У зв'язку з цим проведемо аналіз передачі даних по магістральних лініях зв'язку (МЛЗ) і РКЗ. Функція «ведучого» у ІУТК може бути передана як пристроєві ПУ, так і пристроєві КП. У традиційних пристроях телемеханіки обсяг інформації, переданої від КП у ПУ, значно перевищує обсяг інформації, переданої від ПУ в КП. Тому найчастіше функція «ведучого» передається пристроєві КП. У такому варіанті дані від КП будуть передаватися навіть при відсутності або непрацездатності ТЛЗ у напрямку від ПУ до КП. Принцип передачі інформації в режимі «Ведучий»–«Відомий» між КП і ПУ ІУТК показано нижче на рис. 3.

«Ведучий»

Меандр	пауза	інформація	меандр	$T_{\text{ц}} = T_{\text{пв}} + T_{\text{пауза}} + T_{\text{п}} =$	меандр	пауза
Пауза	меандр	пауза	пауза	інформація	пауза	меандр

«Відомий» $= 20 \cdot 0,8 + 20 \cdot 0,2 + 40 \cdot 0,2 = 28 \text{ с.}$

Рис. 3

Меандр призначений для синхронізації генераторів тактових імпульсів ПУ і КП. Пауза забезпечує напівдуплексний режим обміну інформацією. «Ведучий» пристрій передає меандри з заданим числом сигналів «1» і «0» циклічно, причому після завершення одного циклу встановлюється пауза, тривалість якої дорівнює часу передачі меандру. Під час паузи «ведучого» пристрою, «відоме» формує і передає меандр у ТЛЗ. Таким чином, «ведучий» пристрій передає меандр незалежно від передачі меандру від «відомого», а передача меандру «відомим» пристроєм ставиться в залежність від прийому меандру від «ведучого». Передача меандру автоматично замінюється передачею інформаційного повідомлення, якщо до моменту початку чергового циклу передачі меандру в пристрої (ПУ або КП) зафіксований запит на передачу повідомлення. Передача інформаційного повідомлення починається в момент, коли пристроєві дозволено передача меандру. Якщо запит на передачу інформації зафіксований з будь-яким тимчасовим зрушенням щодо моменту початку передачі меандру цим пристроєм, передача інформації затримується до початку чергового циклу передачі меандру даним пристроєм. У ПУ ІУТК автоматично контролюється надходження від КП нового інформаційного повід-

омлення в межах встановленого часу. Якщо автоматичне відновлення даних не зафіксовано, від ПУ в КП подається команда примусового виклику відповідного виду інформації.

Проведемо розрахунок циклу передачі усієї інформації ІУТК «Граніт-Мікро», до приклада від 10 КП які включені в один магістральний канал зв'язку, у кожному КП встановлений один модуль передачі дискретних телесигналів (ТС) і один модуль передачі телевимірювань поточних значень параметрів (ТТ). Прийемо швидкість передачі даних – 200 біт/с.

Повний цикл ($T_{\text{ц}}$) передачі усієї інформації від 10 КП включає 20 циклів – по двох інформаційних циклів (ІЦ) для кожного КП (передача ТС і ТТ), 20 командних циклів (КЦ) передачі викликів (ПВ) і 40 пауз (П) між ПВ і КЦ.

При швидкості передачі даних 200 біт/с у ІУТК «Граніт-Мікро», тривалість: одного ПВ – 0,8 с, одного КЦ – 0,2 с, однієї П – 0,2 с.

Тоді повний цикл передачі усієї інформації магістрального каналу зв'язку

З огляду на те, що в запропонованому системному рішенні, організація обміну інформацією між ПУ і КП – 1...n ІУТК здійснюється по РЛЗ через опорний КП-4, а інформація з КП у М4А мається постійно, то такий обмін приведе до значного зменшення кількості меандрів і пауз.

Отже, при відновленні інформації (у міру зміни стану контрольованих об'єктів) і передачі її на ПУ, $T_{\text{ц}}$ зменшиться на відповідну кількість меандрів і пауз у порівнянні з передачею інформації з магістральних каналів зв'язку. Отже, у нашому випадку $T_{\text{ц}}$ зменшиться на

$$T_{\text{п}} = 40 \cdot 0,2 \text{ с.}$$

і швидкодія передачі інформації збільшиться.

При роботі ІУТК у режимі АСКОЕ, для збільшення швидкості передачі інформації, повинне передбачатися здійснення **максимального стиску** виділеної оперативної складової інформації з загального потоку даних АСКОЕ. В одне повідомлення з «оперативною інформацією» АСКОЕ можна ввести дані від 8...32 лічильників, у той час як розмір кодового повідомлення від одного лічильника найчастіше перевищує гранично припустиму довжину повідомлення, переданого реальними наданими каналами зв'язку КП–ПУ. Завдяки відділенню оперативної складової інформації АСКОЕ від неоперативної

інформаційне навантаження на канал зв'язку КП–ПУ різко зменшується, стає можливим без деградації динамічних характеристик оперативного контуру передавати оперативну складову інформації АСКОВЕ з циклічністю в одну...три хвилини при швидкості передачі інформації не вище 100...600 бод.

З метою підвищення **вірогідності (цілісності, точності)** передачі інформації в першу чергу, дуже важливо переглянути принципи телесигналізації і телекерування які використовувались у системах телемеханіки «ЭСТ-62», «ЛИСНА». Для підвищення надійності керування тягового електропостачання залізниць, виключення аварійних ситуацій, забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу автором запропоновані методи істотного підвищення безпомилковості телекерування і вірогідності телесигналізації сучасних систем телемеханіки які представлені в статті [8].

У системах телемеханіки «ЭСТ-62», «ЛИСНА» застосований принцип «темного щита сигналізації» з можливістю «квітування» сигналізації «об'єктів». Недоліком застосовуваного «темного щита» є те, що диспетчерові представляється «нормальним» положення об'єкта сигналізації й у тих випадках, коли це положення є результатом ряду можливих несправностей, наприклад, наслідком: виходу з ладу індикатора, обриву ланцюга живлення індикатора, несправності блоків живлення щита, відсутності цих блоків, обриву ланцюга датчика зворотного зв'язку і т. д. Це відбувається тому, що закладена в названих системах телесигналізація об'єкта при розімкнутому стані датчика зворотного зв'язку фактично з об'єктом не зв'язана. Автори [9] вважають, що ступінь вірогідності застосовуваної сигналізації, що задовольняла вимогам часу створення систем, напевно сьогодні може бути визнана задовільною і необхідно використовувати кожне зі станів дат-

чика з застосуванням у залежності від включеного або відключеного станів апарата різного кольору підсвічування. При такій побудові сигналізації кожна з приведених вище несправностей буде замінена диспетчером.

Подібна задача в даний час вирішена в сучасних ІУТК і в частоті «Граніт-Мікро» де застосовується диспетчерський щит відображення стану контрольованих об'єктів за схемою «напівсвітлого» і «світлого» щита [4; 10].

Що стосується телекерування, то з урахуванням відповідального призначення систем переключення високовольтної апаратури і спостереження за її станом, ні в якому разі не повинний пройти жоден помилковий сигнал телекерування як через можливі збої апаратури, так і через можливі помилки диспетчера, і не повинно бути помилкової індикації фактичного стану високовольтного апарата на щиті сигналізації диспетчерського пункту. Для рішення цієї проблеми автором запропоновано застосування дублювання формування команди телеуправління ТУ або «мажоритарний» принцип вибору «правильного» сигналу [8].

Автором статті запропонована модель створення системи інформаційної безпеки ІУТК електропостачання залізниць [11]. Дана модель має можливість оцінки ефективності прийнятих рішень і вибору раціонального варіанта технічної реалізації системи захисту інформації ІУТК. Складовою частиною цієї моделі є «Оцінка підвищення інтегральної вірогідності інформації ІУТК, яка дозволяє провести оцінку проведених організаційних, технічних заходів, програмного забезпечення у відповідності зі стандартами і нормами з метою підвищення надійності, перешкодозахищеності, швидкодії, вірогідності прийому інформації. Дана частина моделі представлена в табл. 1 та рис. 4–6.

Таблица 1

№ этапа	Перечень показате- лей	Номер элемента матрицы	Профиль безопас- ности требемый	Профиль безопас- ности до- стигнути	Оценка выполне- ния	Степень выполне- ния тре- бований	Степень вы- полнения тре- бований всех этапов	Количес- венная оценка
1	1	111	1	0,8	0	0,79	0,78	0,18
	2	112	1	0,7	0			
	3	113	1	0,9	0			
	4	114	1	0,75	0			
2	5	211	1	0,75	0	0,80		
	6	212	1	1	1			
	7	213	1	0,75	0			
	8	214	1	0,7	0			

№ этапа	Перечень показате- лей	Номер элемента матрицы	Профиль безопас- ности требемый	Профиль безопас- ности до- стигнути	Оценка выполне- ния	Степень выполне- ния тре- бований	Степень вы- полнения тре- бований всех этапов	Количес- твенная оценка
3	9	311	1	1	1	0,76	0,78	0,18
	10	312	1	0,78	0			
	11	313	1	0,6	0			
	12	314	1	0,65	0			
4	13	411	1	1	1	0,86		
	14	412	1	0,85	0			
	15	413	1	0,8	0			
	16	414	1	0,77	0			
5	17	511	1	1	1	0,73		
	18	512	1	0,9	0			
	19	513	1	0,6	0			
	20	514	1	0,4	0			
6	21	611	1	0,9	0	0,71		
	22	612	1	0,8	0			
	23	613	1	0,65	0			
	24	614	1	0,5	0			
7	25	711	1	1	1	0,83		
	26	712	1	0,65	0			
	27	713	1	0,8	0			
	28	714	1	0,88	0			

Сравнение профилей ЗИ



Рис. 4

Оценка этапов

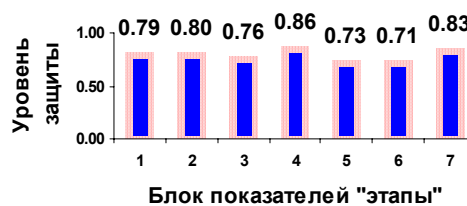


Рис. 6

Оценка полного выполнения требований ЗИ



Рис. 5

Висновки

Відповідно до критерію інтегральної вірогідності для зменшення імовірності перекручування інформації необхідно розглядати основні параметри – надійність, перешкодозахищеність, швидкодія і вірогідність у їхньому взаємозв'язку.

Використання зазначеного критерію оцінки якості інтегрованих систем управління визначає структуру й алгоритми роботи модулів ІУТК, а також процедури проведення інформаційних обмінів як між модулями одного при-

строю і концентратором, так і по трасі доставки інформації від передавача приймачеві.

Для забезпечення інтегральної вірогідності інформації необхідно проводити наступні технічні заходи:

- безперервна діагностика працездатності ФМ ІУТК і підвищення її якості;

- обрамлення інформації режимів АСДУ, АСКОВЕ, РАІ, спеціальними кодами які забезпечують зниження імовірності перекручувань, що не виявляються, інформації до... 10^{-16} ;

- методологія досягнення високої вірогідності повинна сполучитися з методами скорочення часу на підготовку і передачу інформаційних повідомлень;

- виключення несанкціонованого впливу на кодове інформаційне повідомлення;

- забезпечення передачі інформації з каналів зв'язку, з вірогідністю відповідним установленим критеріям, у різних режимах роботи ІУТК. Тому для підвищення вірогідності переданих даних потрібно підвищувати ступінь перешкодозахищеності лінії, знижувати рівень перехресних наведень у кабелі, а також використовувати більш ліній зв'язку з широкою смугою;

- використання для побудови ІУТК стандартних (загальноприйнятих) операційних систем, драйверів введення-виведення інформації, структур баз даних;

- резервування каналів зв'язку і незалежність формування баз даних у кожній частині обробного центра ЦППС;

- застосування схем дублювання команди ТУ для підвищення безпомилковості телекерування;

- застосування диспетчерського щита відображення стану контрольованих об'єктів за схемою «напівсвітлого» і «світлого» щита з метою підвищення вірогідності ТС;

- при використанні для передачі даних у ЦППС найбільш незахищених каналів мобільного зв'язку в ланцюг формування інформаційного повідомлення необхідно вводити додатковий вузол шифрування переданих даних;

- забезпечення проведення тестового контролю справності пристроїв.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Сапожников В. В. Надежность систем железнодорожной автоматики телемеханики и связи. / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников Вл. В., В. И. Шаманов. – М.: «Маршрут», 2003. – 261 с.
2. Локазюк В. М. Надійність, контроль, діагностика і модернізація ПК. / В. М. Локазюк, Ю. Г. Савченко - К.: Академія, 2004. – 375 с.
3. Портнов Е. М. Анализ состояния производства, принципов построения и тенденций развития информационно -управляющих комплексов для АСУ распределенных энергообъектов и производств. – М., МИЭТ, 2002. – 78 с.
4. Информационный материал по проектированию применению информационно- управляющего телемеханического комплекса «Гранит-микро» (товарный знак МИКРОГРАНИТ). Редакция 5, 2004 г. Научн. руковод. СНПП «Промэкс» Портнов М. Л. – 93 с.
5. Портнов Е. М. Системотехника интегрированных информационно – управляющих комплексов «Гранит-микро». / Е. М. Портнов, А.А. Кокехин, В. З. Голько, А. С. Ищенко, Е. А. Остринский. – М., МИЭТ, 2002. – 7 с.
6. Матусевич А. А. Методы защиты аппаратуры автоматики и телемеханики железных дорог от внутренних и внешних воздействий. // Сборник научных трудов, выпуск 48 (131), УрГУПС, Екатеринбург, 2006.
7. Горелов Г. В. Теория передачи сигналов на железнодорожном транспорте. / Г. В. Горелов, А. А. Фомин, А. А. Волков и др. – М., Транспорт, 2001. – 415 с.
8. Матусевич А. А. Некоторые подходы к развитию телемеханики. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2007. № 2 – С. 77–80.
9. Портнов Е. М. Состояние производства, системотехника и тенденции развития информационно-управляющих комплексов для АСУ промышленности и непроизводственной сферы. – М., МИЭТ, 2001. – 24 с.
10. Васильев Ю. П. Предложения по построению систем телемеханики электроснабжения железных дорог / Ю. П. Васильев, Н. С. Ерлыков, П. Н. Ерлыков – СПб, ПГУПС, 2005. – 10 с.
11. Матусевич А. А. Модель системы защиты информации информационно-управляющих телемеханических комплексов электроснабжения железных дорог. Доклад, 66 Международная конференция ДНУЗТ, 11.05 – 12.05.2006.

Надійшла до редколегії 15.05.2007.

К. Ц. ГЛАВАЦКИЙ, В. Н. БОГОМАЗ (ДИИТ)

НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ КАТКОВ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ПУТИ

Наведена методика визначення режимів роботи катка з віброконтуром у вигляді комплекту дебалансів.

Приведена методика определения режимов работы катка с виброконтуром в виде комплекта дебалансов.

A method is resulted of decision of the modes of operations of skating rink with the vibration contour as a complete set of eccentrically located the masses.

Постановка проблемы. Устойчивость таких земляных сооружений, как грунтовые насыпи дорожного полотна, дамбы и плотины, во многом определяется тщательностью уплотнения их грунтов. От этого зависит и долговечность возведенных на них инженерных сооружений – зданий, автомобильных дорог и аэродромов, верхнего строения железнодорожного пути. Поэтому операция уплотнения грунтового основания в общем технологическом процессе его строительства является наиболее важной и ответственной. Усовершенствование покрытия современных автомобильных дорог допускает лишь весьма малые деформации грунтов земляного полотна, так как в противном случае они разрушаются. Поэтому очень интенсивно на протяжении всей истории развития строительного производства развивались грунтоуплотняющие машины. Но машины работают эффективно лишь в том случае, если при их проектировании учтены физико-механические свойства уплотняемых грунтов.

Анализ последних исследований. Насыпи и другие инженерные земляные сооружения возводятся из грунтов, естественный состав которых в процессе их разработки уже был нарушен землеройно-транспортными машинами. Под воздействием рабочих органов этих машин масса грунта распадается на отдельные комья. Целью уплотнения является получение плотной и прочной структуры грунта, способной без значительных деформаций выдерживать нагрузки и быть в достаточной мере устойчивой к воздействию таких погодно-климатических факторов, как отрицательная температура и влага. В зависимости от вышеперечисленных параметров грунта необходимо проводить различные по содержанию работы и подбирать виды машин с различными требованиями к их конструкции и технологическим возможностям. Поэтому, в настоящее время парк машин

для уплотнения грунтов состоит из различных типов, отличающихся не только конструкцией, но и принципом работы.

По принципу воздействия на уплотняемые грунты машины разделяются на катки, трамбующие машины, вибрационные машины и комбинированные.

При уплотнении грунтов катками давление на грунт производится через колеса и различные виды вальцов (гладкие, кулачковые, сегментные, решетчатые) под действием силы тяжести машин. Эти катки относятся к числу наиболее производительных и вместе с тем дешевых средств уплотнения грунтов. Они пригодны для уплотнения, как связных, так и несвязных грунтов, но их большим недостатком являются весьма ограниченные толщины слоев, которые обычно не превышают 0,20...0,25 м.

Трамбующие машины основаны на ударном действии их рабочих органов (плиты и молоты) на поверхность грунта. При этом рабочий орган падает на грунт, передавая ему за короткий промежуток времени большую часть кинетической энергии. Трамбующие машины универсальны не только потому, что они пригодны для уплотнения связных и несвязных грунтов, но и ввиду возможности их применения в условиях зимнего строительства, а также в слоях больших толщин, достигающих 0,6...0,8 м.

Вибрационные машины по конструктивному исполнению разделяют на виброплиты и виброкатки. Они, совершая колебательные движения, вводят в состояние колебаний уплотняемые ими объемы грунта. При уплотнении вибрационными машинами в грунтах происходят тиксотропные превращения, которые меняют структуру грунта. Преимуществом данного класса машин является относительно малая материалоемкость и возможность при том же уплотняющем эффекте снизить вес катка и, как следствие, потребляемую мощность.

В строительстве часто возникает необходимость в уплотнении грунтов различных составов, находящихся при различных погодноклиматических условиях, когда необходимо использовать машины различного действия.

Цель работы – увеличение эффективности использования грунтоуплотняющих машин в технологическом процессе строительства (в свете современного стремления к энергосбережению эта проблема актуальна).

Основной материал. Для интенсификации работы катка грунтоуплотняющих машин с гладким вальцом целесообразно разместить внутри вальца виброконтур, например, в виде комплекта дебалансов с зубчатым внутренним зацеплением и механизмы их привода. Он сможет обеспечить «массирующее» действие на грунт при движении рабочего органа с целью увеличения времени выхода жидкой и газообразной фазы и генерирование благоприятных волновых процессов в грунте.

Рассмотрим элементарную часть такого контура, состоящего из установленного внутри вальца 1 малого зубчатого колеса со смещенным центром тяжести 3, закрепленного на водиле 4, вращающемся вокруг продольной оси вальца 5. Колесо 3 находится в зацеплении с зубчатым венцом 2, жестко закрепленным на внутренней поверхности вальца 1 (рис. 1).

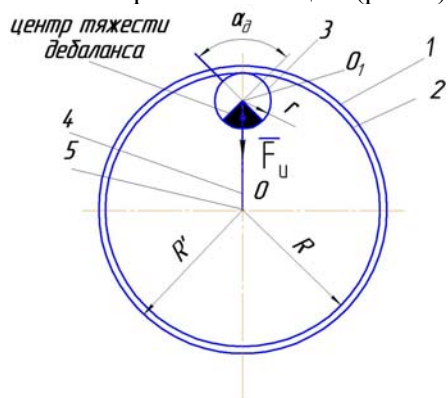


Рис. 1. Схема катка:

1 – внешняя поверхность вальца; 2 – внутренняя поверхность вальца с зубчатым венцом; 3 – дебаланс с зубчатым зацеплением; 4 – водило; 5 – продольная ось вальца)

Задача состоит в том, чтобы определить угол поворота центра эксцентрика относительно вертикальной оси, проходящей через ось вращения малого зубчатого колеса, что позволит определить направление силы инерции. Для решения данной задачи примем некоторые исходные данные: R – радиус делительной окружности зубчатого венца, м; r – радиус делительной окружности малого зубчатого колеса, м; R' – внешний

радиус вальца, м; r' – расстояние от центра тяжести дебаланса (точка C) до геометрического его центра (точка B); ω_k – угловая скорость вращения вальца, с^{-1} ; ω_b – угловая скорость вращения водила вокруг оси вальца, с^{-1} .

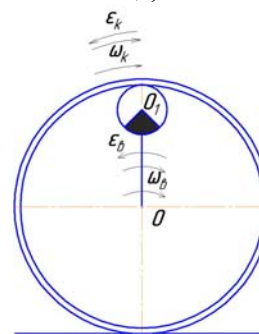


Рис. 2. Схема направлений движения катка

Рассмотрим случаи вращения водила в сторону движения катка (рис. 2).

1. Простейший случай, когда каток движется с угловой скоростью ω_k , а водило неподвижно, т.е. $\omega_b = 0$; тогда угол поворота центра эксцентрика относительно вертикальной оси:

$$\psi(t) = \frac{180 \cdot U_1 \cdot \omega_k \cdot t}{\pi},$$

где $U_1 = \frac{R}{r}$ – передаточное число в зубчатом зацеплении при вращении вальца; t – момент времени, с.

Результат вычисления получим в градусах. Если $\psi(t) > 360^\circ$, то необходимо от результата отнять целое число периодов вращения колеса. Например, $U_1 = 40$; $\omega_k = 2 \text{ с}^{-1}$; $t = 2 \text{ с}$. Угол поворота центра тяжести дебаланса относительно вертикальной оси по (1):

$$\psi(t) = \frac{360 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 40}{2 \cdot \pi} = 9171^\circ - 25 \cdot 360^\circ = 171^\circ.$$

2. Следующий вариант, когда $\omega_b = \omega_k$; тогда угол поворота центра тяжести дебаланса относительно вертикальной оси:

$$\psi(t) = \frac{180 \cdot \omega_k \cdot t}{\pi}.$$

Алгоритм получения результата в последующих случаях аналогичен предыдущим.

3. Случай, когда $\omega_b > \omega_k$; тогда угол поворота центра тяжести дебаланса относительно вертикальной оси:

$$\psi(t) = 180 \cdot \frac{\omega_k \cdot t - U_2 \cdot (\omega_b - \omega_k) \cdot t}{\pi}, \quad (1)$$

где $U_2 = \frac{R-r}{r}$ – передаточное число в зубчатом зацеплении при вращении водила.

В этом случае результат вычисления угла может оказаться отрицательным; тогда это означает, что дебаланс повернулся в направлении, противоположном движению катка относительно вертикальной прямой, проходящей через центр малого зубчатого колеса, (т. е. против часовой стрелки).

4. Случай, когда $\omega_b < \omega_k$; тогда угол поворота центра тяжести дебаланса относительно вертикальной оси:

$$\psi(t) = 180 \cdot \frac{\omega_b \cdot t + U_1 \cdot (\omega_k - \omega_b) \cdot t}{\pi} \quad (2)$$

Если же водило вращать в сторону, противоположную направлению движения катка, то угол поворота центра тяжести дебаланса относительно вертикальной оси:

$$\psi(t) = 180 \cdot \frac{U_1 \cdot \omega_k \cdot t + U_2 \cdot \omega_b \cdot t}{\pi}.$$

Ранее были рассмотрены случаи, когда каток двигался равномерно, причем, в начале отсчета времени малое зубчатое колесо имело постоянную скорость и находилось в крайнем верхнем положении так, что смещенный центр тяжести дебаланса находился на вертикальной оси снизу от центра колеса – точки O_1 , (см. рис. 1).

Учтем начальные положения водила γ_0 и центра тяжести дебаланса ψ , отсчитываемые от вертикали по часовой стрелке. Движение катка и водила равноускоренное или равнозамедленное с угловыми ускорениями, соответственно ε_k и ε_b .

Для учета угловых ускорений ε_k и ε_b рассмотрим несколько вариантов относительного движения катка и дебаланса.

1. Простейший случай, когда каток движется с угловой скоростью ω_k , а водило неподвижно, т. е. $\omega_{0b} = 0$, тогда угол поворота центра эксцентрика относительно вертикальной оси:

$$\psi(t) = \psi_0 + \frac{180 \cdot U_1 \cdot \left(\omega_{0k} \pm \frac{\varepsilon_k \cdot t}{2} \right) \cdot t}{\pi}, \quad (3)$$

где $U_1 = \frac{R}{r}$ – передаточное число в зубчатом зацеплении при вращении вальца; t – момент времени.

Знак $\pm$ в (3) означает, что движение может быть равноускоренным и равнозамедленным.

При этом угол поворота водила остается неизменным $\gamma = \gamma_0$. Результат вычисления получим в градусах. Если $\psi(t) > 360^\circ$, то необходимо от результата отнять целое число периодов вращения колеса.

2. Вариант, когда $\omega_{0b} = \omega_{0k}$; угол поворота центра тяжести дебаланса относительно вертикальной оси:

$$\psi(t) = \psi_0 + \frac{180 \cdot \left(\omega_{0b} \pm \frac{\varepsilon_b \cdot t}{2} \right) \cdot t}{\pi}.$$

Алгоритм получения результата в последующих случаях аналогичен предыдущему.

При этом, угол поворота водила во всех случаях его движения:

$$\gamma(t) = \gamma_0 + \frac{180 \cdot \left(\omega_{0b} \pm \frac{\varepsilon_b \cdot t}{2} \right) \cdot t}{\pi}.$$

3. Случай, когда $\omega_b > \omega_k$; тогда угол поворота центра тяжести дебаланса относительно вертикальной оси:

$$\psi(t) = \psi_0 + 180 \cdot \frac{\left(\omega_{0k} \pm \frac{\varepsilon_k \cdot t}{2} \right) \cdot t \cdot (1 + U_2)}{\pi} - 180 \cdot \frac{\left(\omega_{0b} \pm \frac{\varepsilon_b \cdot t}{2} \right) \cdot t \cdot U_2}{\pi},$$

где $U_2 = \frac{R-r}{r}$ – передаточное число в зубчатом зацеплении при вращении водила.

В этом случае результат вычисления угла может оказаться отрицательным. Тогда это означает, что дебаланс повернулся в направлении, противоположном движению катка относительно вертикальной прямой, проходящей через центр малого зубчатого колеса (т.е. против часовой стрелки).

4. Случай, когда $\omega_{0b} < \omega_{0k}$; тогда угол поворота центра тяжести дебаланса относительно вертикальной оси:

$$\psi(t) = \psi_0 + 180 \cdot \frac{\left(\omega_{0b} \pm \frac{\varepsilon_b \cdot t}{2} \right) \cdot t \cdot (1 - U_1)}{\pi} + 180 \cdot \frac{\left(\omega_{0k} \pm \frac{\varepsilon_k \cdot t}{2} \right) \cdot t \cdot U_1}{\pi}.$$

Если же водило вращать в сторону, противоположную направлению движения катка, то угол поворота центра тяжести дебаланса относительно вертикальной оси:

$$\psi(t) = \psi_0 + 180 \cdot \frac{\left(\omega \pm \frac{\varepsilon \cdot t}{2} \right) \cdot t \cdot U}{\pi} + \frac{\left(\omega \pm \frac{\varepsilon \cdot t}{2} \right) \cdot t \cdot U}{\pi}.$$

Все рассмотренные случаи относятся к относительно стабильным, т. е. характер движения малого зубчатого колеса не меняется, что позволяло нам в каждом конкретном случае использовать только одну из пяти вышеприведенных формул, ограничивая при этом диапазон изменения соответствующих угловых скоростей и ускорений.

Но не исключено, что при работе этого контура необходимо будет менять характер движения малого зубчатого колеса. Алгоритм расчета угла ψ при изменении характера движения малого зубчатого колеса приведен ниже.

Допустим, что $\omega_{0в} > \omega_{0к}$ и $\varepsilon_k > \varepsilon_b$, тогда в определенный момент времени получится, что $\omega_b < \omega_k$. В этом случае использовать одну из пяти приведенных зависимостей для определения окончательного угла ψ нельзя.

Время, в течение которого будет иметь место $\omega_{0в} = \omega_{0к}$:

$$t = \frac{\omega_{0к} - \omega_{0в}}{\varepsilon_b - \varepsilon_k}.$$

Тогда зависимость для определения угла поворота центра тяжести дебаланса относительно его вертикальной оси при изменении характера движения малого зубчатого колеса примет вид (для упрощения воспользуемся подстановкой $x = \omega_{0к} \pm \frac{\varepsilon_k \cdot t}{2}$; $y = \omega_{0в} \pm \frac{\varepsilon_b \cdot t}{2}$):

$$\psi(t) = \begin{cases} \psi_0 + 180 \cdot \frac{x \cdot t \cdot (1 + U_2) - y \cdot t \cdot U_2}{\pi}, & t < \frac{\omega_{0к} - \omega_{0в}}{\varepsilon_b - \varepsilon_k}; \\ \psi_0 + 180 \cdot \frac{y \cdot t \cdot (1 - U_1) + x \cdot t \cdot U_1}{\pi}, & t > \frac{\omega_{0к} - \omega_{0в}}{\varepsilon_b - \varepsilon_k}. \end{cases}$$

Для планирования работы данного вальца с виброконтуром необходимо определить величину и направление силы инерции, порождаемой вращением дебаланса, в любой момент времени при известном режиме его работы.

Для определения аналитических зависимостей ускорения центра тяжести дебаланса от угловых скоростей и ускорений водила и вальца в целом и геометрических параметров вальца и виброконтура рассмотрим схему (рис. 3).

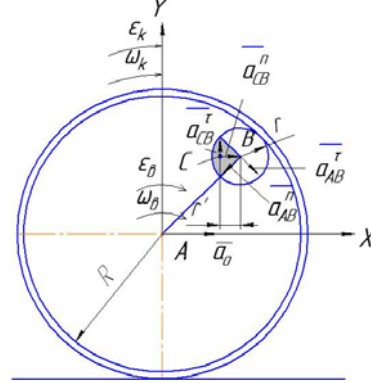


Рис. 3. Расчетная схема для определения ускорений (нормального и касательного) центра тяжести дебаланса

Проекции ускорений центра тяжести дебаланса (точка C) на координатные оси X и Y имеют вид: на ось X:

$$-a_C^t \cdot \cos \psi + a_C^n \cdot \sin \psi = a_o - a_{AB}^n \cdot \sin \gamma + a_{AB}^t \cdot \cos \gamma + a_{BC}^n \cdot \sin \psi - a_{BC}^t \cdot \cos \psi,$$

на ось Y:

$$a_C^t \cdot \sin \psi + a_C^n \cdot \cos \psi = -a_{AB}^n \cdot \cos \gamma - a_{AB}^t \cdot \sin \gamma + a_{BC}^n \cdot \cos \psi + a_{BC}^t \cdot \sin \psi,$$

где a_C^t, a_C^n – нормальное и тангенциальное ускорения центра тяжести дебаланса (сонаправлены с векторами a_{BC}^t, a_{BC}^n , соответственно), м/с^2 ; $a_o = \varepsilon_k \cdot R'$ – ускорение центра вальца (точка A), м/с^2 ; $a_{AB}^n = \omega_k^2 \cdot (R - r)$ – нормальная составляющая вектора ускорения точки B, м/с^2 ; $a_{AB}^t = \varepsilon_b \cdot (R - r)$ – тангенциальная составляющая вектора ускорения точки B, м/с^2 ; $a_{BC}^n = \omega_{BC}^2 \cdot r'$ – нормальная составляющая вектора ускорения в точке C, обусловленная ее удалением от точки B, м/с^2 ;

$a_{BC}^t = \varepsilon_{BC} \cdot r' = \frac{a_{AB}^t}{r} \cdot r'$ – тангенциальная составляющая вектора ускорения в точке C, обусловленная ее удалением от точки B, м/с^2 ; ψ – угол поворота центра тяжести дебаланса (точка C), который отсчитывается от отрицательного направления оси Y по часовой стрелке; γ – угол поворота водила, который отсчитывается от положительного направления оси Y по часовой стрелке.

Таким образом, с помощью приведенных выше зависимостей можно в любой момент времени определить направление относительно выбранной системы координат и абсолютную величину составляющих (нормальную и тангенциальную) вектора ускорения центра тяжести дебаланса, задаваясь предварительно геометрическими параметрами вальца (R ; r ; r' ; R') и режимом его работы (ε_B ; ω_K ; ω_B ; ε_K).

По определенным направлениям и величинам составляющих ускорения центра тяжести дебаланса найдем проекции вектора силы инерции на координатные оси, возникающей от его вращения, используя зависимости:

$$F_{ин}^x = -m_d \cdot (-a_C^x \cdot \cos \psi + a_C^n \cdot \sin \psi), \quad (4)$$

$$F_{ин}^y = -m_d \cdot (a_C^x \cdot \sin \psi + a_C^n \cdot \cos \psi), \quad (5)$$

где $F_{ин}^x$, $F_{ин}^y$ – проекции вектора силы инерции на координатные оси X и Y соответственно, Н; m_d – масса дебаланса, кг.

Знак « $\rightarrow$ » в формулах (1), (2) объясняется тем, что сила инерции противоположно направлена вектору порождающего ее ускорения.

При исследовании динамики работы вальца с виброконтуром важной характеристикой будет момент относительно нижней точки касания вальца с уплотняемым материалом, созданный силой инерции вращающегося дебаланса. Предварительно примем, что поверхность уплотняемого материала горизонтальна, поэтому нижняя точка касания вальца с уплотняемым материалом будет лежать на вертикальной оси симметрии вальца.

Для определения момента силы инерции относительно нижней точки касания вальца с уплотняемым материалом (точка K) в любой момент времени, зная направления и абсолютные величины проекций силы инерции на координатные оси X и Y , необходимо знать плечи приложения этих сил в любой момент времени. Для их определения составлена расчетная схема, когда в вальце один дебаланс (рис. 4).

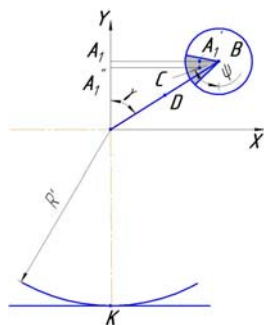


Рис. 4. Расчетная схема для определения длин плеч приложения проекций силы инерции

Исходя из расчетной схемы длина плеча для горизонтальной составляющей силы инерции:

$$A_1'' K = R \cdot \cos \gamma + R' - r' \cdot \cos \psi.$$

Длина плеча для вертикальной составляющей силы инерции:

$$A_1 A_1' = R \cdot \sin \gamma - r' \cdot \sin \psi.$$

Величина $A_1 A_1'$ может быть отрицательной, звено водила находится в левой половине вальца.

Углы γ и ψ определяются по ранее полученным авторами формулам, в зависимости от режима работы вальца и виброконтура.

$$M_d = F_{ин}^y \cdot A_1 A_1' - F_{ин}^x \cdot A_1'' K.$$

Таким образом, момент силы инерции одного дебаланса относительно нижней точки касания вальца с уплотняемым материалом:

Все предыдущие зависимости были выведены для вальца с одним дебалансом. Для общности рассмотрим вариант конструкции, когда в одном поперечном сечении вальца находится n одинаковых дебалансов.

Допустимое количество дебалансов в одном поперечном сечении вальца, исходя из конструктивных соображений, должно удовлетворять условию:

$$n \leq \frac{2 \cdot \pi \cdot (R - r)}{d_d + \Delta},$$

где d_d – внешний диаметр дебаланса, м; $\Delta = 15 \dots 30$ – зазор между соседними дебалансами, мм.

Угол между соседними звеньями водила:

$$\lambda = \frac{360^\circ}{n}.$$

Угол поворота i – ого звена водила:

$$\gamma_i = \gamma_{01} + \gamma_1 + \lambda \cdot i, \quad (i = \overline{2, n}),$$

где γ_{01} – начальный угол поворота 1 – ого звена водила при $t = 0$; γ_1 – угол поворота 1 – ого звена в данный момент времени t .

При этом будем иметь ввиду, что начальный угол поворота i – ого звена водила при $t = 0$:

$$\gamma_i = \gamma_{01} + \lambda \cdot i, \quad (i = \overline{2, n}).$$

Тогда длина плеча для горизонтальной составляющей силы инерции i – ого звена водила:

$$A_i'' K = R \cdot \cos(\gamma_1 + \lambda \cdot i) + R' - r' \cdot \cos \psi_i,$$

а длина плеча для вертикальной составляющей силы инерции i – ого звена водила:

$$A_i A_i' = R \cdot \sin(\gamma_1 + \lambda \cdot i) - r' \cdot \sin \psi_i.$$

При этом возможность того, что дебаланс каждого звена водила имел какой-то заданный начальный угол поворота центра тяжести ψ_{0i} , определяется зависимостью $\psi_i = \psi_i(t)$.

Таким образом, сумма моментов сил инерции n дебалансов относительно нижней точки касания вальца с уплотняемым материалом:

$$\sum_{i=1}^n M_{di} = \sum_{i=1}^n F_{ини}^y \cdot A_i A_i' - \sum_{i=1}^n F_{ини}^x \cdot A_i'' K,$$

где i – порядковый номер дебаланса (отсчет по часовой стрелке); n – количество дебалансов в одном поперечном сечении вальца; $F_{ини}^y$ и $F_{ини}^x$ – проекции сил инерции на соответствующие координатные оси i – ого дебаланса.

На суммарную горизонтальную составляющую сил инерции следует наложить ограничение из условия отсутствия проскальзывания вальца по уплотняемому материалу:

$$\sum_{i=1}^n F_{ини}^x \leq F_{сц},$$

где $F_{сц} = \varphi_{сц} \cdot G_{сц}$ – сила сцепления вальца с уплотняемым материалом, Н; $\varphi_{сц}$ – коэффициент сцепления; $G_{сц}$ – вес вальца, Н.

В вышеприведенных расчетах не были учтены силы инерции от звеньев водила, которые рассчитываются по формулам (4) и (5) с учетом, что центр тяжести звена водила лежит на его геометрической середине D (см. рис. 3):

$$F_{зв}^r = m_{зв} \cdot \varepsilon_B \cdot \frac{(R-r)}{2}, \quad F_{зв}^n = m_{зв} \cdot \omega_B^2 \cdot \frac{(R-r)}{2},$$

где $m_{зв}$ – масса звена водила, кг.

Проекции сил инерции от i – ого звена водила на координатные оси:

$$F_{зв}^x = -F_{зв}^n \cdot \sin \gamma_i + F_{зв}^r \cdot \cos \gamma_i,$$

$$F_{зв}^y = -F_{зв}^n \cdot \cos \gamma_i - F_{зв}^r \cdot \sin \gamma_i.$$

Плечи проекций сил инерции относительно нижней точки касания вальца с уплотняемым материалом (точка K) в любой момент времени определяются из зависимостей:

$$AD_i^y = \frac{(R-r)}{2} \cdot \sin \gamma_i, \quad (6)$$

$$AD_i^x = \frac{(R-r)}{2} \cdot \cos \gamma_i + R'. \quad (7)$$

Верхние индексы в формуле (3) означают ось проекцию сил инерции.

Сумма моментов сил инерции звеньев водила относительно нижней точки касания вальца с уплотняемым материалом (точка K) в любой момент времени:

$$\sum_{i=1}^n M_{vi} = \sum_{i=1}^n F_{зв}^y \cdot AD_i^y - \sum_{i=1}^n F_{зв}^x \cdot AD_i^x.$$

При этом следует заметить, что величина AD_i^y может быть отрицательной, когда звено водила находится в левой половине вальца.

Суммарный момент сил инерции дебалансов и звеньев водила:

$$M_{сум} = \sum_{i=1}^n M_{di} + \sum_{i=1}^n M_{vi}.$$

Сумма проекций всех сил инерции на ось X :

$$\sum X = \sum_{i=1}^n F_{ини}^x + \sum_{i=1}^n F_{зв}^x.$$

Сумма проекций всех сил инерции на ось Y :

$$\sum Y = \sum_{i=1}^n F_{ини}^y + \sum_{i=1}^n F_{зв}^y.$$

Если $\sum Y < 0$, то суммарная сила инерции действует вертикально вниз. Если $\sum X < 0$, суммарная сила инерции действует противоположно направлению движения вальца. Исходя из вышеприведенных данных, можно рекомендовать необходимые, в конкретных условиях, режимы работы виброконтура. В последующих работах планируется разработать оптимальные режимы работы приведенного виброконтура, при которых суммарная сила инерции будет направлена в определенную сторону в любой момент времени и, кроме того, рассмотреть случай выполнения дебалансного контура независимым от вращения вальца катка в виде отдельного модуля с дистанционным управлением посредством электропривода.

Выводы и перспективы исследований.

Предложена конструкция виброконтура для интенсификации работы уплотняющих машин каткового типа; аналитические зависимости для определения: направлений и абсолютных величин сил инерции каждого дебаланса в любой момент времени при известном режиме работы; суммы моментов сил инерции дебалансов относительно нижней точки касания вальца с уплотняемым материалом (точка K) в любой момент времени без сил инерций от звеньев водила и с их учетом; сумм проекций всех сил инерции на координатные оси X и Y . Будут разрабатываться принципиальные схемы виброконтуров.

Надійшла до редколегії 15.03.07.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ОПОРУ ПЕРЕСУВАННЮ І ПОВОРОТУ ГУСЕНИЧНОГО ТЯГАЧА НА ЗАГАЛЬНИЙ ОПІР РУХУ ПРИЧІПНОГО КАТКА ТА ГЛИБИНИ ПРОСІДАННЯ МАЛООПОРНОЇ ГУСЕНИЦІ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТА РЕМОНТІ КОЛІЇ

Значення опору пересуванню і повороту гусеничного рушія тягача ґрунтоущільнюючої машини, підраховані за запропонованою методикою, менші приблизно удвічі за ті, що отримані з використанням довідкових рекомендацій, оскільки використовуються уточнені дані.

Значения сопротивления передвижению и поворота гусеничного движителя тягача ґрунтоуплотняющей машины, подсчитанные по предложенной методике, меньше примерно вдвое от полученных с использованием справочных рекомендаций, поскольку используются уточненные данные.

Values of resistance to the movement and turn of tractor on the caterpillar motion of making more compact machine, calculated on the offered method, less approximately twice from got with the use of help recommendations, as refined data are used.

Постановка проблеми. При розрахунку ґрунтоущільнюючих машин у складі гусеничного тягача і причіпного змінного робочого обладнання, зокрема, каткового типу, загальний опір руху машини складатиметься з двох частин. При цьому, тягач може деформувати ґрунт на рівні з робочим обладнанням, особливо на початковій стадії ущільнення насипного ґрунту. Таким чином, доцільно знати розподіл опору руху між частинами ґрунтоущільнюючої машини для аналізу і прийняття рішень щодо конструктивного виконання як ходового обладнання тягача, так і виду робочого органу. Крім того, гусеничний рушій сам по собі може використовуватись як ґрунтоущільнюючий робочий орган, оскільки ним оснащені землерийні і землерийно-транспортні машини, що готують ґрунт до ущільнення.

Аналіз останніх досліджень. Відомі дослідження опору руху як гусеничних, так і пневмоколісних рушіїв, спрямовані на визначення енергії, що витрачається на деформацію ґрунту [1]. Але при розрахунку опору коченню, як правило, не враховуються: параметри рушія і ґрунту, які суттєво впливають на кінцевий результат, зокрема, ширина гусениці чи колії; величини коефіцієнтів опору зминанню ґрунту і його пружної деформації та співвідношення між ними; а також ряд величин, що беруться з довідкових даних і мають досить приблизні значення, округлені, як правило, в більшу сторону, оскільки вони отримані експериментальним шляхом і носять емпіричний характер. В

результаті розрахунку, виконані за запропонованими і довідковими формулами, відрізняються майже в два рази, що суттєво, оскільки при цьому можна значно уточнити потужність силового агрегату, що потрібний для конкретної машини в залежності від її конструктивного виконання і комплектації певними видами робочих органів.

Мета статті. Визначення опору пересуванню і повороту гусеничного тягача та глибини просідання малоопорної гусениці з використанням раніше отриманих залежностей для визначення коефіцієнтів опору руху, що припадають на пружну і пластичну деформацію ґрунту, дозволить значно уточнити відомі методики, засновані на використанні довідкових даних і правильно розподілити потужність базового чи запропонованого силового агрегату.

Основний матеріал. Знайдемо величину коефіцієнта опору руху гусеничного рушія трактора масою G , розміром гусениць $L \times B$ (рис. 1, а). Вважаючи розподіл тиску рівномірним, отримаємо:

$$q = \frac{Gg}{2BL}. \quad (1)$$

Глибина вмивання гусениць

$$y = q / k_2. \quad (2)$$

Робота, виконана силою тяжіння трактора при зануренні гусениць на глибину y і об'єм зім'ятого матеріалу:

$$A_q = Ggy; \quad (3)$$

$$V_q = 2BLy. \quad (4)$$

Відносна робота зминання:

$$A_{от} = \frac{A_q}{V_q} = \frac{Gq}{2BL}. \quad (5)$$

При переміщенні трактора на відстань L_n об'єм зім'ятого ґрунту:

$$V_{cm} = 2ByL_n. \quad (6)$$

Робота, витрачена на зминання ґрунту на довжині L_n :

$$A_1 = A_{от} V_{cm} = Ggyg_n / L. \quad (7)$$

Робота, необхідна для пересування трактора на відстань L_n при умовному коефіцієнті опору руху w_{cm} :

$$A_{п} = w_{cm} GgL_n. \quad (8)$$

Прирівнявши вирази (7) і (8), отримаємо складову опору перекочуванню гусеничного рушія, що припадає на зминання ґрунту:

$$w_{cm} = \frac{y}{L} = \frac{q}{k_2 L}. \quad (9)$$

Залежність w_{cm} від коефіцієнта k_2 показана на рис. 1, б. Відзначимо, що рекомендований коефіцієнт опору перекочуванню для гусеничного ходу при ґрунтовій дорозі складає величину $w = 0,05 \dots 0,1$ [2]. В цьому випадку опір перекочуванню від зминання ґрунту складає від часток відсотка при «відмінному ґрунті» [3; 4] до половини від того, що рекомендується при дуже рихлому. Дані отримані для трактора масою $G = 5250$ кг з розмірами гусениці $B \times L = 0,5 \times 2,7$ м; $q = 27$ кПа.

Відзначимо, що формула (9) справедлива і для абсолютно жорсткої пластини (плити) прямокутного контуру при будь-якій схемі навантаження; величина L при цьому визначається стороною, паралельною напрямку руху.

Для гусеничного ходу максимальну величину опору повороту навколо загальмованої гусениці рекомендується визначати з виразу [5]

$$W_{кр} = 0,5 f_{кр} \frac{GgL}{B}, \quad (10)$$

де $f_{кр}$ – коефіцієнт тертя ковзання гусениці по ґрунтовій основі, що приймається рівним кое-

фіцієнту зчеплення.

При повороті машини на гусеничному ході щодо центру однієї з гусениць, наприклад, на кут $\pi/2$, об'єм зім'ятої ґрунтової основи:

$$W_{cm} = \frac{L^2}{8} \left[1 + \frac{1}{\sin^2 \alpha} - \frac{(2B_k - B)^2}{L^2} \right] \frac{\pi y}{2}, \quad (11)$$

де $\alpha = \arctg \frac{L}{2B_k + B}$; B_k – колія гусениць.

Аналогічно (7) знайдемо роботу на зминання ґрунту:

$$A_1 = A_{от} V_{cm} = \frac{Gg\pi L \left[1 + \frac{1}{\sin \alpha} - \frac{(2B_k - B)^2}{L^2} \right]}{32B} y. \quad (12)$$

Робота, необхідна для повороту гусениць на кут $\pi/2$ при умовному коефіцієнті опору w_{cm} :

$$A_{п} = \frac{Gg}{2} \left(B_k \varphi + \frac{2L \sin \varphi}{3\varphi} \right) w_{cm} = \frac{Gg}{2} \left(\frac{\pi B_k}{2} + \frac{4L}{3\pi} \right) w_{cm}. \quad (13)$$

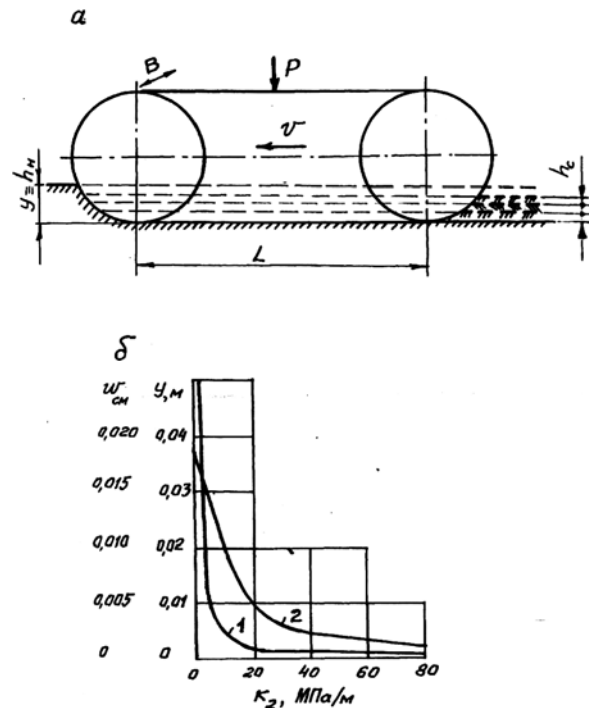


Рис. 1. Розрахункова схема гусеничного рушія (а) і залежність глибини вминання ґрунту (1) і опору перекочуванню, що припадає на зминання ґрунтової основи (2) від коефіцієнта зминання k_2 – (б)

Ця формула отримана як добуток навантаження, що припадає на одну гусеницю, на шлях, пройдений центром прикладення наван-

таження однієї і іншої гусениць при її повороті на кут φ .

Прирівнявши два останні вирази, отримаємо:

$$w_{cm} = \frac{\pi L \left[1 + \frac{1}{\sin^2 \alpha} - \frac{(2B_k - B)^2}{L^2} \right] q}{16B_k \left(\frac{\pi B_k}{2} + \frac{4L}{3\pi} \right)}. \quad (14)$$

Істотною відмінністю отриманої формули від довідкової є присутність в ній величини B_k – колії, вплив якої на зусилля повороту очевидний. Другою істотною відмінністю є наявність коефіцієнта опору зминанню k_2 , вплив якого на опір повороту також очевидний. Наявність в довідковій формулі тільки коефіцієнта тертя ковзання не завжди враховує властивість ґрунтової основи повністю. Наприклад, розворот на ґрунтовій основі з малим значенням k_2 , але покритим снігом може привести до абсолютно різних результатів, отриманих за запропонованою і довідковою формулах.

При $B_k = 1,6$ м і даних, наведених вище, отримаємо $w_{cm} = 0,005 \dots 0,120$ залежно від k_2 . Якщо прийняти коефіцієнт тертя між ґрунтовою основою і гусеницями $w_{тр} = 0,4$, то за нашою методикою $W_{пов} = (w_{тр} + w_{cm})Gg = 29 \dots 37$ кН, а з довідкової формули $W_{пов} = 77$ кН.

Доцільно також врахувати вплив глибини просідання малоопорної гусениці, оскільки, у цьому випадку, тиск на ґрунт передається нерівномірно, і максимальна величина просідання під катками буде більшою, ніж аналогічне значення для багатоопорної гусениці. Отже, будуть великими об'єм зім'ятого матеріалу при пересуванні гусеничного тягача на задану довжину і опір пересуванню від зминання матеріалу ґрунтової основи.

Формулою (2) можна користуватися при визначенні просідання багато опорних гусениць. В мало опорних гусеницях тиск на ґрунт передається нерівномірно, тому максимальна величина просідання під катками буде більше, ніж значення для багато опорної гусениці. Отже, будуть великими об'єм зім'ятого матеріалу при пересуванні, наприклад, екскаватора на довжину L (6) і опір пересуванню від зминання матеріалу ґрунтової основи.

Представимо розрахункову схему гусениці між двома опорними катками у вигляді, показаному на рис. 2. Для вирішення задачі щодо визначення максимальної величини просідання

гусениці a скористаємося наступним наближенням способом послідовних наближень. Рішення такої задачі в точній постановці навряд чи можливе: величина a – просідання під катком і f – прогинання гусениці в середині прольоту і в самому прольоті взаємно залежні.

Величину a для першого наближення визначимо як для жорсткої пластини або багато опорної гусениці з формули (2):

$$a_1 = q / k_2.$$

Просідання гусениці в другому наближенні знайдемо при наступних припущеннях: вважаємо, що гусениця прогинається по синусоїді, тобто

$$y(x) = a - f \sin \frac{\pi x}{l}; \quad (15)$$

тоді, наприклад, при $x = l/2$ $y(x) = a - f$, а при $x = 0$ або $x = l$ $y(x) = a$.

Тепер з рівності об'ємів деформованого матеріалу для першого і другого випадків (це коректно, оскільки залежність між a і q лінійна) отримаємо:

$$a = a_1 + 2f / \pi = q / k_2 + 2f / \pi. \quad (16)$$

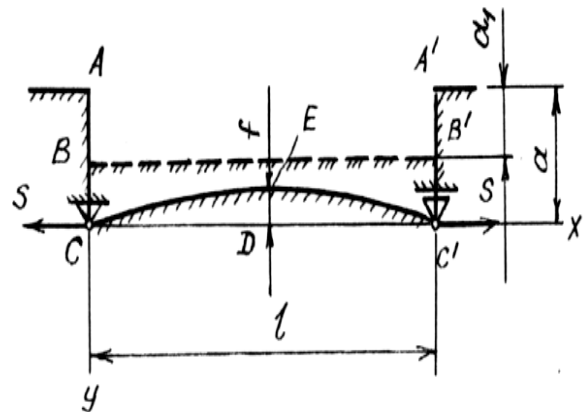


Рис. 2. Розрахункова схема гусениці в прольоті між катками

З формули (16) видно, що в ній в явному вигляді відсутнє натягнення гусениці S . Для його визначення спроектуємо сили, діючі на гусеницю в прольоті від реакції ґрунтової основи, і саму силу S на вісь X . Після елементарних перетворень отримаємо:

$$S = \frac{Bk_2 l^2}{2\pi f} (a - 2f / \pi). \quad (17)$$

Задавши f в частках a $f = an^*$, де ($n^* < 1$), отримаємо замість (17):

$$S = \frac{Bk_2 l^2}{2\pi n^*} (1 - 2n^* / \pi). \quad (18)$$

Залежність між S і n^* показана на рис. 3. Тут же представлена крива залежності інтенсивності зростання S від n^* – dS/dn^* . Неважко помітити, що особливо інтенсивно повинне зростати натягнення гусениці при $n^* < 0,5$. З погляду натягнення очевидно, що величину n^* брати менше 0,5 недоцільно.

Таким чином, за відомими величинами B , k_2 , l , задавши n^* , можна визначити S за (18) або a по формулі:

$$a = \pi q / k_2 (\pi - 2n^*). \quad (19)$$

Значення a залежно від n^* при різних величинах k_2 показані на тому ж рис. 3.

В наведених вище формулах передбачалося, що радіус катка $R_k = D/2$ набагато менший прольоту l між ними. З урахуванням катка приведений проліт між їх центрами:

$$l_{пр} = l - D_k \varphi_k, \quad (20)$$

де $\varphi_k = 2 \arcsin(2\sqrt{a(D_k - a)}) / D_k$.

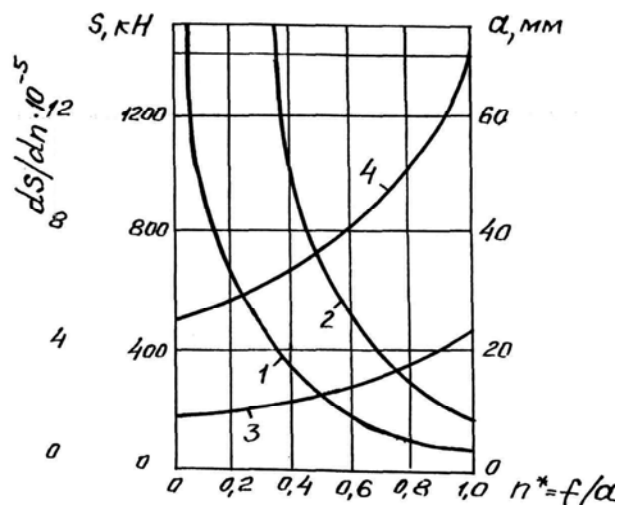


Рис.3. Залежність від співвідношення прогинання гусениці до заглиблення катка:
1 – натягнення гусениці; 2 – інтенсивності наростання натягнення; 3 – заглиблення катка б при $k_2 = 6$ МПа і $k_2 = 3$ МПа

При визначенні опору на зминання матеріалу ґрунтової основи у разі переміщення мало

опорної гусениці на відстань L_n , об'єм зім'ятого матеріалу можна знайти аналогічно (6):

$$V_{см} = 2BaL_n \quad (21)$$

виконавши подальші викладення аналогічно вищенаведеної методики.

Величина S у формулі (18) може бути проконтрольована по верхній частині гусениці: якщо відоме її прогинання f_x у середині прольоту, то:

$$S = \frac{m_{гус} g l^2}{8 f_x}, \quad (22)$$

де $m_{гус}$ – лінійна щільність гусениці.

Висновки і перспективи досліджень. Значення опору пересуванню і повороту гусеничного рушія тягача ґрунтоущільнюючої машини, підраховані за запропонованою методикою і з використанням довідкових рекомендацій відрізняються більше, ніж у два рази, тобто, при розрахунку за запропонованою методикою маємо менший результат, оскільки користуємося уточненими даними. Завдяки цьому можна ефективніше використати енергоресурси та удосконалити параметри, зокрема, ґрунтоущільнюючих машин каткового типу.

Подальші дослідження спрямовані на систематизацію отриманих результатів і їх методичне представлення у зручному для користувача вигляді.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ульянов Н. А. Теория самоходных колесных землеройно-транспортных машин. М.: – Машиностроение, 1969. – 520 с.
2. Экспериментальное определение коэффициента сопротивления перекачиванию гусеничного движителя / Варшавский А. М., Бондаренко В. Д., Бондаренко Л. Н. // Изв. вузов. Машиностроение, 1992. № 1–3. С. 84 – 86.
3. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки. – М.: Наука, 1966. – 635 с.
4. Тимошенко С.П. Курс теории упругости. Киев: Наукова думка, 1972. – 501 с.
5. Александров М. П. и др. Справочник по кранам: В 2 томах. Т. 2 – Л.: Машиностроение, 1988. – 559 с.

Надійшла до редколегії 15.03.07.

ПОСТРОЕНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ КООРДИНАТНОЙ МОДЕЛИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЕРЕУСТРОЙСТВА ПЛАНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

Розглянута побудова моделей для існуючого і проектного положень плану залізничної колії в координатах і оптимізація проектного рішення.

Рассмотрено построение моделей для существующего и проектного положений плана железнодорожного пути в координатах и оптимизация проектного решения.

Construction of models for existing and design positions of the plan of a railway in coordinates and optimization of the design decision is considered.

Эвольвентная модель, при которой сдвиг определяется как разность между проектной и существующей эвольвентой, является одной из самых распространенных. Однако погрешности такой модели не позволяют находить точные значения сдвигов и параметров плана, особенно при существенных рихтовках. Задача может решаться как в косоугольной системе координат [1], так и в традиционной прямоугольной геодезической. Последний подход является более предпочтительным, так как современные системы автоматизированного проектирования ориентированы на такую систему координат.

При создании координатной модели следует обеспечивать достаточно высокую точность построения элементов плана, которые входят в рассматриваемый участок. При этом основная проблема возникает при построении переходных кривых. В связи с этим были получены формулы (1), описывающие с высокой точностью положение переходной кривой в виде радиоидальной спирали в геодезической системе

координат. Обозначения в этих формулах соответствуют рис. 1. Значение m соответствует x при $s = \frac{l}{2}$, а p – расстояние от оси Y до касательной к круговой кривой радиуса R в точке $y = m$.

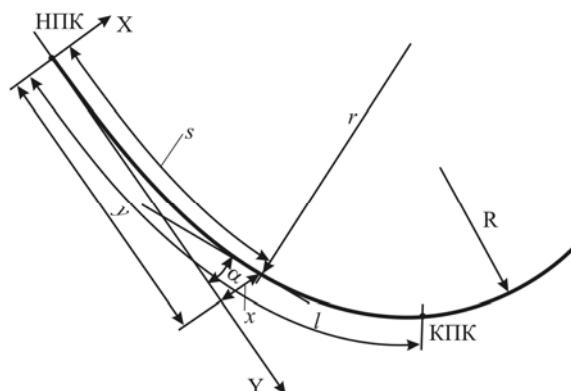


Рис. 1

$$\begin{aligned}
 y &= 2 \cdot \alpha \cdot r \cdot \left(1 - \frac{\alpha^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{5} - \frac{\alpha^2}{12} \cdot \left(\frac{1}{9} - \frac{\alpha^2}{30} \cdot \left(\frac{1}{13} - \frac{\alpha^2}{56} \cdot \left(\frac{1}{17} - \frac{\alpha^2}{90} \cdot \left(\frac{1}{21} - \frac{\alpha^2}{3300} \right) \right) \right) \right) \right) \right) \right); \\
 x &= 2 \cdot \alpha^2 \cdot r \cdot \left(\frac{1}{3} - \frac{\alpha^2}{6} \cdot \left(\frac{1}{7} - \frac{\alpha^2}{20} \cdot \left(\frac{1}{11} - \frac{\alpha^2}{42} \cdot \left(\frac{1}{15} - \frac{\alpha^2}{72} \cdot \left(\frac{1}{19} - \frac{\alpha^2}{110} \cdot \left(\frac{1}{23} - \frac{\alpha^2}{4212} \right) \right) \right) \right) \right) \right) \right); \\
 m &= \frac{l}{2} - \frac{l^3}{240 \cdot R^2} \cdot \left(1 - \frac{l^2}{16 \cdot R^2} \cdot \left(\frac{1}{9} - \frac{l^4}{8 \cdot R^4} \cdot \left(\frac{1}{273} - \frac{l^6}{102816 \cdot R^6} \right) \right) \right); \\
 p &= \frac{l^2}{24 \cdot R} \cdot \left(1 - \frac{l^2}{16 \cdot R^2} \cdot \left(\frac{1}{7} - \frac{l^2}{6 \cdot R^2} \cdot \left(\frac{1}{220} - \frac{l^2}{67200 \cdot R^2} \cdot \left(1 - \frac{l^2}{456 \cdot R^2} \right) \right) \right) \right).
 \end{aligned} \tag{1}$$

Полученное координатное представление переходной кривой вместе с координатным отображением прямых и круговых кривых используется для построения координатной модели проектного решения. Проектное решение строится для участка, который может содержать кривые разных направлений, прямые вставки, сложные многорадиусные кривые и т.п. Проектная модель включает в себя традиционные параметры плана (радиусы и направление кривых, длины прямых, круговых и переходных кривых), а также координаты центров круговых кривых, точек начала и конца элементов, координаты начал полных радиоид, дирекционные углы прямых и касательных к началам переходных кривых, а также к началам и концам круговых кривых.

При построении координатной модели наиболее сложным является сопряжение двух соседних круговых кривых радиусами R_1 и R_2 с центрами в точках O_1 и O_2 переходной кривой длиной l_{12} (рис. 2). В этом случае полная длина радиоидальной спирали l_2 определяется следующим образом

$$l_2 = \frac{R_1 \cdot l_{12}}{R_1 - R_2}. \quad (2)$$

При близких значениях радиусов может получаться полная длина в несколько километров, а полный угол поворота радиоидальной спирали в несколько сот градусов. Во избежание таких ситуаций следует ограничивать предельным значением угла поворота полной радиоиды возможность сопряжения круговых кривых.

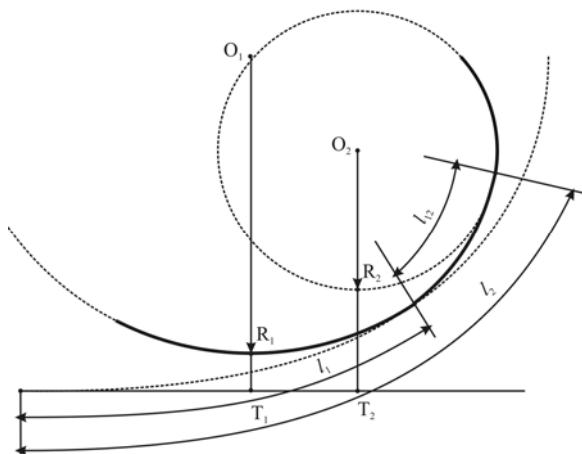


Рис. 2

В координатной модели сдвиг определяется как расстояние на плоскости от точки с известными координатами до ее проектного положения. Для определения проектного положения точки принято считать, что сдвиг будет осуще-

ствляться по нормали к существующему пути. В традиционных подходах нормаль определяется неточно из условия, что рассматриваемая точка и две соседних с ней расположены на окружности. Вместо этого в координатной модели предлагается определять нормаль по отношению к существующему пути, представленному в виде кубических сплайнов [2], что существенно повышает точность расчетов.

Для определения сдвигов выполняется поиск пересечения нормали с различными элементами проектной координатной модели и в качестве решения принимается действительное пересечение.

Проектное решение должно проектироваться на допустимую область. Для этого обеспечивается нахождение радиусов, длин прямых, круговых и переходных кривых в заданном диапазоне. Также выполняется обеспечение совпадения проектного угла поворота с углом, который образуют заданные начальная и конечная прямые.

Оптимизация проектного решения осуществляется с использованием алгоритма случайного локального поиска [3]. Укрупненная блок-схема алгоритма показана на рис. 3.

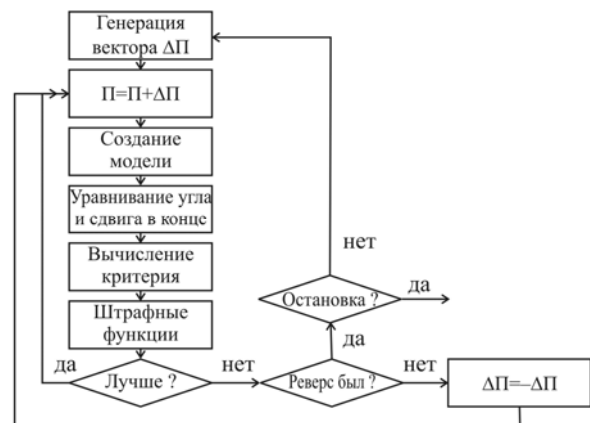


Рис. 3

Для генерации вектора изменения проектных параметров $\Delta \vec{I}$ используется несколько алгоритмов. Первый из них генерирует случайное изменение всех проектных параметров: длин прямых, круговых и переходных кривых, а также радиусов круговых кривых. Шаг изменения этих параметров меняется в зависимости от хода поиска. При успешном ходе поиска шаг увеличивается, а при неудачах – уменьшается. Поиск останавливается при уменьшении шага до заведомо малого значения.

После проведения локального поиска с этим алгоритмом изменения проектных параметров выполняется локальный поиск с другими алго-

ритмами, в которых изменяются только радиусы, только длины прямых и круговых кривых или только длины переходных кривых. После каждого локального поиска выполняется сглаживание решения - пошаговое изменение всех параметров на небольшую величину.

В качестве критерия оптимизации по усмотрению проектировщика может использоваться один из трех вариантов:

- сумма модулей сдвигов;
- сумма квадратов сдвигов;
- сумма затрат на выполнение работ по рихтовке участка.

В последнем случае необходимо задать коэффициенты квадратичной зависимости, которая показывает связь между величиной сдвига и затратами на ее осуществление на протяжении одного метра пути. Кроме того в этом варианте критерия учитываются затраты на досыпку балласта и земляного полотна при достижении сдвига определенного значения.

Поскольку при создании и оптимизации координатной модели выполняется большой объем достаточно сложных вычислений с использованием тригонометрических функций, скорость работы с этой моделью невысокая. В связи с этим рекомендуется вначале провести оптимизацию эвольвентной модели [4], а затем перейти к работе с координатной моделью.

Использование координатной модели позволяет решать множество проектных задач. Наиболее интересной является задача проектирования переустройства плана двух соседних путей или проектирования плана нового второго пути [5].

Описанный подход использован в программе автора [6], которая используется в ряде проектных организаций Украины и России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корженевич И. П. Расчет переустройства кривых в декартовой косоугольной системе координат // В кн.: Вопросы проектирования и строительства железных дорог. – Сб. тр. ДИИТа, вып. 176/5 – Д.: ДИИТ, 1976. – С. 41-45.
2. Корженевич И. П. Математическая модель плана существующего железнодорожного пути // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2007. – № 15. – С. 48–51.
3. Корженевич И. П. Алгоритм оптимизации трассы, основанный на принципах случайного поиска// Рукопись представлена Днепроп. ин-том инж. жел.-дор. трансп. Деп. в ЦНИИТЭИ, № 2035-82. Реферат опубликован в РЖ ВИНТИ «Железнодорожный транспорт», 1983, № 2, реф. 2Г5-83. – Д. - 1982. – 9 с.
4. Корженевич И. П. Построение и оптимизация эвольвентной модели при проектировании переустройства плана железнодорожной линии // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2007. – № 16. – С. –.
5. Корженевич И. П. Проектирование плана второго пути при сложном плане первого пути // В кн. Наука, инновации, образование, актуальные проблемы развития транспортного комплекса России. Материалы международной научно-технической конференции. – Екатеринбург: УрГУПС. – 2006. – С. 180 – 181.
6. Корженевич И. П.. Программа расчетов переустройства (выправки) плана одного железнодорожного пути – Желдорплан// Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – Минск, 2006. – № 3. – С. 13-16.

Поступила в редколлегию 27.04.2007.

ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОГО РАДІУСА КРИВИХ В ПЛАНІ З УРАХУВАННЯМ РОЗПОДІЛУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Викладена методика обґрунтування мінімального радіусу кривої при впровадженні швидкісного руху на існуючій залізниці за умови передачі частини вантажопотоку на паралельний хід.

Изложена методика обоснования минимального радиуса кривой при введении скоростного движения на существующей железной дороге за счет передачи части грузопотока на параллельный ход.

The technique of a substantiation of the minimal radius of a curve is stated at introduction of high-speed movement on the existing railway due to transfer of a part of a freight traffic on a parallel course.

У склад міжнародних транспортних коридорів на території України входять двокільні залізниці з високою пропускною спроможністю. Однак і вони не відповідають вимогам МСЗ і ОСЗ, так як не забезпечують швидкість руху вантажних поїздів 100...120 км/год, пасажирських – 160...200 км/год.

Проблеми експлуатаційного і технічного характеру, що виникають при сумісному русі, пов'язані із співвідношенням швидкостей вантажних і пасажирських поїздів, розладами верхньої будови колії. При значній різниці у швидкостях пасажирських і вантажних поїздів може суттєво зменшитись провізна спроможність лінії, на якій впроваджується швидкісний рух.

На І-й всесвітній конференції з інфраструктури залізниць (Париж, 2003 р.) було відмічено, що технічно українські залізниці можуть забезпечити швидкість руху на головних напрямках до 200 км/год, але за умови, що вантажний рух буде відділений від пасажирського [1].

Кабінет Міністрів України 27 грудня 2006 р. затвердив «Концепцію Державної програми реформування залізничного транспорту». В ході реформування планується розділити вантажний і пасажирський рух, оскільки сполучення перевезення приводять до великих експлуатаційних витрат.

У пакеті пропозицій від Укрзалізниці, обов'язково буде розподіл вантажного і пасажирського руху на тих ділянках, де необхідно забезпечити максимальну швидкість поїздів за скороченням часом доставки пасажирів [2]. Пріоритетними, швидше за все, будуть визначені приведені нижче ділянки.

На рис.1 показана ділянка Київ–Львів найменше з двома можливими паралельними ходами. Перший через Коростень–Шепетівку–Здолбунів, а другий через Фастів–Жмеринка–Тернопіль. При чому, як показують існуючі розміри руху, доцільніше переключати вантажні поїзди на верхній хід, тоді як нижній віддати під пасажирський рух.



Рис. 1. Схема ділянки Київ-Львів

Наступним прикладом може стати напрямок Київ–Лозова (рис. 2). Як бачимо тут також спостерігається два паралельних напрямки: один через П'ятихатки, інший через Полтаву.

Але на даний момент паралельний хід Київ–Полтава–Донецьк недостатньо задіяний, тоді як хід через П'ятихатки досить перевантажений.



Рис. 2. Схема ділянки Київ–Лозова

Дніпропетровськ–Донецьк, ще одна ділянка з високими розмірами руху і можливістю переключення частки вантажопотоку з напрямку

Дніпропетровськ–ЧапLINE–Донецьк на паралельний хід Дніпропетровськ–Павлоград–Донецьк (рис. 3).



Рис. 3. Схема ділянки Дніпропетровськ - Донецьк

Наведені ділянки доводять можливість запровадження спеціалізованих пасажирських і вантажних залізничних напрямків на залізницях України. Але необхідно розглянути питання впливу перерозподілу вантажопотоків на вибір параметрів плану лінії, особливо в кривих ділянках колії.

Як відомо, основною причиною, що обмежує максимальну швидкість, є криві. Криві в більшості випадків визначають надійність роботи залізничної колії й рівень допустимої швидкості. Проблема визначення параметрів кривих, перш за все мінімального радіуса і підвищення зовнішньої рейки, існує і в європейських країнах. Так, у 2006 році на нараді експертів Комісії ОСЗ з інфраструктури і рухомому складу серед інших розглядалось питання оптимізації улаштування підвищення зовнішньої рей-

ки в кривих в умовах швидкісного руху суміщеного з вантажним [3].

У нормативному документі [4] сказано, що значення найменшого радіусу кривих при посиленні (реконструкції, модернізації) існуючих залізниць необхідно встановлювати залежно від швидкостей руху, які передбачаються, пасажирських і вантажних поїздів і значень радіусів кривих існуючої колії. Доцільність перебудови існуючих кривих, які обмежують намічені швидкості руху, повинна бути техніко-економічно обґрунтована.

Фактично на цьому вичерпуються рекомендації, що стосуються реконструкції існуючих залізниць. Не дають відповіді на це питання і будівельно-технічні норми Російської Федерації [5].

Методика визначення мінімальних радіусів кривих за умов забезпечення міцності й стійкості колії і рухомого складу, безпеки руху й комфорту пасажирів викладена в роботі проф. О. П. Єршкова [6].

Дотримання цих умов описується трьома розрахунковими формулами:

– забезпечення однакового силового впливу на обидві рейкові нитки від сумарного потоку поїздів

$$\sum G_{\text{зові}} = \sum G_{\text{вні}} ; \quad (1)$$

– неперевикнення непогашених прискорень, спрямованих назовні кривої при проходженні найбільш швидкого поїзда

$$\alpha_{\text{нп}}^{\text{пас}} \leq [\alpha]_{\text{зов}} ; \quad (2)$$

– обмеження непогашених прискорень, спрямованих усередину кривої при проходженні вантажного поїзда з найменшою швидкістю

$$\alpha_{\text{нп}}^{\text{ван}} \leq [\alpha]_{\text{вн}} . \quad (3)$$

Зі спільного розв'язку умов (1) і (2) отримаємо формулу для визначення так званого мінімально рекомендованого радіусу

$$R_{\text{рек}}^{\text{рек}} = \frac{V_{\text{max пас}}^2 - k V_{\text{сер зв}}^2}{3,6^2 [\alpha_{\text{нп}}]_{\text{зов}}} , \quad (4)$$

де k – коефіцієнт, що враховує зміщення центру ваги екіпажа в зовнішню сторону по відношенню до осі кривої.

З формули (4) випливає, що для визначення $R_{\text{рек}}^{\text{рек}}$ необхідно знати ходові швидкості поїздів усіх категорій V_i , дані про їхню кількість N_i і масу Q_i . Тоді середньозважену швидкість можна визначити за формулою

$$V_{\text{сер зв}}^2 = \frac{\sum N_i Q_i V_i^2}{\sum N_i Q_i} . \quad (5)$$

Шлях отримання об'єктивної інформації досить складний і трудомісткий. Відповідно до [7] пропонується робити добір швидкостемірних стрічок протягом півроку по кожному виду поїздів і по них визначати швидкість конкретного поїзда. Однак і в тому випадку, коли б удалося вибрати зі швидкостемірів фактичні швидкості поїздів, що пройшли за рік, не можна впевнено сказати, яка буде середньозважена швидкість, що відповідає перевезенням майбутнього року. Це питання вимагає додаткового дослідження.

Друга складність – це розрахункові маси поїздів. Вони приймалися відповідними вагові нормі поїзда даної категорії. Аналіз розподілу мас поїздів різних категорій N_i і для різних діапазонів швидкостей V_i показав, що маси можуть змінюватися в широкому діапазоні Q_i [8].

Одним з можливих шляхів вирішення задачі є математичне моделювання руху потоку поїздів і на цій основі прогнозування середньозваженої швидкості й підвищення зовнішньої рейки на перспективу.

Для прогнозування розподілу швидкостей на ділянках залізниць, де передбачається впровадження швидкісного руху поїздів, були використані теоретичні криві за типом таких, які наведені в роботі [9]. Фрагмент такого розподілу для пасажирських і вантажних поїздів показаний на рис. 4.

Середньоквадратичні відхилення $\sigma_v^{\text{пас}}$, $\sigma_v^{\text{ван}}$ установлювалися на основі статистичної обробки матеріалів з урахуванням перспективного прогнозу. Максимальні швидкості руху пасажирських, вантажних повновагових і повноскладних поїздів визначались тяговими розрахунками.

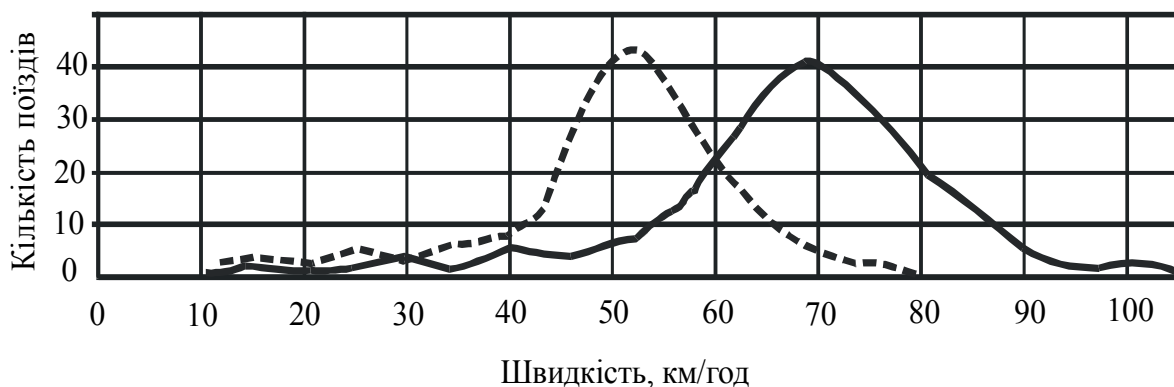


Рис. 4. Розподіл фактично реалізованих швидкостей руху (суцільна лінія відповідає пасажирському, а пунктирна – вантажному руху)

Таким чином, потік поїздів подається у вигляді тривимірної поверхні, що визначає кількість поїздів для заданої швидкості і маси і описується рівнянням $N = f_F(V, Q)$.

З метою наближення функції f_F до реальних умов експлуатації, потік поїздів розбивається на категорії, для кожної з яких задаються

параметри законів розподілу. Фрагмент роботи програми наведений на рис. 5.

За допомогою цієї програми були виконані розрахунки середньозваженої швидкості при передачі вантажних поїздів на паралельний хід при різній кількості пасажирських поїздів в потоці (рис. 6).

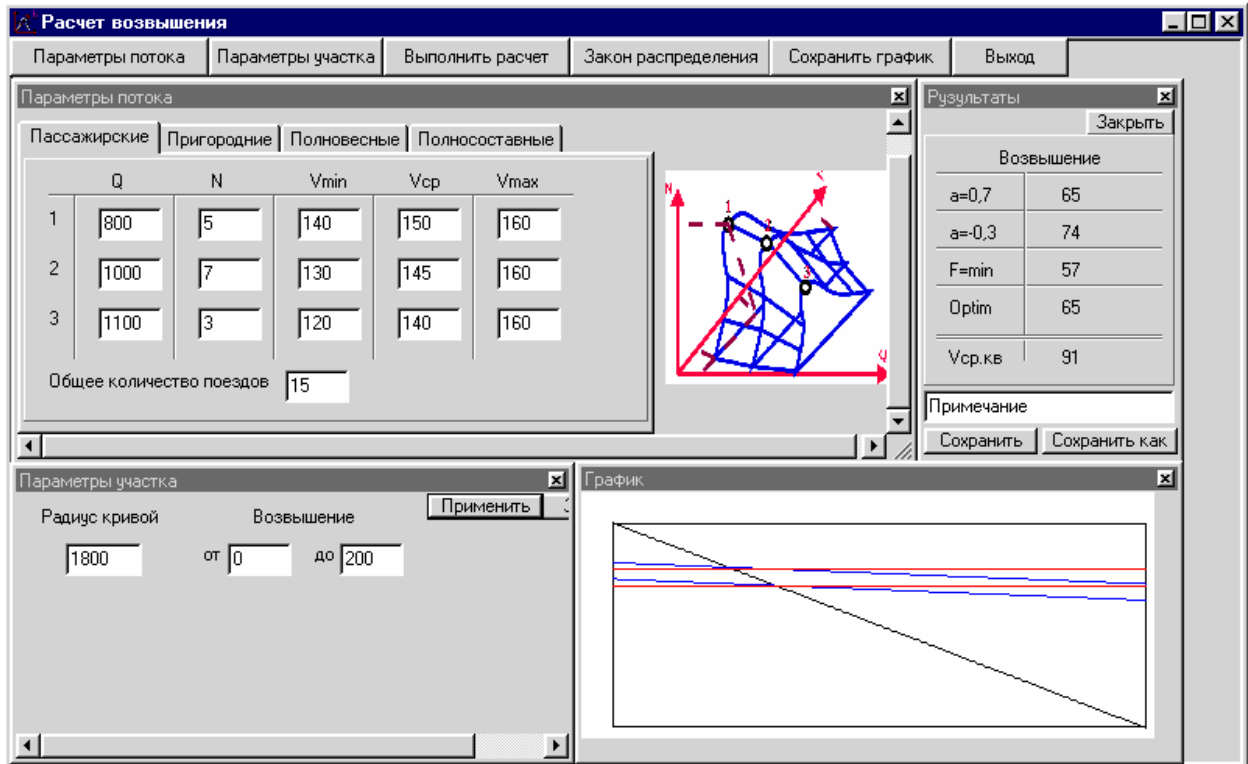


Рис. 5. Фрагмент работы программы

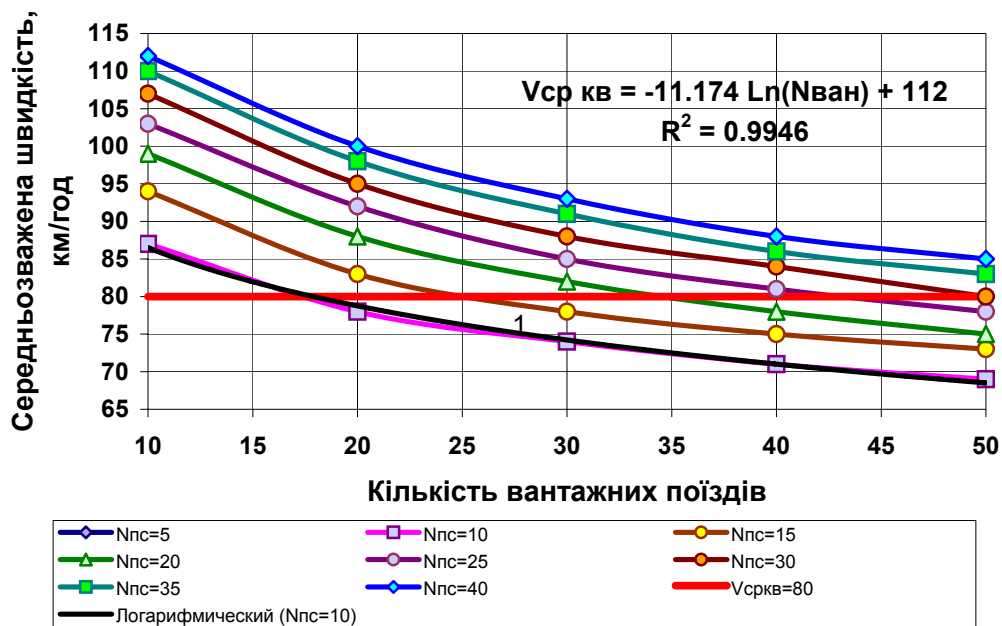


Рис. 6. Залежність середньозваженої швидкості від структури поїздопотокy

Криві, що наведені на рис. 6, можна апроксимувати логарифмічними функціями. Наприклад, при постійній кількості пасажирських поїздів $N_{\text{пас}} = 10$ пар/добу маємо

$$V_{\text{сер.кв}} = -11,174 \cdot \ln(N_{\text{ван}}) + 112. \quad (6)$$

Використовуючи формулу (6), визначаємо, наскільки можна збільшити підвищення в кривих (7), допустиму швидкість руху (8) і при якому мінімальному радіусі (4) можна забезпечити встановлену максимальну швидкість

$$\Delta h = \frac{12,5 \cdot (V_{\text{серзв}(i+1)}^2 - V_{\text{серзв}(i)}^2)}{R}. \quad (7)$$

$$\Delta V_{\text{доп}} = 3,6 \sqrt{R \left([\alpha_{\text{нп}}] + \frac{g}{S} \Delta h \right)}. \quad (8)$$

Вибіркові результати розрахунків наведені в табл. 1.

Аналіз даних табл. 1 показує, що максимальну швидкість (у прикладі 140 км/год) можна забезпечити на існуючій залізниці (до переключення вантажопотоку) в кривих радіусом $R_{\text{min}}^{\text{рек}} \geq 1646$ м, а після передачі 40 пар поїздів/добу на паралельний хід – в кривих $R_{\text{min}}^{\text{рек}} \geq 1340$ м. Таке рішення прийняте за умови виконання всіх трьох вимог (1-3).

При збільшенні розмірів пасажирського руху чи передачі частини вантажних поїздів на паралельні ходи зростає середньозважена швидкість, отже при меншому значенні $R_{\text{min}}^{\text{рек}}$ можна буде реалізувати максимальну швидкість швидкісними поїздами (рис. 7).

Таблиця 1

Параметри кривих в залежності від структури поїздопоту при встановленій максимальній швидкості для пасажирських поїздів 140 км/год

Кількість вантажних поїздів, пар/добу		Середньозважена швидкість, км/год		Розрахункове підвищення, мм		Мінімально рекомендований радіус кривої, м	
була	стала	була	стала	було	стало	був	став
50	40	68,3	70,8	35	40	1646	1608
50	30	68,3	74,0	35	45	1646	1557
50	20	68,3	78,5	35	55	1646	1481
50	10	68,3	86,3	35	70	1646	1340

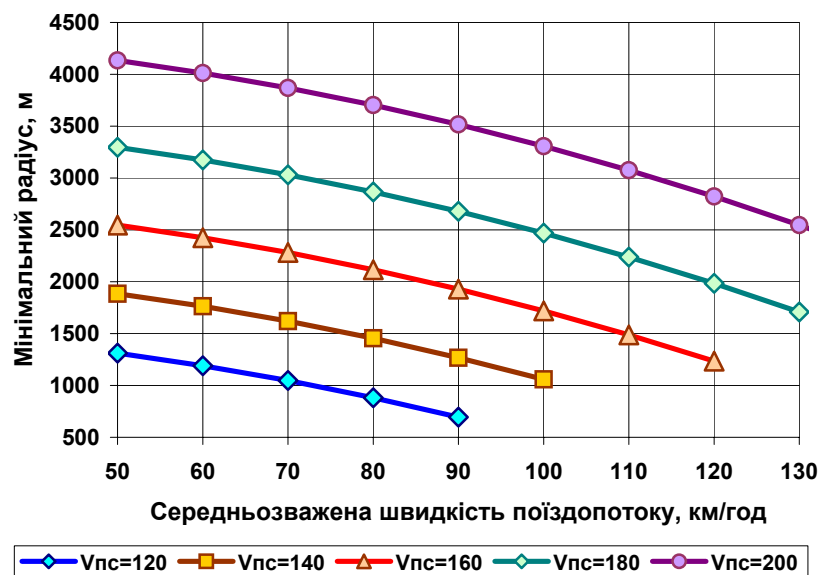


Рис. 7. Залежність мінімального радіуса кривої від швидкості руху $V_{\text{пас}}^{\text{пас}}$ і середньозваженої швидкості потоку поїздів $V_{\text{серзв}}$

Але на даний час у Європі відмовились від виконання першої умови і виходять лише з виконання 2 і 3 умов. Такої ж точки зору дотримувався, наприклад, в Росії професор С. П. Першин [10]. Знайдений радіус при цьому зазвичай називають мінімально допустимим (9)

$$R_{\min}^{\text{доп}} = \frac{V_{\max \text{ пас}}^2 - V_{\min \text{ ван}}^2}{3,6^2 ([\alpha_{\text{нп}}]_{\text{зов}} - [\alpha_{\text{нп}}]_{\text{вн}})} \quad (9)$$

Мінімально допустимий радіус напряму залежить від мінімальної швидкості вантажного

поїзда, яка може суттєво змінюватись при переключенні вантажопотоків. Так як на паралельний хід в першу чергу передаються найбільш важкі та тихохідні поїзди, а залишаються поїзди з достатньо великою швидкістю та невеликою масою, (наприклад, контейнерні), то мінімальна швидкість поїздів може збільшитись від 40 до 80 км/год.

На рис. 8 показана залежність мінімального радіусу при збільшенні мінімальної швидкості поїздів.

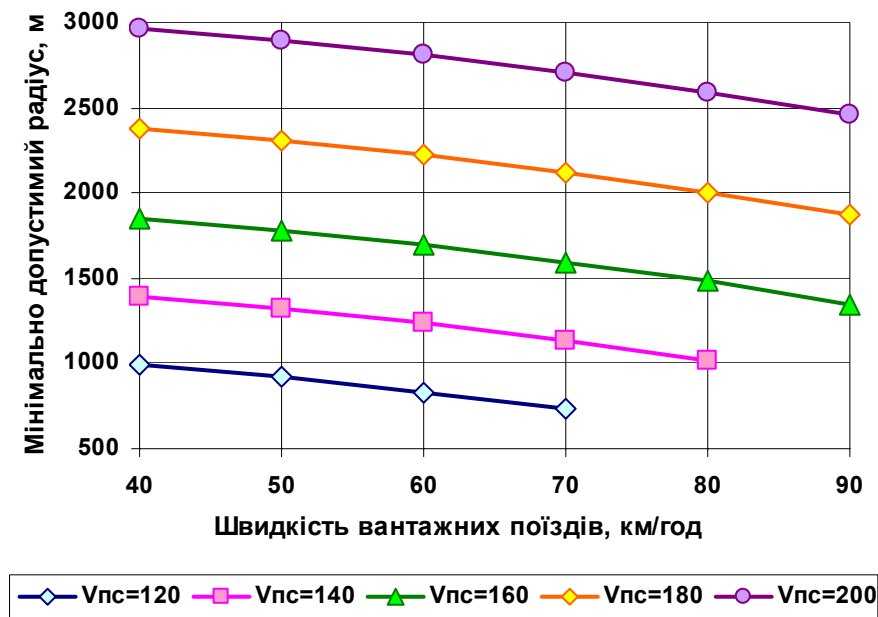


Рис. 8. Залежність мінімального радіусу від максимальної швидкості і швидкості вантажних поїздів

Так, при проходженні кривої радіусом 1000 м, до переключення вантажопотоку можна реалізувати максимальну швидкість 120 км/год, при передачі більшої частини вантажних поїздів на паралельний хід (тобто при скороченні різниці в швидкостях, при $V_{\min}^{\text{ван}} = 80$ км/год) в кривій такого радіусу можна досягти швидкості 140 км/год. Або ж можна розглянути це з іншого боку, що до передачі вантажопотоку швидкість 140 км/год реалізовувались лише у кривих не менш 1400 м, після передачі таку ж швидкість можна досягти і на кривих з радіусами 1000 м.

Висновки

1. Відокремлення пасажирського і вантажного рухів є актуальним і досить важливим питанням при впровадженні прискореного та швидкісного руху поїздів.

2. Зі зміною структури поїздопотоку необхідно переглянути параметри плану лінії одним з яких є мінімальний радіус кривих.

3. Переключення вантажопотоків на паралельний хід надає можливість прийняти менше значення мінімального радіусу для реалізації максимальної швидкості і, таким чином, скоротити витрати на перебудову кривих малого радіусу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Костюк М. Д. В путевом хозяйстве все путем / Железнодорожный транспорт. — К., 2003. — С.7-12.
2. Кранц Й. М. Скорость — дорогое удовольствие / Магістраль, № 14(1192), 28 лютого — 6 березня 2007 р. — С. 2.
3. Технические нормативы и диагностика железнодорожного пути для скоростного и высокоскоростного движения / Протокол совещания экспертов Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу. Балатонбоглар, Венгерская Республика, 07– 09 июня 2006 г.

4. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. (ДВН В.2.3-0000-2006). – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 150 с.
5. Строительно-технические нормы Министерства путей сообщения Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520 мм. СТН Ц-01-95. – М., 1995. – 86 с.
6. Высокоскоростное пассажирское движение (на железных дорогах) / Под ред. Н. В. Колодяжного. – М.: Транспорт, 1976. – 415 с.
7. Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих / А. М. Орловський, О. М. Патласов, В. В. Циганенко, Л. Я. Воробейчик, В. І. Климов, М. Б. Курган: ЦП/0056: Затв. наказом Укрзалізничці від 27.04.99 №124-Ц. – Дніпропетровськ: Арт-Прес, 1999. – 44 с.
8. Определение параметров плана линии при организации скоростного сообщения Западная Европа–Львов / Е. П. Блохин, Г. Н. Кирпа, И. П. Корженевич, Н. Б. Курган Н. Б. // Транспорт: Зб. наук. праць ДПТУ. – Д.: Арт-Прес, 2000. – Вып. 6. – С. 21-28.
9. Определение возвышения наружных рельсов в кривых по фактическим скоростям движения поездов / А. Н. Орловский, В. В. Цыганенко, Л. Я. Воробейчик, А. М. Патласов // Залізничний транспорт України. – 1999. – №4. – С. 10-12.
10. Першин С. П. Силовое воздействие поездов на путь и безопасность движения // Ж.-д. транспорт. Сер. Путь и путевое хозяйство: ЭИ / ЦНИИТЭИ МПС. – М., -1997. -Вып. 4. - С. 1-41.
11. Моделирование поездопотока для расчета возвышения наружного рельса в кривых / Г. Н. Кирпа, И. П. Корженевич, Н. Б. Курган, Д. Н. Курган // Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samojedznych. Materiały 11 konf. miedzynarodowej. – Rzeszow: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukasiewicza, 2000. – S. 165-176.
12. Сопряжения кривых и особенности движения подвижного состава по ним / Под ред. д-ра техн. наук О. П. Ершкова. – М.: Транспорт, – 1973. – 96 с. – (Тр. ЦНИИ МПС; Вып. 500).

Надійшла до редколегії 31.05.2007.

В. И. МАТВЕЦОВ, П. В. КОВТУН, А. А. КЕБИКОВ, В. П. КРУПОДЕРОВ,
Н. Е. МИРОШНИКОВ (учреждение образования
«Белорусский государственный университет транспорта», республика Беларусь)

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛАХ

Розглянуті основні етапи впровадження на залізницях шпал із залізобетону. Приведені дані по темпах укладання і протяжності залізничної колії на залізобетонній підставі на Російських і Білоруської залізницях. Показано, що ширина рейкової колії на різних рівнях від поверхні головки рейки значно відрізняється із-за подуклонки. Виконані експериментальні дослідження, підтверджуючі висновок про те, що існуюча практика вимірювання ширини рейкової колії сприяє її фактичному зауженню. Розглянутий спосіб закріплення клем проміжного скріплення КБ в стаціонарних умовах і на експлуатованій колії, що дозволяє запобігти наднормативному звуженню рейкової колії.

Рассмотрены основные этапы внедрения на железных дорогах шпал из железобетона. Приведены данные по темпам укладки и протяженности железнодорожного пути на железобетонном основании на Российских и Белорусской железных дорогах. Показано, что ширина рельсовой колеи на разных уровнях от поверхности головки рельса значительно отличается из-за подуклонки. Выполнены экспериментальные исследования, подтверждающие заключение о том, что существующая практика измерения ширины рельсовой колеи способствует ее фактическому заужению. Рассмотрен способ закрепления клем промежуточного скрепления КБ в стационарных условиях и на эксплуатируемом пути, позволяющий предотвратить сверхнормативное сужение рельсовой колеи.

The basic stages of introduction on railways of cross ties from ferroconcrete are resulted. The data on rates of laying and extent of a railway on the ferroconcrete basis on Russian and Byelorussian railways are resulted. It is shown, that the width of a rail track at different levels from a surface of the head of a rail considerably differs because of canting. The experimental researches confirming the conclusion are executed that existing practice of measurement of width of a rail track promotes its actual narrowing. The way of fastening of clip of an intermediate compound in stationary conditions and on the worked way is considered, allowing to prevent above permitted standard narrowing of a rail track.

В начале XX века на ряде железных дорог начали в опытном порядке укладывать и эксплуатировать железобетонные шпалы. Интерес к железобетонным шпалам под влиянием экономической обстановки и успехов в области совершенствования железобетона то возрастал, то падал, но никогда не исчезал полностью. Его сохранению способствовало сокращение лесных ресурсов в ряде стран и постоянный рост стоимости деревянных шпал.

Стремление к применению железобетонных шпал объясняется рядом присущих им ценных качеств. К основным из них можно отнести: высокую долговечность; весьма незначительный ежегодный выход; значительную однородность физического состояния на протяжении всего срока службы; повышенную устойчивость рельсовой колеи в отношении сдвига вдоль пути и выброса вверх; возможность придания шпалам такой формы, которая наиболее целесообразна с точки зрения действующих на нее сил; возможность экономии металла при бесподкладочном промежуточном скреплении.

В связи с перечисленными достоинствами применение железобетонных шпал приводит к значительному снижению расходов на содержание и ремонт пути. Однако вместе с этим железобетонные шпалы имеют ряд недостатков: они сильнее, чем деревянные шпалы проводят электрический ток, а потому на участках с автоматической блокировкой требуется устройство специальной изоляции рельсовых цепей; вследствие того, что неровности при движении поездов по более жесткому пути (с железобетонными шпалами) сказываются на работе рельсов и других взаимодействующих с ними элементов более отрицательно, чем при менее жестком пути, применение железобетонных шпал предъявляет более высокие требования к конструкции и содержанию балластной призмы, земляного полотна и пути в целом, чем при деревянных шпалах; укладка, содержание и ремонт железобетонных шпал сложнее, чем деревянных, имеющих значительно меньший вес.

Железобетонные шпалы появились в 1896 г в Австрии. Затем некоторое распространение они

получили в Италии. В других же странах Европы и Америки они укладывались обычно на опытных участках вплоть до второй половины XX века.

На российских железных дорогах первые опыты с железобетонными шпалами были начаты в 1903 г, когда инженером Ольденбергером были испытаны в лаборатории и в пути шпалы собственной конструкции. Затем оригинальные конструкции железобетонных шпал были предложены инженерами Лихачевым, Горайским, Мелек-Аслановым, Долговым, Нырковым и Кюннером. В 1910 – 1916 гг. железобетонные шпалы были уложены на Владикавказской, Екатерининской, Николаевской, Виндаво-Рыбинской и Закавказской железных дорогах и показали хороший результат. Так, например, железобетонные шпалы, уложенные в 1911 г известным русским инженером Н. Е. Долговым на станции Пологи, находились в пути еще в 1950 г, а на станции Мичуринск на одном из станционных путей свыше 40 лет эксплуатировались железобетонные шпалы, уложенные в 1915 г [1].

Широкий размах исследования железобетонных шпал получили во второй половине XX века. В 1956 г во ВНИИЖТе были закончены лабораторные и эксплуатационные исследования двухшарнирных, цельнобрусковых со стержневой арматурой и струнобетонных шпал. На основании этих исследований и обобщения опыта применения различных типов шпал в других странах, на Международном совещании по вопросам путевого хозяйства в Праге (1956), было признано, что наилучшим типом шпал, пригодным для использования на путях всех категорий являются струнобетонные предварительно напряженные железобетонные шпалы.

Наибольшие темпы внедрения железобетонных шпал отмечались на железных дорогах Западной Европы, где практически повсеместно в пути лежало раздельное скрепление. Поэтому уже к 1975 – 1980 гг. в большинстве этих стран железобетонные шпалы лежали на 75...80 % протяженности железных дорог. Значительные трудности и низкие темпы перехода на железобетонные шпалы возникли на сети железных дорог бывшего СССР, где до того применялось только костыльное скрепление и деревянные шпалы. В процессе внедрения железобетонного основания вначале использовалось костыльное и шурупное промежуточное скрепление. Поэтому разработка и эксплуатационная проверка новых конструкций раздельного скрепления, а также организация их производства привели к тому, что и спустя 25 лет с момента начала внедрения железобетонных

шпал протяженность пути на железобетонном основании не превышала 20 %. В настоящее время протяженность пути на таких шпалах в России составляет менее 50 % (рис. 1) [2].



Рис. 1. Расширение полигона пути на железобетонных шпалах на железных дорогах Российской Федерации

На Белорусской железной дороге первый опытный участок на железобетонных шпалах с нераздельным шурупным промежуточным скреплением К-4 был уложен на Молодеченской дистанции пути. Спустя некоторое время стали укладывать раздельное дюбельное скрепление К-2, которое впоследствии заменили на более мощное скрепление КБ. Белорусская железная дорога одной из первых на сети дорог СССР стала использовать повторно старогодную путевую решетку с железобетонными шпалами, снимаемую при проведении капитального ремонта. Повторно перекладывалось на малодейательные и станционные пути до 85...90 % всей снимаемой с пути рельсошпальной путевой решетки. На станционных и подъездных путях к настоящему времени старогодные железобетонные шпалы лежат на 1332,5 км, а на главных путях дороги протяженность пути на железобетонных шпалах составила 5920,1 км. Темп укладки железобетонных шпал за последние 10 лет приведен на рис. 2.

После струнобетонной шпалы С-49 для костыльного скрепления были сконструированы шпалы С-55-1, С-55-2, С-55М и С-56 для раздельного промежуточного скрепления. В СССР с 1 января 1980 г действовал ГОСТ 10629-78 [3]. Шпалы ШС-1 и ШС-2 по этому стандарту имеют одинаковые основные размеры со шпалами С-56-2 по ранее действовавшему стандарту. Кроме того, выпускались улучшенные шпалы ШС-1у и ШС-2у, у которых для повышения сопротивления сдвигу их поперек пути на торцах увеличена их высота со 135 до 150 мм; толщина слоя бетона над верхним рядом струн увеличена с 15 до 30 мм, а глубина подрельсо-

вых площадок вместо 15 составляет 25 мм. Затем по ГОСТу 10629-88 [4] до 1998 года выпускались стандартные железобетонные шпалы, особенность которых заключается в том, что на этих шпалах в прямых участках пути зачастую имеет место сверхнормативное сужение рельсовой колеи. Для устранения этого недостатка пришлось откорректировать и увеличить соответствующие размеры шпалы, в которой исключается возможность сверхнормативного сужения рельсовой колеи, приводящее к заклиниванию и даже сходу колесных пар обращающегося подвижного состава.



Рис. 2. Динамика укладки железобетонных шпал на Белорусской железной дороге

За время действия ГОСТ 10629-88 изготовлено и уложено в путь большое количество железобетонных шпал. При каждом проходе вагона-путеизмерителя фиксируются неисправности рельсовой колеи по сверхнормативному сужению, которые требуют существенного снижения скорости движения поездов.

На величину ширины рельсовой колеи влияет целый ряд факторов нормативного, конструкционного, технологического, геометрического и силового характера. Понятно, что в значительной степени ее стабильность определяется конструкцией, а также качеством изготовления железобетонных шпал и промежуточных креплений, их конструктивными размерами и допусками, порядком и процессом сборки и содержания рельсошпальной путевой решетки.

Опыт эксплуатации, широкие обследования участков магистральных железных дорог показали, что одной из характерных особенностей пути с типовыми железобетонными шпалами для различных промежуточных креплений является нестабильность ширины рельсовой колеи на прямых и в кривых участках пути. Поэтому задача обеспечения ее постоянства и стабильности имеет первостепенное значение для улучшения взаимодействия пути и подвижного состава, снижения затрат на ремонт подвижно-

го состава и тягу поездов, а также повышение безопасности движения поездов.

Нестабильности ширины рельсовой колеи не возникает для пути на деревянных шпалах, где при перешивке можно с любой заранее заданной точностью отрегулировать ширину рельсовой колеи за счет применения пластинок-закрепителей. Исключение при этом могут составить только гнилые и негодные к употреблению деревянные шпалы и брусья.

Проанализируем определение «ширина рельсовой колеи» и зависимость размера ширины рельсовой колеи от высоты ее измерения по отношению к поверхности катания головки рельсов измерительными упорами существующих путевых шаблонов с учетом подуклонки рельса, которая вносит существенные коррективы в ширину рельсовой колеи.

В связи со снижением грузонапряженности на железных дорогах России и стран СНГ, применением лубрикации, шлифовки рельсов и других мер, интенсивность износа рельсов и колес несколько снизилась. Однако актуальность проблемы их взаимодействия сохраняется, поскольку не устранены главные причины, ее породившие. Одна из них – сверхнормативное заужение рельсовой колеи.

При расчетном взаимодействии, схема которого представлена на рис. 3, между головкой рельсов и гребнями бандажей колес должен быть зазор, исключающий заклинивание колесных пар во время движения.

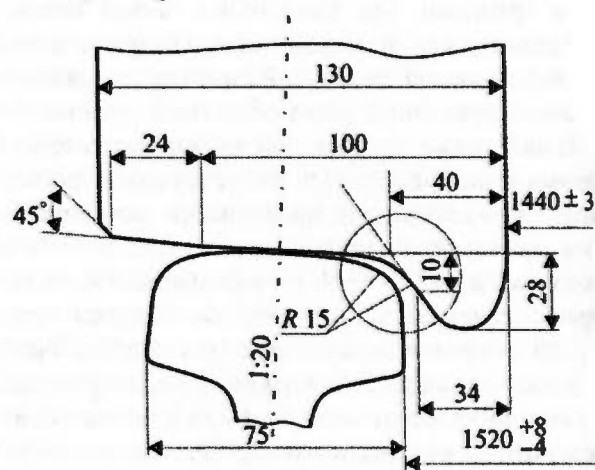


Рис. 3. Схема расчетного взаимодействия колеса и рельса

В литературе [5] говорится: «чем меньше этот зазор, тем лучше – меньше размах влияния и боковые силы, больше полоса перекрытия рельса колесом, лучше динамика взаимодействия». Однако данное утверждение в некоторой степени ошибочно, так как допускает и «нулевой» зазор между колесом и рельсом, когда их

взаимодействие происходит с заклиниванием, трением металла о металл, подрезкой гребня колеса и боковой грани рельса. Более правильно говорить о минимально допустимом зазоре, а не о минимально возможном. Видимо, с той же целью еще в 1972 г была введена унифицированная ширина рельсовой колеи 1520 мм – одинаковая для прямых и кривых участков пути радиусом до 350 м. До настоящего времени многие специалисты вагонного и локомотивного хозяйств считают это главной причиной интенсивного износа рельсов и колес, хотя есть и другие факторы. Один из них – недостатки измерения ширины рельсовой колеи путевыми шаблонами. В энциклопедии [6] сказано: «Шириной рельсовой колеи называется расстояние между внутренними рабочими гранями рельсов, измеренное ниже поверхности катания на 13 мм». Такое определение, как мы считаем, неправильное, так как при измерениях ширина рельсовой колеи искажается. Дело в том, что все путевые шаблоны – ЦУП, ЦУП-2Д, ЦО8-808, ПШ-1520 и другие имеют горизонтальную базу отсчета, накладываемую не на поверхность катания, а на поверхность головки рельсов, смещенную к их нерабочим граням. Если высота измерительных упоров шаблона 13 мм, а подуклонка рельсов 1:20, то ширина рельсовой колеи фиксируется в 10 мм от поверхности катания, т. е. по боковой выкружке головки рельса.

По ГОСТ Р 51685-2000 [7] поверхность катания головки рельса Р65 имеет выпуклое криволинейное очертание. Ее средняя часть прокатана по радиусу 500 мм, радиусы переходной части и боковой выкружки головки равны соответственно 80 и 15 мм. Даже при вертикальном расположении рельса боковая выкружка заканчивается на высоте 15,7 мм, а при подуклонке рельса 1:20 – на высоте 19 мм, считая от вертикальной базы шаблона.

Уклон боковых граней головки 1:20, и если подуклонка самого рельса тоже 1:20, то внутренняя грань рельса будет расположена вертикально «за пределами» боковой выкружки головки. В связи с этим актуальным становится вопрос о высоте измерения ширины рельсовой колеи и о высоте упоров путевого шаблона.

Еще в начале 30-х годов XX столетия специалисты вагонного хозяйства установили номинальные размеры колесной пары: расстояние между внутренними поверхностями колесных дисков 1440 мм, толщина гребня 34 мм в 10 мм от поверхности катания. На этом же уровне специалисты путевого хозяйства «назначили» минимальный зазор и приняли ширину колеи в 1524

мм. В послевоенные годы применяли путевые шаблоны с высотой измерительных упоров 25...32 мм. А у контрольных шаблонов КШ, используемых в дистанциях пути до сих пор, высота упоров равна 35 мм. Однако сейчас у самого распространенного путевого шаблона ПШ-1520 эта высота составляет 13 мм. Еще раз отметим, что ширина рельсовой колеи в таком случае измеряется на уровне боковой выкружки головки рельсов в 10 мм от поверхности катания, и фактически она искажается в сторону уширения.

Искажение вносит и подуклонка рельсов, особенно в местах зауженной рельсовой колеи, когда вместо нормативной 1:20 она равна 1:12, 1:10 и т. д. На рис. 4 представлены схемы измерения ширины рельсовой колеи путевым шаблоном с упорами высотой 13 и 25 мм при различной подуклонке. Уже графически можно установить, что погрешность в измерении будет достигать: при вертикальном расположении рельсов – 2 (1,4...1,5) мм, при подуклонке 1:20 – 2 (1,8...2,0) мм, а при подуклонке 1:10 – 2 (3,0...3,1) мм.

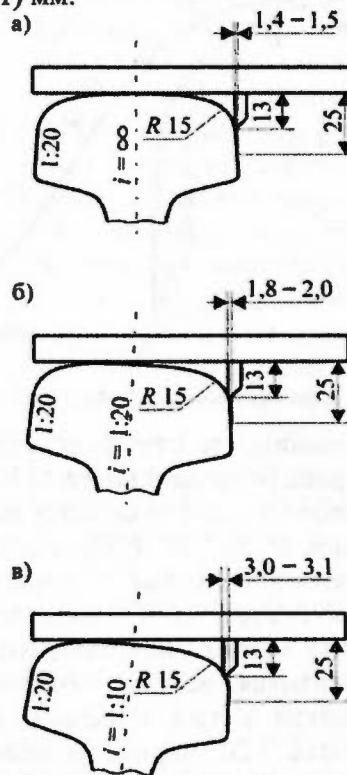


Рис. 4. Схема измерения ширины рельсовой колеи путевым шаблоном при различной подуклонке: а) вертикальное расположение рельсов; б) подуклонка 1:20; в) подуклонка 1:10

Фактическая ширина рельсовой колеи искажается и вагоном-путеизмерителем, так как его измерительные лыжи расположены с «заглублением» 22...24 мм от поверхности катания, а настройка или сверка ширины рельсовой колеи

выполняются путевым шаблоном с упорами высотой 13 мм. Опять получаются искажения в сторону уширения и выдается только качественная характеристика ширины рельсовой колеи, которая не соответствует ни высоте упоров 13 мм, ни заглублению лыж 24 мм.

Таким образом, одна из причин, способствующая сверхнормативному заужению рельсовой колеи и приводящая к перегрузке рельсов — это измерение на уровне боковой выкружки головки рельсов, а именно на расстоянии 13 или 16 мм от измерительной базы путевого шаблона. Однако взаимодействие колеса и рельса происходит не в некоторой расчетной точке, определяемой этими расстояниями, а в местах соприкосновения выкружки гребня и боковой выкружки головки рельса, радиусы которых составляют 15 мм.

На рис. 5 показана зона взаимодействия колеса и рельса.

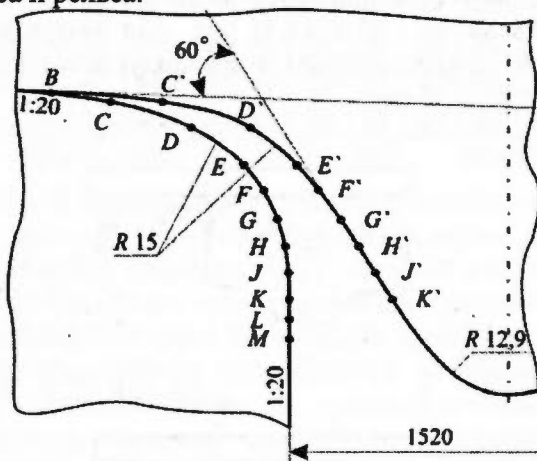


Рис. 5. Зона взаимодействия колеса и рельса

Предположим, что в некоторой точке *D* расчетная ширина рельсовой колеи 1520 мм. Зазор между колесом и рельсом остается неизменным и на уровнях *D-D'*, *E-E'*, *F-F'*, *G-G'*, поскольку там находятся упомянутые боковые выкружки. На уровнях *H-H'*, *J-J'*, *K-K'* и далее зазор увеличивается, но можно допустить, что незначительно, учитывая великое множество схем взаимодействия колеса и рельса. При подуклонке рельса 1:20 ширина рельсовой колеи, измеренная на уровнях точек *K*, *L*, *M* и далее остается неизменной, так как боковая грань рельса расположена вертикально. В точках *J*, *H*, *G*, *F*, *E*, *D*, *C*, находящихся на боковой выкружке головки рельса, ширина рельсовой колеи будет существенно различаться. Она будет также иной, чем в точке *K*. Определяя ее на любом уровне выше точки *K*, мы искажаем действительное значение, искусственно ее заужаем. Во всех случаях измерения надо делать

на уровне точки *K* и ниже, где заканчивается боковая выкружка головки рельса: при подуклонке 1:20 — на высоте 19 мм от измерительной базы шаблона. На высоте менее 19 мм действительное положение искажается в сторону уширения, что способствует заужению рельсовой колеи до сверхнормативных значений.

Для подтверждения изложенного на Горьковской железной дороге организовали опытный проход вагона-путеизмерителя со сверкой ширины рельсовой колеи по трем поверенным путевым шаблонам с упорами высотой 13, 16 и 25 мм. Измерения выполняли под нагрузкой вагона-путеизмерителя, поочередно размещая шаблоны возле предохранительных роликов. Полученные результаты приведены в табл. 1. Можно видеть, что наибольшее различие в измерении на звеньевом пути достигает 3 мм, а на бесстыковом превышает 6 мм.

Таблица 1

Результаты прохода вагона-путеизмерителя со сверкой ширины рельсовой колеи по трем поверенным путевым шаблонам с упорами различной высоты

Звеньевой путь с деревянными шпалами и костыльным скреплением						
Шаблон	Ширина колеи, мм					
	I	II	III	IV	V	VI
Ц08-808 (13 мм)	1527,0	1536,5	1515,0	1520,0	1518,0	1516,5
ЦУП-2Д (16 мм)	1526,5	1534,0	1514,0	1518,5	1517,5	1516,0
НИЦ-ПУТЬ (25 мм)	1525,2	1533,5	1512,0	1518,2	1516,7	1513,5

Максимальные различия:

числитель —	1,8	3,0	3,0	1,8	1,3	3,0
знаменатель	1,3	0,5	2,0	0,3	0,8	2,5
— ЦУП-2Д						

Бесстыковой путь с железобетонными шпалами и скреплением КБ-65

Шаблон	Ширина колеи, мм					
	I	II	III	IV	V	VI
Ц08-808 (13 мм)	1527,0	1527,0	1527,0	1527,0	1527,0	1527,0
ЦУП-2Д (16 мм)	1526,5	1526,5	1526,5	1526,5	1526,5	1526,5
НИЦ-ПУТЬ (25 мм)	1525,2	1525,2	1525,2	1525,2	1525,2	1525,2

Максимальные различия:

числитель —	5,5	5,0	5,5	6,7	5,7	5,5
знаменатель	2,0	3,0	3,5	4,2	5,2	3,5
— ЦУП-2Д						

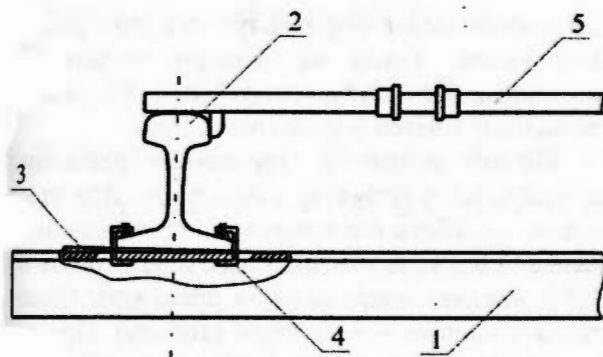


Рис. 6. Схема лабораторного тарировочного стенда

В ходе дальнейших исследований были выполнены метрологические измерения ширины рельсовой колеи на лабораторном тарировочном стенде (рис. 6). Он состоит из основания 1, изготовленного из швеллера, на котором размещены рубки 2 из рельсов Р65, клинья 3 для изменения подуклонки рельсов и трубки 4 для жесткого закрепления рельсов 2 на основании 1. Рубки с требуемой подуклонкой устанавливали при помощи эталонного шаблона 5 типа КШ с размером 1519,5 мм между упорами.

Ширину рельсовой колеи определяли различными шаблонами, в том числе шаблоном НИЦ-ПУТЬ с применением штангенциркуля или индикаторной головки. Высоту упоров шаблона НИЦ-ПУТЬ регулировали пластинками толщиной 1 мм, размещенными между головками рельсов и опорными поверхностями шаблона. При заданной подуклонке фиксировали ширину рельсовой колеи с точностью до 0,1 или до 0,01 мм, с шагом изменения высоты упоров 1 мм. Измерения делали в прямом и обратном направлениях с определением абсолютных и относительных ошибок. Некоторые результаты контрольных измерений в характерных точках на лабораторном тарировочном стенде представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты контрольных измерений в характерных точках на лабораторном тарировочном стенде

Уровень измерений, мм	Ширина колеи при различной подуклонке рельсов, мм					
	∞	1:50	1:30	1:20	1:10	1:7,5
32	1519,5	1519,5	1519,5	1519,5	1519,5	1519,7
25	1520,1	1520,0	1519,7	1519,5	1519,2	1519,0
20	1520,7	1520,5	1520,0	1519,7	1519,2	1518,8
16	1521,5	1521,0	1520,6	1520,5	1519,8	1520,5
13	1522,4	1522,2	1521,9	1521,7	1521,3	1523,9
10	1524,3	1524,0	1523,9	1524,4	1525,0	1530,3

Видно, что результаты измерения ширины рельсовой колеи шаблоном с разной высотой упоров и при разной подуклонке рельсов не одинаковые. Причем при упорах 13 и 16 мм во всех случаях получаются искажения в сторону уширения. Наименьшее расхождение с эталонным значением получили при высоте упоров 25 мм. На тарировочном стенде было подтверждено, что боковая выкружка головки рельса Р65 заканчивается на высоте 19...22 мм от горизонтальной измерительной базы шаблона при изменении подуклонки в диапазоне от ∞ до 1:7,5.

Таким образом, и в вагоне-путеизмерителе, и в лабораторных условиях установлено, что путевыми шаблонами с высотой упоров 13 и 16 мм ширина рельсовой колеи измеряется на уровне боковой выкружки, что искажает фактическое положение в сторону уширения и способствует фактическому заужению рельсовой колеи до сверхнормативных значений.

По нашему мнению, понятие «ширина рельсовой колеи» должно отражать действительную картину и может быть изложено в следующей редакции: «шириной рельсовой колеи называется расстояние между внутренними рабочими гранями рельсов, измеренное ниже боковой выкружки головки рельсов».

До настоящего времени ширина рельсовой колеи измеряется по боковой выкружке головки рельсов, поэтому она заужена на значительном протяжении пути. Исправить положение в кратчайшие сроки затруднительно. Сначала необходимо узаконить оптимальное расстояние, на котором надо делать измерение, и принять решение о единой высоте измерительных упоров, а также рассмотреть целесообразность создания нового путевого шаблона с высотой измерительных упоров не менее 19 мм.

Решение перечисленных задач – необходимое условие нормализации ширины колеи, снижения перегрузок рельсов и их дефектности, повышения осевых нагрузок, увеличения ресурса рельсов и пути в целом, улучшения надежности и безопасности перевозок.

Исправить ширину рельсовой колеи на железобетонных шпалах обычным способом почти невозможно, несмотря на то, что ширина подошвы рельса, подкладок, прокладок и углублений шпал в подрельсовом сечении имеют допуски.

Так, в прямых участках пути на железобетонных шпалах, изготовленных до 1998 г, часто встречаются места, где рельсовая колея недопустимо заужена. При этом заклинивание колес подвижного состава усиливает износ колеса и

рельса, увеличивая расходы на тягу поездов, в связи с повышением основного удельного сопротивления движению, и создает благоприятные условия для всползания колес на поверхность катания головки рельса и последующему сходу подвижного состава.

Причина сужения рельсовой колеи, ухудшающая взаимодействие пути и подвижного состава и создающая условия для выдавливания, особенно порожних или легковесных вагонов, заключается в следующем.

При сборке звеньев на шпалы раскладывают скрепления с резиновыми прокладками. Затем краном укладывают рельсы. Так как на шпалах имеется подуклонка 1:20, центр тяжести рельсов смещается внутрь рельсовой колеи, их подуклонка увеличивается. Этому способствует выпуклость подошвы рельса до 0,5 мм (вогнутость подошвы рельса не допускается действующими стандартами [7]) и металлических подкладок тоже до 0,5 мм (рис. 7).

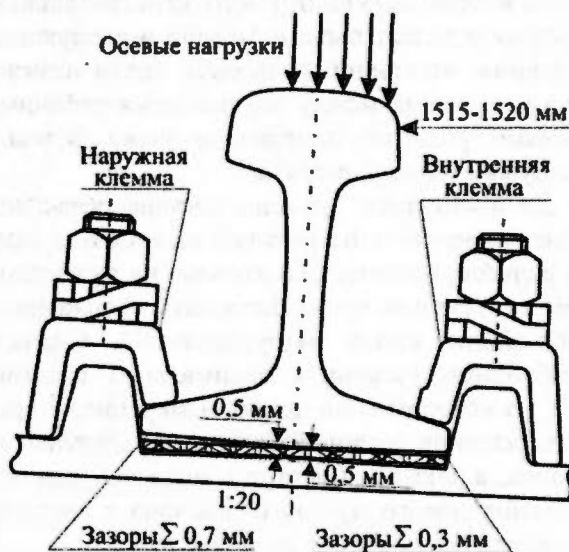


Рис. 7. К определению порядка затяжки клеммных болтов

При такой подуклонке рельсы зажимают клеммами в шахматном порядке, закрепляя зауженную рельсовую колею. А ведь порядок закручивания гаек клеммных болтов можно безболезненно изменить. В опытным порядке сначала затянули полевые клеммные болты на обеих рельсовых нитях, а вторым заходом – внутренние. Ширина рельсовой колеи при этом получилась равной 1521...1526 мм. Колесная нагрузка «доводит» ее до 1520 мм. Подрельсовая резиновая прокладка становится несколько тоньше с полевой стороны, что длительное вре-

мя обеспечивает нормальную ширину рельсовой колеи. Такой же порядок закрепления клеммных болтов надо сохранять и при укладке рельсовых плетей бесстыкового пути.

Можно исправить зауженную рельсовую колею и на эксплуатируемом пути. Для этого нужно ослабить все клеммы на протяжении не менее чем 5 м, подвесить рельс и развернуть на 180° каждую подрельсовую прокладку (более тонким концом – в полевую сторону). При необходимости то же самое можно сделать и на другой рельсовой нити. Если имеются новые прокладки, то их следует уложить вместо старых, и успех будет обеспечен. Кроме того, на Белорусской железной дороге успешно применяют подрельсовые прокладки с подуклонкой, которые позволяют регулировать ширину рельсовой колеи в пределах ± 3 мм.

Что касается кривых участков пути, то там рекомендуется сохранять прежнюю технологию сборки звеньев – закрепление клеммных болтов в шахматном порядке, потому что, как правило, в кривых рельсовая колея уширяется.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Митюшин Н. Т. Рельсовый путь. – М.: Трансжелдориздат, 1934. – 492 с.
2. Карпущенко Н. И. Проблемы повышения скоростей, массы и безопасности движения поездов на подходах к портам Дальнего Востока / Н. И. Карпущенко, В. А. Попов, И. А. Котова – Новосибирск: Наука, 2004. – 210 с.
3. ГОСТ 10629-78. Шпалы железобетонные предварительно напряженные для железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия. – Взамен ГОСТ 10629-71; введ. 1980-01-01. – М., 1979. – 20 с., ил.
4. ГОСТ 10629-88. Шпалы железобетонные предварительно напряженные для железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия. – Взамен ГОСТ 10629-71; введ. 1990-01-01. – М., 1989. – 20 с., ил.
5. Фришман М. А. Конструкция железнодорожного пути и его содержание / М. А. Фришман, Н. А. Пономаренко, С. И. Финицкий – 2-е изд. перераб. и доп. М.: Транспорт, 1987. – 350 с., ил.
6. Энциклопедия. Железнодорожный транспорт / Гл. ред. Конарев Н. С. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. – 559 с., ил.
7. ГОСТ Р 51685-2000. Рельсы железнодорожные. Общие технические условия. – Введ. 2001-01-07. – М., 2000. – 21 с., ил.

Надійшла до редколегії 24.05.07.

В. В. РИБКІН, М. А. АРБУЗОВ (ДІТ)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЗА ПОЗДОВЖНИМИ НАПРУЖЕННЯМИ В РЕЙКОВИХ ПЛІТЯХ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ

Проведено порівняння методів контролю за поздовжніми напруженнями в рейкових плітях безстикової колії. Визначено, що магнітний метод являється перспективним.

Проведено сравнение методов контроля продольных напряжений в рельсовых плетях бесстыкового пути. Определено, что магнитный метод является перспективным.

Comparison of the longitudinal stresses monitoring methods in continuous welded rails is made. It is determined, that the magnetic method is perspective.

Одночасно з вкладанням перших дослідних ділянок безстикової колії температурно-напруженого типу виникла необхідність у вимірюванні поздовжніх напружень в рейкових плітях. Актуальність контролю механічних напружень залишилася досьогодні.

Роботи, пов'язані зі створенням надійних методів контролю напружень, ведуться в багатьох країнах. По принципу дії ці методи можна по-

ділити на дві основні групи: методи, що визначають напруження по зміні геометричних розмірів рейкової пліті, та методи, що визначають напруження по зміні фізичних властивостей матеріалу рейки (рис. 1).

До першої групи входять такі підгрупи як тензометричний, силометричний та оптичний методи вимірювання механічних напружень. До другої – ультразвуковий, електрохімічний та магнітний.

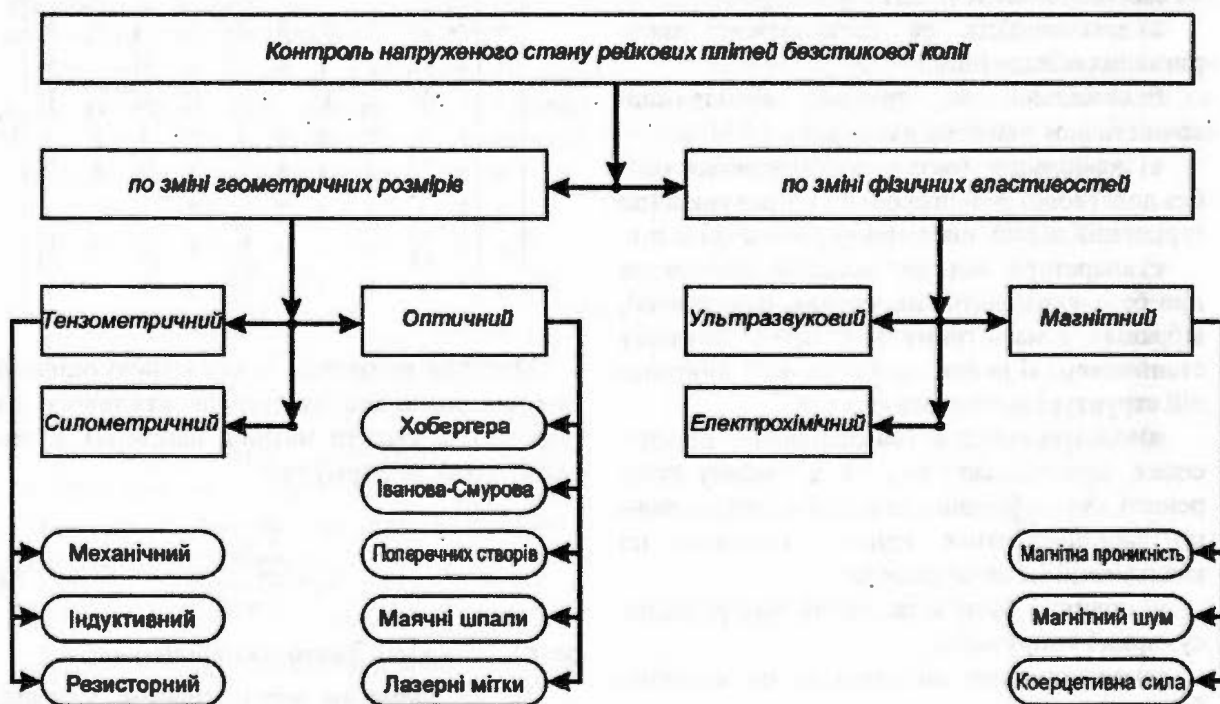


Рис. 1. Класифікація методів контролю напружень в рейкових плітях

Тензометричні методи засновані на вимірюванні деформацій, що в більшості випадків дає можливість оцінити напружений стан. З усього спектру тензометрії в безстиковій колії використовувався лише метод тензометрів, і то частково: електричні тензометри індуктив-

ності, електричні тензометри опору (тензорезистори) та механічні тензометри (прилад МТ-200) [1].

Силометричний метод використовує такі прилади для вимірювання сили як динамометри та прилади, що складаються з датчиків

сили та підсилювачів вихідного сигналу. Силометричний метод безпосередньо вимірює зусилля та напруження.

Перевіряти напружений стан пліти по зміні геометричних розмірів можна і різними оптичними методами: оптичний деформометр Г. Хобергера, спосіб візирного променя О. Г. Іванова і М. І. Смурова, поперечних створів, спосіб «маячних» шпал [2] та спосіб нанесення лазерних міток.

Принцип ультразвукових методів контролю – зміна швидкості проходження звуку через матеріал при зменшенні чи збільшенні механічного навантаження.

Електрохімічний метод контролю визначає напруження по приросту електрохімічних потенціалів шийки та голівки рейки.

В основі магнітних методів лежать такі магнітні параметри як проникність матеріалів, магнітний шум (ефект Баркгаузена), величина коерцитивної сили, що змінюються у залежності від ступеня стискання чи розтягання [3].

Аналізуючи недоліки та переваги всіх методів контролю напруженого стану рейкових плітей можна скласти вимоги до необхідного на сьогоднішній день методу контролю:

а) довговічність та багаторазове використання обладнання;

б) стабільна на протязі експлуатації точність вимірювання напружень ± 5 МПа;

в) інформація (результат вимірювання) – без додаткової розшифровки і розрахунків (по стрілочній шкалі, цифровому дисплею і т. д.);

г) апаратура повинна надійно працювати при будь-яких погодних умовах, перевезенні, вібраціях, в магнітному полі, при будь-якому стані поверхні рейок, при будь-якій внутрішній структурі металу рейки і т. д.;

д) обслуговування (вимірювання, перенесення, зарядка, заправка і т. д.) засобу створеного для здійснення певного методу повинно забезпечуватися однією людиною по кваліфікації не вище техніка;

е) повинна бути можливість вимірювання сумарних напружень;

ж) використане обладнання не повинно бути дорогим;

з) можливість безперервного вимірювання напружень;

и) простота у виготовленні і експлуатації засобу вимірювання;

к) метод повинен передбачати не обов'язковість попередніх початкових відліків.

Всі ці вимоги різноманітні і важливі. Для

з'ясування ступені важливості кожної із вимог використано метод аналізу ієрархій (МАІ), який за допомогою кількісної оцінки може встановити співвідношення між даними вимогами. Складемо матрицю A співвідношення важливості висунутих вимог, кожен елемент якої a_{ij} являється чисельною оцінкою важливості i -ї вимоги над j -ю. Рівнозначність оцінюється 1 балом. Незначна перевага – 3 бали, середня перевага – 5 балів, сильна перевага – 7 балів, і повна перевага i -ї вимоги над j -ю – 9 балів. Зворотнє співвідношення вимог по ступені важливості виражається оберненим числом, тобто

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}. \quad (1)$$

Для збільшення рівня об'єктивності в оцінці складених вимог необхідна участь декількох незалежних експертів.

Таким чином, матриця A співвідношення важливості висунутих вимог приймає вигляд:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & б & в & г & д & е & ж & з & и & к \end{matrix} \\ \begin{matrix} a \\ б \\ в \\ г \\ д \\ е \\ ж \\ з \\ и \\ к \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1/9 & 1/5 & 1/7 & 1/5 & 1/7 \\ 7 & 1 & 5 & 3 & 7 & 1/3 & 3 & 1 & 3 & 1 \\ 3 & 1/5 & 1 & 1/3 & 3 & 1/7 & 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1/5 \\ 5 & 1/3 & 3 & 1 & 5 & 1/5 & 1 & 1/3 & 1 & 1/3 \\ 1 & 1/7 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1/9 & 1/5 & 1/7 & 1/5 & 1/7 \\ 9 & 3 & 7 & 5 & 9 & 1 & 5 & 3 & 5 & 3 \\ 5 & 1/3 & 3 & 1 & 5 & 1/5 & 1 & 1/3 & 1 & 1/3 \\ 7 & 1 & 5 & 3 & 7 & 1/3 & 3 & 1 & 3 & 1 \\ 5 & 1/3 & 3 & 1 & 5 & 1/5 & 1 & 1/3 & 1 & 1/3 \\ 7 & 1 & 5 & 3 & 7 & 1/3 & 3 & 1 & 3 & 1 \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Матриця вагомості λ кількісною оцінкою показує розподілення ступеня важливості по вимогам. Елементи матриці вагомості λ визначаються за формулою

$$\lambda_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{i,j}}{n}, \quad (3)$$

де n – кількість факторів порівняння;

$b_{i,j}$ – елементи нормалізованої матриці, що визначаються за формулою

$$b_{i,j} = \frac{a_{i,j}}{\sum_{i=1}^n a_{i,j}}. \quad (4)$$

Таким чином, матриця вагомості приймає вигляд

$$\lambda = \begin{vmatrix} a & 0,018 \\ b & 0,145 \\ в & 0,034 \\ г & 0,066 \\ д & 0,018 \\ e & 0,296 \\ ж & 0,066 \\ з & 0,145 \\ и & 0,066 \\ к & 0,145 \end{vmatrix}$$

Як видно з матриці λ найбільш вагомим по ступені важливості фактором являється вимога е), що складає 29,6 %, найменш вагомими – вимоги а) та д), що складають по 1,8 %. Вагомість інших вимог займає проміжні значення.

Отже, маємо 10 складених вимог до необхідного на сьогоднішній день методу контролю, маємо кількісну оцінку вагомості кожної вимоги, та маємо 6 методів контролю: тензометричний, силометричний, оптичний, ультразвуковий, електрохімічний, магнітний, які для зручності відповідно позначимо по перших літерах латинського алфавіту t, s, o, u, e, m.

Складемо матрицю відповідності V певного методу певній вимозі. Якщо метод відповідає вимозі, позначаємо 1, не відповідає – 0, частково відповідає – 0,5.

$$V = \begin{vmatrix} & a & б & в & г & д & e & ж & з & и & к \\ t & 0,5 & 0 & 0,5 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ s & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ o & 1 & 0,5 & 0 & 1 & 1 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0,5 & 0 \\ u & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ e & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0,5 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ m & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0,5 & 1 & 1 & 0,5 \end{vmatrix} \quad (6)$$

Для того, щоб остаточно прийняти рішення про те, який метод найбільш відповідає поставленим вимогам, підрахуємо матрицю R за формулою

$$R = V\lambda. \quad (7)$$

Матриця прийняття рішення приймає вигляд

$$R = \begin{vmatrix} t & 0,242 \\ s & 0,230 \\ o & 0,389 \\ u & 0,638 \\ e & 0,316 \\ m & 0,828 \end{vmatrix} \quad (8)$$

Таким чином, з матриці прийняття рішення стає видно, що магнітний метод найбільш відповідає поставленим вимогам. Магнітний метод отримав найвищу оцінку 0,828 і зайняв перше місце. На другому місці знаходиться ультразвуковий метод з оцінкою 0,638. Третє місце при оцінці 0,389 займає існуючий сьогодні на залізницях оптичний метод вимірювання напружень.

Отже, використання методу МАІ при порівняльному аналізові методів контролю дає змогу зробити висновок про те, що саме магнітний метод вимірювання напружень в рейкових плітках безстикової колії являється найбільш необхідним, доцільним, перспективним і повинен отримати більш досконалий та глибокий розвиток як в теоретичному, так і в практичному аспекті.

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Макаров Р. А. Тензометрия в машиностроении. – М.: «Машиностроение», 1975. – 406 с.

Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України (ЦП/0081) К.: Транспорт України, 2002. – 106 с.

Рибкін В. В., Арбузов М. А. Спосіб визначення механічних напружень статичного характеру в рейці. 01.10.2004 № 6123. Деклараційний патент на корисну модель.

Поступила в редколегію 29.05.2007

Л. А. СОСНОВСКИЙ, А. А. КЕБИКОВ, (учреждение образования
«Белорусский государственный университет транспорта», республика Беларусь)

КРИТЕРИЙ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ И ИХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ

Запропоновани критерій механічного стану сталі, що базується на взаємозв'язку межі контактної втоми, межі витривалості при вигині, межі міцності і твердості. Розроблена методика оцінки механічного стану рейкової сталі. Виконані експериментальні дослідження нетермоупрочнених рейок після експлуатації в умовах метрополітену. Вивчені характер розподілу твердості по поверхні катання головки рейки, встановлені характерні зони її деформації. Виконані мікроструктурні дослідження матеріалу рейок в зоні контакту з колесом. В ході виконаних експериментів одержані підтвердження розробленого критерію.

Предложен критерий механического состояния стали, базирующийся на взаимосвязи предела контактной усталости, предела выносливости при изгибе, предела прочности и твердости. Разработана методика оценки механического состояния рельсовой стали. Выполнены экспериментальные исследования нетермоупрочненных рельсов после эксплуатации в условиях метрополитена. Изучен характер распределения твердости по поверхности катания головки рельса, установлены характерные зоны ее деформирования. Выполнены микроструктурные исследования материала рельсов в зоне контакта с колесом. В ходе выполненных экспериментов получены подтверждения разработанного критерия.

The criterion of mechanical condition of steel, basing on interconnection of a limit of contact fatigue, a limit of mechanical fatigue, a ultimate strength and a hardness. The technique of an estimation of a mechanical condition of a rail steel is developed. Experimental researches of non-thermostrengthened rails after maintenance in conditions of the subway are executed. Character of distribution of hardness on a surface of rolling of the head of a rail is investigated, characteristic zones of its straining are fixed. Microstructural explorations of a material of rails in a superficial zone of contact to a wheel are executed. During the experiments validation of the developed criterion are received.

Введение

Под воздействием колес подвижного состава происходит уменьшение размеров головки железнодорожных рельсов и изменение ее формы, что является следствием работы сил трения в зонах контакта колеса и рельса. Кроме того, из-за действия системы циклических нагрузок в металле происходят: остаточная деформация на поверхности катания, развитие внутренних и поверхностных трещин, изменение напряженного состояния и др. Эти факторы приводят к изменению сопротивления усталости, которое является особым свойством материала, формирующим эксплуатационную долговечность системы колесо/рельс и ее отдельных элементов, в том числе и рельсов. Изучению изменения характеристик механических свойств материала рельсов в процессе эксплуатации посвящены многочисленные исследования [1–6], однако, на наш взгляд, указанная проблема до сих пор остается не решенной. В данной работе в развитие [7, 8] установлен критерий достижения критического состояния

рельсовой стали и выполнено его экспериментальное подтверждение.

1. Критерий механического состояния стали

Одной из важнейших характеристик работоспособности рельсов является предел контактной усталости [1, 9]. Известно, что рост твердости стали (НВ) означает пропорциональное повышение предела контактной усталости p_f . Анализ результатов исследований [9] позволяет принять следующую зависимость

$$p_f = 3,12HB. \quad (1)$$

Изучение массива экспериментальных данных [10] по исследованию связи контактной усталости и твердости конструкционных сталей показывает, что зависимость (1), полученная для рельсовой стали, представляется в этом случае как среднестатистическая.

Хорошо известна тесная связь твердости с пределом прочности [11]:

$$\sigma_B = 3,50HB. \quad (2)$$

Объединим зависимости (1) и (2) на рис. 1

(нижняя его часть), согласовав шкалы HB , HV и σ_B . Прямая $p_f(HB)$ не имеет каких-либо особенностей; она не противоречит устоявшимся научным представлениям.

Другой важнейшей характеристикой работоспособности рельсов является предел выносливости при изгибе [1, 9]. Если выполнить анализ по его связи с твердостью и пределом прочности, на основании изучения банков данных [11–12], можно получить зависимости, показанные в верхней половине рис. 1.

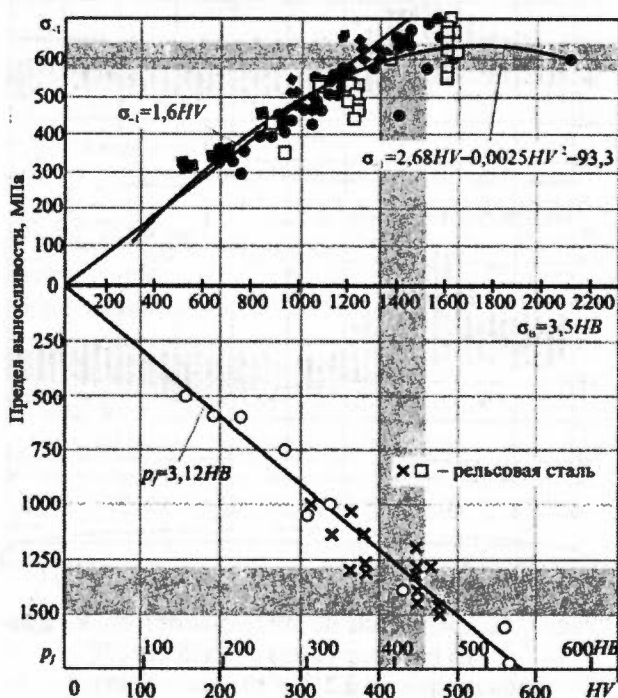


Рис. 1. К анализу взаимосвязей характеристик сопротивления усталости, твердости и предела прочности

Видно, что прямая

$$\sigma_{-1} = 1,60HV. \quad (3)$$

аппроксимирует не всю группу экспериментальных точек, а только те, для которых предел выносливости σ_{-1} не превышает 550 МПа, а твердость $HV \leq 350$. Далее зависимость $\sigma_{-1}(HV)$ становится существенно нелинейной. Основная закономерность такова: если твердость превышает примерно 380 HV, то дальнейший рост твердости не ведет к соответствующему росту сопротивления изгибной усталости в соответствии с (3). Напротив: рост σ_{-1} сначала замедляется, а затем, с достижением твердостью значений примерно 500 HV, сопротивление изгибной усталости при повышении твердости падает. Весь массив экспериментальных точек, представленный в верхней части рис. 1, аппроксимирует, в первом приближении, кривая, уравнение которой

$$\sigma_{-1} = 2,68HV - 0,0025(HV)^2 - 93,3. \quad (4)$$

Общее заключение, которое следует из анализа рис. 1, таково: повышение твердости более величины $\approx 400 HV$, по-видимому, неэффективно для систем, которые работают в условиях одновременного сочетания изгибной и контактной усталости. Именно такие условия реализуются в поверхностной зоне головки рельса.

Таким образом, исходя из изложенного, можно предложить следующую матрицу взаимосвязанных характеристик, которая определяет переход стали в критическое состояние по критериям сопротивления контактной и изгибной усталости:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{-1}^{(k)} &= 550 \dots 650 \text{ МПа,} \\ p_f^{(k)} &= 1200 \dots 1300 \text{ МПа,} \\ HB^{(k)} &= 380 \dots 420, \\ HV^{(k)} &= 400 \dots 440, \\ \sigma_B^{(k)} &= 1300 \dots 1500 \text{ МПа} \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

Если характеристики, указанные в равенствах (5), не превышают установленных величин, то усталостная прочность материала считается обеспеченной. В противном случае следует ожидать возникновения и развития повреждений. Естественно, что эти выводы применительно к такой ответственной системе, каковой является система колесо/рельс, требуют дополнительного обоснования.

На основании (1) – (5) можно предложить следующую методику анализа механического состояния сталей. С использованием зависимостей, представленных на рис. 1, изображается диаграмма состояния, которой придается следующий смысл. Если в процессе работы происходит повышение твердости на поверхности детали, то это означает, что одновременно повышается сопротивление как изгибной, так и контактной усталости. И это повышение отражает упрочнение стали согласно зависимостям $\sigma_{-1}(HV)$ и $p_f(HB)$. Процессы упрочнения будут иметь место только до тех пор, пока для зависимости $\sigma_{-1}(HV)$ не наступит переход в критическую область (затемнено на рис. 1). Это область начала поверхностного разрушения.

Следовательно, рис. 1 можно рассматривать как диаграмму механического состояния металла по критериям изгибной и контактной усталости.

2. Методика оценки механического состояния рельсовой стали

Механическое состояние рельсовой стали можно оценивать как по любой из характеристик, представленных в матрице (5) и на рис. 1, так и по их полной совокупности. Так как твердость наиболее легко определить, а точность измерений твердости по Виккерсу выше, чем по Бринеллю, то предлагаемая методика оценки механического состояния рельсовой стали основана на измерении твердости по Виккерсу.

Исследование твердости на поверхности катания было выполнено для нетермоупрочненных рельсов типа Р50 производства меткомбината "Азовсталь", которые эксплуатировались в Минском метрополитене. Объектами для изучения служили три отрезка рельсов: 1) новый, не бывший в эксплуатации (исходное состояние); 2) снятый с прямого участка пути, после пропуска 300 млн. т брутто, т. е. нормативного тоннажа, характеризующего суммарную наработку рельсов, при достижении которой должна производиться их замена, независимо от того, исчерпана их работоспособность или нет; 3) снятый с прямого участка после пропуска 210 млн. т брутто.

Испытания на твердость методом пробы по Виккерсу проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 2999-75. Схема измерений на поверхности катания рельса представлена на рис. 2. По продольной оси рельса x размечали 50 рядов, в каждом из которых через равные расстояния размечали 50 точек, в которых производили измерения твердости HV .

Измерения на поверхности катания головки рельса, не бывшего в эксплуатации, позволили установить, что значение твердости материала в исходном состоянии не превышало 300 HV , незначительно варьируясь в интервале (230...295 HV) и составляя в среднем 261 HV .

Для рельсов, бывших в эксплуатации, установлено, что поверхность катания деформируется неравномерно – обнаруживаются три характерные зоны (I, II, III см. рис. 2) определяемые резким изменением полей рассеяния твердости.

По измеренным значениям твердости выполнена оценка характеристик сопротивления усталости и прочности в соответствии с (1)–(4). Результаты расчета приведены в табл. 1.

Проанализируем результаты для рельса, пропустившего 300 млн. т брутто. В зоне I твердость достигает наибольших значений порядка 500...600 HV и более, составляя в среднем 480 HV . Эта зона неравномерна по ширине головки и периодична по ее длине, другими словами, она – нестационарна. Поскольку твер-

дость исходного материала не превышает 300 HV , то в данном случае имеет место двукратный рост твердости. В зоне II твердость достигает значений порядка 460 HV , составляя в среднем 410 HV , т. е. выше первоначальной в 1,5 раза. В зоне III твердость не превышает значений 400 HV ; но в среднем она составляет 320 HV , т. е. немногим больше (примерно на 25 %) исходной твердости.

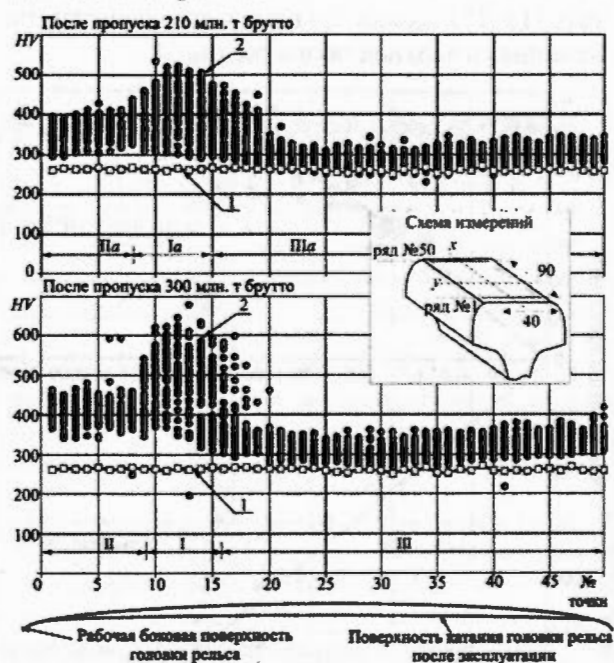


Рис. 2. Распределение по поверхности головки рельса из прямого участка твердости HV после пропуска 210 и 300 млн т брутто:
1 – средняя твердость до эксплуатации,
2 – твердость после эксплуатации

Таблица 1

Средние значения твердости, характеристик сопротивления усталости и предела прочности

Состояние рельсовой стали			
до эксплуатации	после пропуска 300 млн. т брутто		
	зона III	зона II	зона I
Твердость по Виккерсу			
261	320	410	480
Предел выносливости, МПа			
436	506	584	612
Предел контактной усталости, МПа			
793	969	1235	1399
Предел прочности, МПа			
890	1090	1380	1590

Если предел выносливости до эксплуатации в среднем составлял $\sigma_{-1} = 436$ МПа, то после

эксплуатации он достигает 500...620 МПа. Это означает, что имеет место повышение сопротивления усталости на 30...40 и даже до 50 %. Такой вывод не является неожиданным, он известен в трибофатике [13, 14].

Предел контактной усталости в процессе эксплуатации вырос на 22...76 %, в зависимости от зоны деформирования, максимальное его повышение отмечено в зоне I.

Наиболее низкий уровень прочности ($\sigma_B = 890$ МПа) имеет нетермоупрочненный рельс до эксплуатации. В процессе эксплуатации предел прочности его материала увеличивается до 1300...1400 МПа. Такие значения характерны для новых объемно или поверхностно термоупрочненных, а также для термически не упрочненных рельсов после эксплуатации. Кроме того, в зоне I предел прочности достигает значений порядка 1600 МПа. Таким образом, эксплуатационное упрочнение исследуемых рельсов оказывается значительным.

Сопоставление полученных результатов с (5) позволяет заключить, что только для зоны I поверхности катания рельса средние значения критериальных характеристик превышают критические значения. Это свидетельствует о возможности перехода рельсовой стали в критическое состояние и, следовательно, появления начальных повреждений именно в зоне I.

Диаграмма механического состояния рельсовой стали после пропуска 210 млн. т brutto, подтверждающая выше предложенный критерий достижения критического состояния рельсовой стали, построена на рис. 3 с использованием результатов измерения твердости после пропуска 210 млн. т brutto (см. рис. 3).

Видно, что средние значения характеристик (HV , σ_{-1} , R_f , σ_B) не превышают установленных в (5) значений, следовательно, критическое состояние материала рельса после пропуска тоннажа 210 млн. т brutto еще не достигнуто.

3. Экспериментальное подтверждение критерия

Микроструктура стали для нового рельса приведена на рис. 4, а; для зоны наибольшего деформирования – зоны I рельса после эксплуатации – на рис. 4, б.

В обоих случаях структура сердцевины образцов характеризуется наличием сорбитообразного перлита, а также отдельных зон мелкопластинчатого перлита. В поверхностном слое зоны I образца рельса, пропустившего 300 млн. brutto т., виден охрупченный поверхностный слой с повышенной плотностью дефектов (см. рис. 4, б).

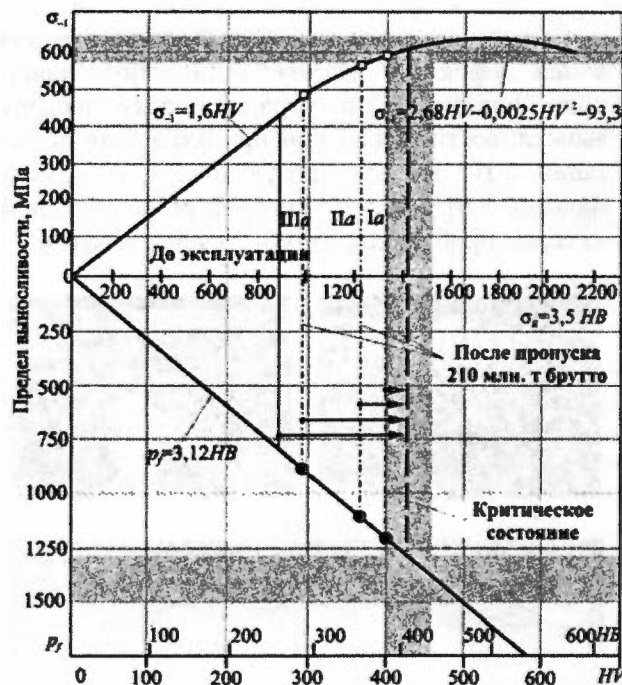


Рис. 3. Диаграмма механического состояния рельсовой стали после пропуска 210 млн т brutto

При дальнейшем исследовании зоны I в сечении поверхности головки рельса, бывшего в эксплуатации, выявлены наклонные трещины (рис. 4, в), которые образовались в процессе эксплуатации. Наблюдается также ряд внутренних трещин, не выходящих на поверхность и ориентированных преимущественно параллельно поверхности (рис. 4, г).

Глубина залегания трещин изменяется от 17 до 210 мкм, а протяженность – от 25 до 2000 мкм. Кроме того, на поверхности головки рельса в зоне I наблюдается поверхностное усталостное выкрашивание (питтинг). Глубина питтинга составляет 2...5 мкм, протяженность – 2...7 мкм. Наряду с этим имеет место трещинообразование в виде мелких извилистых трещин. Таким образом, значительное повышение твердости в зоне I означает сильное упрочнение пластической деформацией тонкого поверхностного слоя головки рельса. Но именно в этой зоне со средней твердостью 480 HV развиваются процессы разупрочнения, предшествующие охрупчиванию и разрушению материала; здесь начинают возникать дефекты. Это убедительно подтверждает правомерность и обоснованность предложенного критерия.

Большое значение при оценке качества рельсов имеют натурные испытания полнопрофильных рельсов при изгибном циклическом нагружении, которые являются общепринятым методом оценки работоспособности [15]. Такие испытания позволяют определить долговеч-

ность работы рельса до момента возникновения в нем дефекта и излома. Усталостную прочность оценивают по ограниченному пределу выносливости (в кН) при принятой базе испытаний $2 \cdot 10^6$ циклов нагружения, т. е. максимальной нагрузке, при которой рельс в каждой из серии проб проходит базу без разрушения.

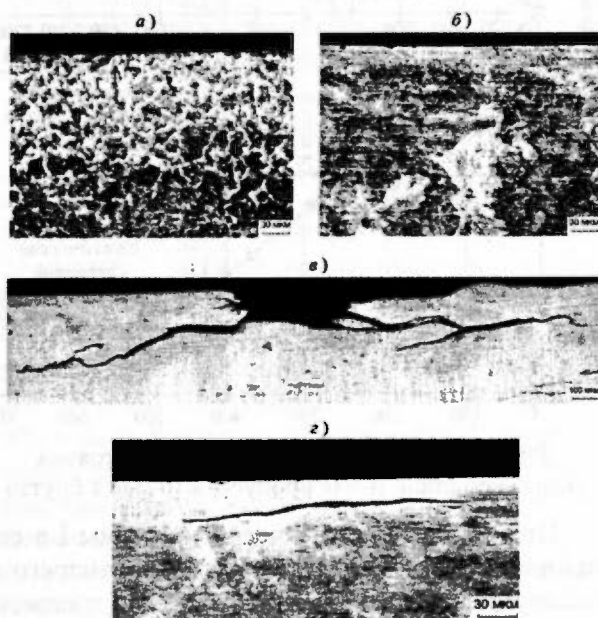


Рис. 4. Микроструктура стали нового рельса (а) и рельса после эксплуатации (б) и типичные усталостные повреждения, обнаруженные в зоне I поверхностного слоя головки рельса (в, з)

Натурные испытания рельсовых проб на циклический изгиб проводили на 100-тонном гидропульсаторе ЦДМ-100 при расположении рельсовых проб головкой в зоне растяжения. Расстояние между опорами составляет 1,0 м. Сосредоточенная нагрузка прикладывалась в середине пролета, асимметрия цикла ($\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$) составляла 0,1. Были испытаны две пробы рельсов типа Р50 производства металлургического комбината "Азовсталь", пропустившие нормативный тоннаж 300 млн. т брутто в прямом участке, при нагрузке 300 и 280 кН, которую рельсовые пробы предположительно должны были выдержать без разрушения. При нагрузке 300 кН (максимальное напряжение составило 304 МПа) проба сломалась после $1,8 \cdot 10^6$ циклов нагружения, а при нагрузке 280 кН (максимальное напряжение — 283 МПа) рельс выдержал без разрушения $2 \cdot 10^6$ циклов нагружения. Для подтверждения нагрузки, при которой рельсы выдерживают базовое число циклов, был испытан еще один рельс при 280 кН, который также не разрушился. На основании результатов натурных испытаний, была построена кривая усталости 1, представленная

на рис. 5. Среднее значение предела выносливости исследуемых натуральных рельсов типа Р50 составляет 288 МПа.

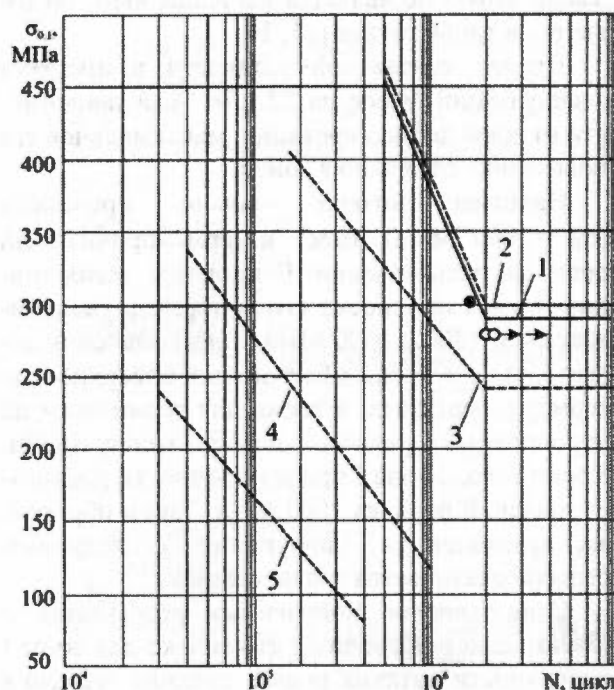


Рис. 5. Кривые усталости для нетермоупрочненных рельсов типа Р50:

1 — после пропуска 300 млн. т брутто; 2 — в состоянии поставки; 3 — при наличии внутренних продольных трещин; 4 — при наличии поперечных усталостных трещин малой площади до 8 % сечения головки; 5 — при наличии больших поперечных усталостных трещин, занимающих до 50...70 % сечения головки

Кривые усталости 2–5 на рис. 5 построены на основании аналогичных исследований нетермоупрочненных рельсов типа Р50 при наличии и развитии в них дефектов [1]. До тех пор, пока в рельсах не образовались внутренние трещины (кривые 1 и 2), накопление усталостных повреждений в поверхностных слоях головки рельса приводит только к небольшому снижению усталостной прочности. При возникновении продольных трещин значение предела выносливости снижается уже до 240 МПа (кривая 3), а при образовании поперечных трещин размером до 5...6 % сечения головки рельса — до 120 МПа (кривая 4). Если площадь трещин превышает более 8 % сечения головки, то предел выносливости не может быть определен по приведенной схеме испытания, так как он составляет менее 70 МПа (кривая 5).

Таким образом, предел выносливости нетермоупрочненных рельсов типа Р50 до эксплуатации составляет в среднем 300 МПа. Результаты выполненных исследований свидетельствуют о том, что их сопротивление усталости полнопрофильных рельсов после

пропуска 300 млн. т брутто понизилось до 288 МПа, т. е. всего на 4 %, и это подтверждает предложенный критерий оценки предельного состояния рельсовой стали.

4. Перспективы использования критерия

Известно [16], что одним из параметров, которым можно управлять в процессе обработки шлифованием, является твердость на поверхности катания. Этот фактор определяет состояние рельса в процессе эксплуатации или после обработки и его склонность к усталостному разрушению. В связи с этим предлагается использовать разработанный критерий в качестве параметра, регламентирующего назначение шлифования. При помощи переносного твердомера, в эксплуатационных условиях можно определить твердость в зоне контакта рельса и колеса. Если средняя измеренная твердость достигает 400...440 HV (380...420 HB), то усталостная прочность рельсов снижается, а на поверхности катания возникают повреждения. При превышении указанного значения твердости необходимо принятие мер по улучшению механических свойств материала головки рельсов, которые в данном случае характеризуются именно уровнем твердости. Назначение шлифования по предложенному критерию позволит приостановить процессы образования поверхностных дефектов уже в начальном их периоде.

Выводы

- 1) Предложен общий метод оценки механического состояния стали по критериям изгибной и контактной усталости (во взаимосвязи с твердостью и пределом прочности).
- 2) Разработана процедура экспрессной расчетно-экспериментальной оценки механического состояния материала головки рельсов, основанная на предложенном методе.
- 3) Метод и процедура подтверждены экспериментальными исследованиями механического состояния нетермоупрочненных рельсов типа Р50 в процессе эксплуатации (после пропуска 210 и 360 млн т брутто), а также микроструктурным анализом начального повреждения материала на поверхности катания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мелентьев Л. П. Содержание и ремонт рельсов. – М.: Транспорт, 1984. – 231 с.
2. Повышение эффективности и надежности работы рельсов: Сб. науч. тр. / Под ред. Л. Г. Крысанова.

– М.: Транспорт, 1990. – 133 с.

3. Повышение надежности работы верхнего строения пути в современных условиях эксплуатации: Сб. науч. тр. / Под ред. Л. Г. Крысанова. – М.: Интекст, 2000. – 142 с.
4. Неметаллические включения в рельсовой стали: Сб. науч. тр. / Под ред. Л. А. Смирнова. – Екатеринбург: ГНЦ РФ ОАО «УИМ», 2005. – 151 с.
5. Богданов В. М., Захаров С. М. Современные проблемы системы колесо/рельс // Железные дороги мира – 2004. – № 1. – С. 57–62.
6. Шур Е. А. К вопросу об оптимальном соотношении твердости колес и рельсов // Современные проблемы взаимодействия подвижного состава и пути: сб. докл. науч.-практ. конф. / – М.: Интекст, 2003. – С. 87–93.
7. Кебиков А. А. Экспериментальные исследования остаточных свойств материала рельсов // ТРИБОФАТИКА: Сб. докл. V Междунар. симп. по трибофатике. ISTF-2005. – Иркутск: ИргУПС, 2005. – Т.1. – С. 484–494.
8. Сосновский Л. А., Об одном критерии состояния рельсов после наработки нормативного тоннажа / Л. А. Сосновский, А. А. Кебиков // Динамика, прочность и ресурс машин и конструкций: Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. / Отв. ред. В. Т. Трощенко. – Киев: Ин-т проблем прочности им. Г. С. Писаренко НАН Украины, 2005. – Т. 2. – С. 322–323.
9. Термически упрочненные рельсы; под ред. А. Ф. Золотарского – М.: Транспорт, 1976. – 264 с.
10. Сусин А. А. Химико-термическое упрочнение высоконапряженных деталей. – Мн.: Белорусская наука, 1999. – 175 с.
11. Хейвуд Р. Проектирование с учетом усталости. – М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.
12. Трощенко В. Т. Сопротивление усталости металлов и сплавов: Справочник/ В. Т. Трощенко, Л. А. Сосновский – Т. 1, 2. – Киев: Наукова думка, 1987. – 510 с., 825 с.
13. Сосновский Л. А. Износоусталостные повреждения и предельное состояние силовой системы типа колесо/рельс // Вестник БелГУТа: наука и транспорт. – 2001. – № 2. – С. 100–104.
14. Sosnovskiy L. A. Tribo-Fatigue. Wear-fatigue damage and its prediction (Foundations of engineering mechanics). – Springer. – 2004. – 424 p.
15. Школьник Л. М. Методика усталостных испытаний. – М.: Металлургия, 1978. – 302 с.
16. Тихомирова Л. Б. Влияние условий механической обработки на кинетику зарождения и распространения усталостных трещин в головке рельса / Л. Б. Тихомирова, А. С. Ильиных // Материалы Всеросс. науч.-техн. конф. – Красноярск, 2005. – С. 288–292.

Надійшла до редколегії 24.05.07.

М. И. УМАНОВ, В. В. ЦЫГАНЕНКО, А. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР (ДИИТ),
Н. В. ХАЛИПОВА (Академия таможенной службы Украины)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕМОНТА ПУТИ НА ДЛИТЕЛЬНО ЗАКРЫТОМ ПЕРЕГОНЕ И ПО УСТАНОВЛЕНИЮ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ЭТИХ РАБОТ

У статті сформульовані пропозиції щодо технології виконання модернізації колії на довгостроково закритому перегоні. На основі аналізу результатів теоретичних і експериментальних досліджень сформульовані рекомендації з установлення допустимих швидкостей руху поїздів у кривих після виконання модернізації на довгостроково закритому перегоні.

В статье сформулированы предложения по технологии выполнения модернизации пути на длительно закрытом перегоне. На основе анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований сформулированы рекомендации по установлению допускаемых скоростей движения поездов в кривых после выполнения модернизации на длительно закрытом перегоне.

In clause offers on technology of performance of modernization of a way are formulated on is long the closed site. On the basis of the analysis of results theoretical and experimental researches recommendations on an establishment of admitted speeds of movement of trains in curves after performance of modernization are formulated on is long the closed site.

Исследования, проведенные ДИИТом в 2004 г., показали, что допускаемая скорость движения пассажирских и грузовых вагонов в прямых по пути, выправленному машинами типа ВПО и ВПР без выполнения динамической стабилизации, при реальных величинах неровностей, измеренных с помощью хорды длиной 20 м, т. е. при максимальной разнице стрел в соседних точках (через 10 м) около 33 мм, ограничивается величиной 40 км/ч [1]. Это соответствует существующему положению вещей и закреплено в инструкции [2]. Если уменьшить величину неровности до разницы стрел в соседних точках, равной 25 мм, то можно обеспечить допускаемую скорость движения пассажирских и грузовых вагонов в прямых, равной 60 км/ч. Это также соответствует существующему положению вещей и закреплено в инструкции [2]. Однако уже в пологой кривой радиуса 2000 м для достижения такой же скорости необходимо существенно ужесточить требования к состоянию пути в плане, т. е. для обеспечения скорости 60 км/ч необходимо уменьшить величину неровности в плане до разницы стрел в соседних точках, равной 16,5 мм. Эти требования в действующей инструкции пока не отражены.

Результаты исследований 2004 года также показали, что существующая технология модернизации пути на длительно закрытом перегоне, состоящая в том, что после очистки щебня машиной типа RM выполняется выправка

пути машинами типа ВПО или ВПР, а затем стабилизация пути динамическим стабилизатором, не обеспечивает достаточной стабильности пути. Результаты измерения осадок пути на опытном участке при различном количестве выправок пути и его стабилизации после открытия перегона и пропуска 1 и 2 млн. т груза приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, осадки пути после одного прохода динамического стабилизатора существенно (примерно в 2 раза) выше, чем после двух или трех его проходов. После двух или трех проходов динамического стабилизатора осадки пути оказались практически одинаковыми.

Эти результаты говорят о том, что третью стабилизацию во время работ по модернизации пути на длительно закрытом перегоне выполнять нецелесообразно.

После пропуска 2 млн. т груза осадки пути не зависят от количества его стабилизаций, они практически прекратились и их средняя величина на всех трех участках находилась в пределах 2...3 мм, что соответствует точности нивелировки.

О том, что существующая технология модернизации пути на длительно закрытом перегоне не обеспечивает достаточной стабилизации пути, свидетельствуют также результаты измерения вертикальной жесткости пути, приведенные в табл. 2.

Таблица 1

Осадки пути после пропуска графиковых поездов

№ опытного участка	Число выправок и проходов DGS	Средняя осадка пути (мм) после пропуска груза, млн. т		Среднеквадратическое отклонение (мм) после пропуска груза, млн. т		Максимальная наблюдаемая осадка пути (мм) после пропуска груза, млн. т		Максимальная вероятная осадка пути (мм) после пропуска груза, млн. т	
		1	2	1	2	1	2	1	2
I	1	17,4	2,3	8,0	2,1	34,0	6	37,4	7,6
II	2	7,2	1,7	4,5	1,1	18,0	4	18,6	4,5
III	3	7,8	1,9	5,6	1,7	21,0	8	21,8	6,2

Таблица 2

Результаты статистической обработки данных по жесткости пути, полученных после пропуска следующих машин

Показатели	Наименование машин										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\bar{\beta}$, кН/мм	27	37	33	38	34	42	37	45	40	46	41
S_{β} , кН/мм	9,5	5,6	6,6	5,2	6,3	5,0	5,6	5,0	5,6	5,0	5,6
$\bar{U}$, МПа	10,5	16	13,7	16,6	14,3	18,9	16	20,8	17,8	21,4	18,3
s_u , МПа	3,7	2,4	2,7	2,3	2,6	2,3	2,4	2,3	2,5	2,3	2,5

Примечание: 1 – RM-80; 2 – ВПО-3000; 3 – ВПР-02; 4 – ВПО-3000 + ВПР-02; 5 – ВПР-02 + ВПР-02; 6 – ВПО-3000 + ВПР-02 DGS-62N (1 раз); 7 – ВПР-02 + ВПР-02 DGS-62N (1 раз); 8 – ВПО-3000 + ВПР-02 DGS-62N (2 раза); 9 – ВПР-02 + ВПР-02 DGS-62N (2 раза); 10 – ВПО-3000 + ВПР-02 DGS-62N (3 раза); 11 – ВПР-02 + ВПР-02 DGS-62N (3 раза).

Вертикальная жесткость пути измерялась с помощью вагона-лаборатории ДИИТа. При этом, вертикальные нагрузки на рельсы, вызывавшие их осадки, передавались на обе рельсовые нити с помощью специальных гидравлических нагрузочных устройств, смонтированных в грузовом вагоне-лаборатории. При измерениях вертикальная сила на один рельс доводилась до 160 кН. Запись вертикальных прогибов рельсов выполнялась с помощью прогибомеров, укрепленных на специальной рамке и опирающихся на неподвижные опоры. Запись зависимости перемещений рельсов от нагрузки осуществлялась двухкоординатными самописцами типа ПДС-021. В результате на планшете записывалась петля гистерезиса, которая позволяла получить жесткость подрельсового основания.

Для получения характеристик жесткости пути расшивке подвергалась линия загрузки. При этом она предварительно линеаризировалась в пределах 40...80 кН. Как показал опыт многолетних измерений жесткости пути, выполненных ДИИТом, вертикальная жесткость при изменении нагрузки в интервале 40...80 кН

дает результаты, близкие к жесткости при изменении нагрузки в интервале 0...160 кН [3].

Значения жесткости рельсовых нитей при вертикальном изгибе (β_z) определялись по следующей зависимости:

$$\beta_z = \Delta P / \Delta z, \quad (1)$$

где ΔP – изменение вертикальной силы, кН; Δz – изменение вертикального осевого прогиба рельсов, мм.

Расчеты модуля упругости подрельсового основания выполнялись согласно [4] по выражению

$$U_z = \sqrt[3]{\frac{(\beta_z)^4}{64EI_y}},$$

где U_z – вертикальный модуль упругости подрельсового основания; EI_y – параметры изгибной жесткости рельса.

Как видно из табл. 2, до открытия перегона вертикальная жесткость пути и вертикальный модуль его упругости были примерно в 1,5–2 раза ниже, чем на стабилизированном пути.

Анализ полученных результатов позволяет сформулировать предложения по технологии выполнения модернизации пути на длительно закрытом перегоне.

Существующая технология уплотнения балластной призмы при выполнении модернизации пути на длительно закрытом перегоне не обеспечивает отсутствие неравномерных осадок пути после окончания путевых работ. Поэтому предлагаются следующие изменения технологии выполнения работ.

После смены рельсошпальной решетки и очистки щебня машиной RM-80 необходимо выполнить выправку пути машиной типа ВПО, затем выправку пути машиной типа ВПР, а затем стабилизацию пути динамическим стабилизатором. После смены инвентарных рельсов плетями и сплошной выправки пути машинами типа ВПР необходимо выполнить вторую стабилизацию пути. Кроме того, предлагается после пропуска 1 млн т груза ввести дополнительную сплошную выправку пути машинами типа ВПР и еще одну стабилизацию пути динамическим стабилизатором.

Это обеспечит устойчивую работу пути под поездами на длительный срок.

Теоретические и экспериментальные исследования в данном направлении были продолжены ДИИТом в 2006 году.

При выполнении теоретических исследований были использованы математические модели взаимодействия пути с пассажирским и грузовым вагонами, разработанные в ДИИТе под руководством проф. В. Д. Дановича, и апробированные ранее при выполнении научно-исследовательских работ [5].

Также использовалось математическое обеспечение, позволяющее преобразовывать данные вагона-путеизмерителя по отступлениям пути в плане, профиле и по уровню в цифровой вид для использования в качестве исходных данных при теоретических расчетах динамических показателей подвижного состава [6; 7].

При теоретических исследованиях рассчитывались динамические показатели вагонов, в т. ч. коэффициенты горизонтальной и вертикальной динамики, а также коэффициенты устойчивости против вкатывания гребня колеса на рельс. Полученные результаты расчетов сопоставлялись с нормативными значениями указанных динамических показателей [8], которые приведены в табл. 3.

Экспериментальные исследования выполнялись в кривой радиусом 1000 м, где была проведена сплошная послеосадочная выправка пути и его стабилизация динамическим стабилизатором DGS после пропуска 1 млн. т груза. Они показали, что вертикальная жесткость пу-

ти и его модуль упругости в этом случае увеличиваются в 1,5–2 раза по сравнению с состоянием пути до открытия перегона.

Таблица 3

Допустимые значения динамических показателей вагонов

Коэффициенты		Пассажирский вагон	Грузовой вагон	
			груженный	порожний
вертикальной динамики	в буксовой ступени [Кбдв]	0,37	0,80	0,85
	в центральной ступени [Ксдв]	0,20		
горизонтальной динамики Кдг		0,25	0,40	0,40
устойчивости против вкатывания колеса на рельс [Куств]		1,80	1,30	1,30

При этом результаты экспериментальных исследований показали хорошую сходимость динамических показателей подвижного состава, полученных в результате экспериментальных и теоретических исследований в кривой радиуса 1000 м.

Поэтому для кривых других радиусов в 2006 году были выполнены только теоретические исследования по определению допустимых скоростей движения поездов в кривых после выполнения модернизации на длительно закрытом перегоне.

Теоретические исследования взаимодействия пути и пассажирских вагонов выполнялись для кривых радиусом 500, 600, 800, 1000, 1500, 2000 м и в прямых. В результате были определены допустимые скорости движения поездов для состояния пути, соответствующего двум основным этапам работ на длительно закрытом перегоне (после выправки и одной стабилизации пути и после повторной выправки и второй стабилизации пути), а также для этапа после открытия перегона, пропуска по участку около 1 млн. тонн груза, сплошной послеосадочной выправки и третьей стабилизации пути.

Расчеты проводились при горизонтальных неровностях величиной 5 мм и 10 мм, что соответствует требованиям [9, 10], а также для промежуточного значения горизонтальной неровности 8 мм. Результаты исследований приведены в табл. 4–6.

Анализ результатов теоретических исследований взаимодействия пути и пассажирского вагона показывает увеличение уровня допустимых скоростей движения поездов с увеличением плотности балластной призмы, уменьшением максимальной величины неровности пути в плане и с увеличением радиусов кривых.

Таблица 4

**Допускаемые скорости движения поездов после одной стабилизации
пути динамическим стабилизатором**

Радиус кривой, м	Величина неровности в плане, мм	Диапазон непогашенного ускорения		Диапазон возвышения, мм		Допустимая скорость, км/ч	Максимальная скорость, км/ч
		начальное	конечное	начальное	конечное		
прямая	5	—	—	—	—	160	160
	10	—	—	—	—	160	160
	16.5	—	—	—	—	100	100
2000	5	0,05	0,43	90	150	160	160
2000	10	0,28	0,48	60	30	130	135
1500	5	0,38	0,57	120	150	160	160
1500	10	0,34	0,52	30	0	100	100
1000	5	0,30	0,50	105	70	110	110
1000	8	0,26	0,44	60	30	90	90
1000	10	0,36	0,56	30	0	85	85
800	5	0,05	0,54	105	25	85	90
800	8	0,37	0,61	40	0	80	80
800	10	0,10	0,40	50	0	65	70
600	5	0,28	0,45	60	30	70	70
600	8	0,37	0,61	40	0	65	65
600	10	0,28	0,46	30	0	60	60
500	5	0,37	0,55	30	0	60	60

Таблица 5

**Допускаемые скорости движения поездов после двух стабилизаций пути
динамическим стабилизатором**

Радиус кривой, м	Величина неровности в плане, мм	Диапазон непогашенного ускорения		Диапазон возвышения, мм		Допустимая скорость, км/ч	Максимальная скорость, км/ч
		начальное	конечное	начальное	конечное		
прямая	5	—	—	—	—	160	160
	10	—	—	—	—	160	160
	16.5	—	—	—	—	120	120
2000	5	0,05	0,43	90	150	160	160
2000	10	0,20	0,57	90	30	140	140
1500	5	0,38	0,57	120	150	160	160
1500	10	0,35	0,55	65	30	120	130
1000	5	0,20	0,56	150	90	120	125
1000	8	0,40	0,58	60	30	100	100
1000	10	0,42	0,62	35	0	90	95
800	5	0,37	0,51	80	60	95	100
800	8	0,48	0,56	35	20	85	85
800	10	0,43	0,61	30	0	80	80
600	5	0,37	0,60	75	35	80	80
600	8	0,30	0,58	55	10	70	70
600	10	0,30	0,54	40	0	65	65
500	5	0,30	0,55	40	0	70	70

Таблица 6

**Допускаемые скорости движения поездов после пропуска 1 млн т, выправки пути
и его третьей стабилизации динамическим стабилизатором**

Радиус кривой, м	Величина неровности в плане, мм	Диапазон непогашенного ускорения		Диапазон возвышения, мм		Допустимая скорость, км/ч	Максимальная скорость, км/ч
		начальное	конечное	начальное	конечное		
прямая	5	—	—	—	—	160	160
	10	—	—	—	—	160	160
2000	5	0,07	0,78	150	35	160	160
2000	10	0,57	0,68	50	30	150	150
1500	5	0,40	0,70	150	100	160	160
1500	10	0,46	0,68	90	55	140	145
1000	5	0,38	0,60	150	115	130	140
1000	8	0,56	0,77	90	55	120	130
1000	10	0,39	0,695	50	0	95	100
800	5	0,57	0,75	130	105	120	125
800	8	0,43	0,63	85	55	100	110
800	10	0,39	0,695	50	0	85	90
600	5	0,60	0,78	90	60	95	100
600	8	0,61	0,79	50	25	85	90
600	10	0,30	0,63	55	0	70	75
500	5	0,60	0,78	90	60	90	90

Это хорошо видно из рис. 1–6, где на рис. 1–3 приведены зависимости допускаемой скорости движения пассажирских вагонов от кривизны пути при горизонтальной неровности величиной 5, 8 и 10 мм при разной степени уплотнения балласта, а на рис. 4–6 приведены зависимости допускаемой скорости движения пассажирских вагонов в кривых радиусом 600...1000 м от величины горизонтальной неровности при разной степени уплотнения балласта.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

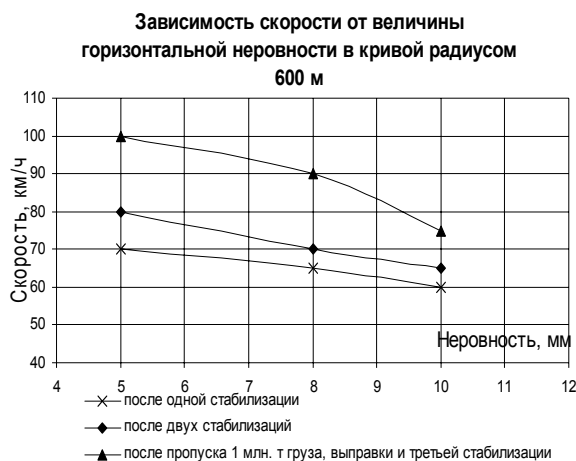


Рис. 4

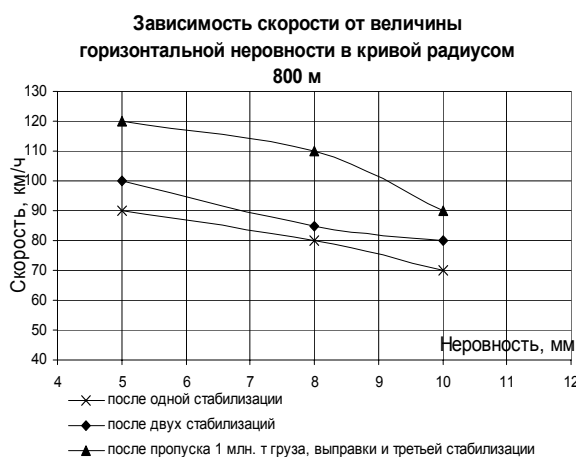


Рис. 5

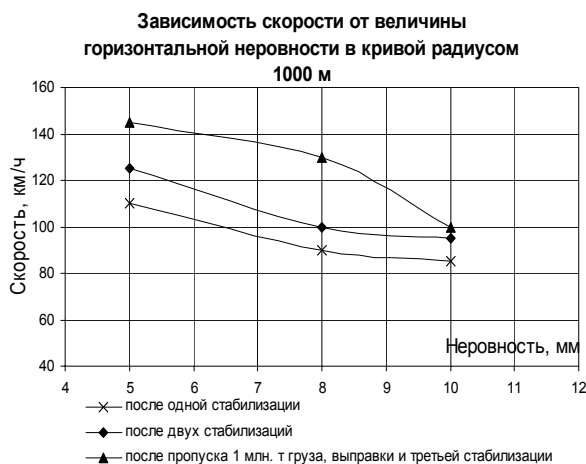


Рис. 6

В результате исследований были предложены дополнения к инструкции [2], приведенные в табл. 7.

Для промежуточных значений радиусов кривых при соответствующей степени уплотнения балласта и величине горизонтальной неровности пути допускаемые скорости движения подвижного состава могут быть определены интерполированием по рис. 1–3.

Для промежуточных значений горизонтальной неровности пути в кривых радиусов 600, 800 или 1000 м при соответствующей степени уплотнения балласта допускаемые скорости движения подвижного состава могут быть определены интерполированием по рис. 4–6.

Таблица 7

Допустимая скорость движения пассажирских поездов при использовании динамических стабилизаторов во время ремонта пути

План пути (радиус кривой, м)	Допустимая скорость движения пассажирских поездов на разных этапах работ, км/ч		
	После одной стабилизации пути	После двух стабилизаций пути	После пропуска 1 млн.т, выправки и третьей стабилизации пути
прямая	100	120	установленная
2000	100	120	
1500	100	120	
1000	100	120	
800	85	95	
600	70	80	
500	60	70	

Анализ результатов исследований для груженых грузовых вагонов показал, что в кривых нет ограничений допустимой скорости по выбранным динамическим показателям и по коэффициенту устойчивости против вкатывания гребня колеса на головку рельса. Все величины исследованных показателей не превышали нормативных значений. Поэтому для груженых грузовых вагонов при определении допустимых скоростей движения следует пользоваться нормативным значением непогашенного ускорения ($\pm 0,3 \text{ м/с}^2$) или устанавливать их согласно инструкции [11].

Допустимая скорость движения поездов из груженых грузовых вагонов при использовании хотя бы одной динамической стабилизации после выправки пути машинами в профиле и плане (при величине неровности в плане не больше 10 мм) в прямых ограничивается 90 км/ч, а в кривых - ограничивается только уровнем непогашенного ускорения $\pm 0,3 \text{ м/с}^2$.

Допустимая скорость движения поездов при нахождении в их составе порожних грузовых вагонов с тележками ЦНИИ-ХЗ-О во всех случаях ограничивается уровнем 65 км/ч из-за их неустойчивости по Ляпунову в горизонтальной плоскости.

Считаем целесообразным проведение дополнительных исследований и анализа скорости движения поездов в переходных кривых

для оптимизации их параметров и снятия возможных ограничений скорости движения в круговых кривых.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Уманов М. І. Установлення допустимих швидкостей руху поїздів по ділянці колії, відремонтованій із застосуванням сучасних колійних машин / М. І. Уманов, В. В. Циганенко, О. Г. Рейдемейстер, Н. В. Халіпова, В. В. Ковальов // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 9. – Дніпропетровськ. – 2005. – С.81-87
2. Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт / А. П. Татуревич, В. В. Рибкін, К. В. Мойсеєнко та ін. – Д.: Вид-во АТЗТ ВКФ «Арт-прес», 2001. – 132 с.
3. Леванков И. С. О выборе расчетных значений модуля упругости подрельсового основания. В кн: Исследование взаимодействия пути и подвижного состава // Труды Дн-ского ин-та инж. тр-та, – Д.: ДИИТ, 1967. – Вип. 88. – С. 83–88.
4. Ершков О. П. Характеристики пространственной упругости рельсовой нити// (Тр. ВНИИЖТ, 1960. Вип. 192). – С. 59–101.
5. Данович В. Д. Математическая модель взаимодействия пути и пассажирского вагона при движении по участкам произвольной кривизны В. Д. Данович, А. Г. Рейдемейстер, Н. В. Халіпова // Транспорт. – Вип. 8. – Д.: Нова ідеологія. – 2001. – С. 124–138.
6. Курган Д. Н. К вопросу определения параметров кривой по ленте путеизмерительного вагона. Збірник наукових праць ДНУЗТ.– Д., 2002. – Вип.. 10. – С. 76–82.
7. Уманов М. Визначення впливу нерівножорсткості колії на показники взаємодії колії та рухомого складу / М. Уманов, О. Рейдемейстер, Н. Халіпова, В. Циганенко и др. // Вісник академії митної служби України. – Вип. 3. – Д.: АМСУ. – 2005. – С. 84–93.
8. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: Гос НИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
9. Правила приймання робіт після виконання модернізації і ремонтів колії та її облаштувань. ЦП/0140. – 2006. – 53 с.
10. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП/0138. К., 2006
11. 9. Норми допустимих швидкостей руху рухомого складу по залізничних коліях державної адміністрації залізничного транспорту України шириною 1520 (1524) мм. Затв. наказом УЗ від 18.06.2004 р. №479-ЦЗ. – 2004. – 50 с.

Поступила в редколлегию 04.01.2007.

С. В.ГОЛУБ (Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького),
О. М. ШОР (Черкаська обласна державна адміністрація)

ТЕХНОЛОГІЇ БАГАТОРІВНЕВОГО МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМАХ РЕГІОНАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ

Досліджені особливості застосування багаторівневих технологій інформаційного моделювання в системах регіонального управління економікою. Описано використання евристичної системи спостереження з метою моніторингу соціально-економічних об'єктів. Експериментально підтверджено ефективність застосування запропонованих технологій. Зменшується кількість контрольованих параметрів, підвищується адекватність моделей, зменшується вплив суб'єктивних факторів на результати економічного прогнозування.

Исследованы особенности применения многоуровневых технологий информационного моделирования в системах регионального управления экономикой. Описано использование эвристической системы наблюдения с целью мониторинга социально-экономических объектов. Экспериментально подтверждена эффективность применения предложенных технологий. Уменьшается количество контролируемых параметров, повышается адекватность моделей, уменьшается влияние субъективных факторов на результаты экономического прогнозирования.

Features of application of multilevel technologies of information modeling in systems of regional management are investigated by economy. Use of heuristic system of supervision is described with the purpose of monitoring social and economic objects. Efficiency of application of the offered technologies is experimentally confirmed. The quantity of controllable parameters decreases, adequacy of models raises, influence of subjective factors on results of economic forecasting decreases.

В умовах динамічних змін станів неоднорідної економіки коло дій та об'єктів аналізу керівників державних служб управління різних рівнів стає настільки широким, що швидко досягається межа технічних можливостей ефективного прийняття рішень. Нерідко, досліджуючи поведінку ринку, на якому функціонують кілька десятків а то і сотень підприємств, керівники допускають помилки ще на самих перших етапах прийняття управлінських рішень, не маючи можливості враховувати спільний вплив значної кількості зовнішніх та внутрішніх факторів. Але навіть якщо спеціалісти і відслідковують всі ці тенденції, вони, як правило, звертають увагу лише на традиційні показники, не підозрюючи про нові можливості, які виникли і виникають щоденно.

Однією із основних функцій регіонального управління є прогнозування соціально-економічних показників. Традиційними для аналізу факторів ринку та економічного прогнозування, які використовуються в практиці управлінської економіки закладах державного управління різних рівнів є експертні методи. Рідше використовуються статистичні методи моделювання. Приклади застосування інших методів моделювання знайти не вдалось.

Основним інструментом є інтуїція і досвід спеціалістів. В умовах політичної нестабільності, коли маємо значний рівень ротації кадрів,

якісне та кількісне прогнозування стає значною проблемою, від вирішення якої в значній мірі залежить якість управління економікою регіону. Втрата будь-кого із профільних фахівців приводить до значного погіршення якості прогнозування. Тому набуває значної актуальності зниження залежності процесу прогнозування від суб'єктивних факторів, зниження вимог до кваліфікованості співробітників, які проймають участь в процесі прогнозування.

Аналізуючи тенденції розвитку економічних і соціальних систем, академік В. М. Глушков ввів поняття інформаційного бар'єру, який характеризує зростання ролі інформації в процесах управління. Другий інформаційний бар'єр за Глушковым досягається в той час, коли існуюча система управління не здатна обробити та ефективно використати результати моніторингу соціально-економічних об'єктів. На наш погляд саме досягнення другого інформаційного бар'єру характерне для системи державного управління в Україні на даний час. Характерним є неможливість врахування значної кількості даних — результатів моніторингу та зростання ролі експертних методів прийняття рішення.

На даний час управліннями економіки державних адміністрацій контролюється понад 2 000 параметрів. Для цього затверджені переліки показників статистичної звітності, для

отримання яких використовується значні обсяги фінансових, людських, часових та інших видів ресурсів. При цьому результатом цього виду моніторингу є інформація, яка представляється у вигляді двовимірних залежностей контрольованих показників від часу. За таких умов виявити комплексний вплив кількох параметрів на основні показники розвитку економіки регіону та виявити нові впливові фактори та їхню важливість досить складно. І основною причиною цього стану є відсутність необхідного інструментарію. Тому особливо актуальним на даний час є підвищення ефективності обробки даних моніторингу соціально-економічних об'єктів за рахунок застосування інформаційних технологій та систем на етапі збору, транспортування, зберігання та аналізу результатів моніторингу.

Значне підвищення ефективності обробки результатів моніторингу є застосування технологій інформаційного моделювання як інструменту дослідження складних систем.

Базові алгоритми індуктивного моделювання отримуються на основі методу групового врахування аргументів (МГУА) [1]. Оскільки обробка даних не збільшує кількості інформації первинного опису [2], постає завдання підвищення «потужності» технології моделювання для більш повного відображення в моделі наявної інформації, яка міститься в масиві експериментальних даних. Для цієї мети використовуються багаторівневі технології інформаційного моделювання.

Багаторівневі моделі будуються шляхом поєднання кількох моделей одного об'єкта, отриманих за різними методами моделювання. [3].

Метою цієї роботи є дослідження можливостей сучасних технологій інформаційного моделювання, зокрема багаторівневих індуктивних алгоритмів, при їх застосуванні в системах регіонального управління.

Застосування подібних технологій забезпечення інформацією процесу прийняття управлінських рішень вимагає розробки нових принципів моніторингу та інформаційних систем його забезпечення. З цією метою розроблена концепція побудови технологій моніторингу на основі евристичних систем спостереження [4].

Евристична система спостереження (ЕСС) інформаційна система моніторингу об'єктів оточуючого середовища, в якій висновки про стан цих об'єктів робляться на основі евристик інформаційних моделей. Об'єктами моніторингу є екологічні, економічні, медичні, соціальні та інші системи, які оточують особу прийняття рішення та впливають на процес формування управлінських рішень. Поєднання можливостей інформаційних моделюючих систем із знаннями експертів відповідних галузей економіки дозволяє отримувати адекватні прогнозуючі моделі економічних об'єктів за даних умов, з'являється можливість виявлення надлишковості в переліку показників статистичної звітності, зменшується трудомісткість процесу статистичного обліку. Можливість виявлення ваги кожного фактора, який був використаний як параметр моделювання, дозволяє прорахувати економічні наслідки спланованих заходів.

ЕСС програмно реалізована на кафедрі математичного та програмного забезпечення автоматизованих систем Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Структура ЕСС подана на рисунку.

Від традиційних експертних систем ЕСС відрізняється способом збереження інформації, яку містить база знань. Інформація зберігається у вигляді інформаційних моделей, які використовуються для конструювання моделей наступного рівня. Підсистема генерації інформаційних моделей реалізує центральну процедуру процесу моніторингу — створення моделі. Для забезпечення умов отримання адекватних моделей налаштовуються всі підсистеми ЕСС.

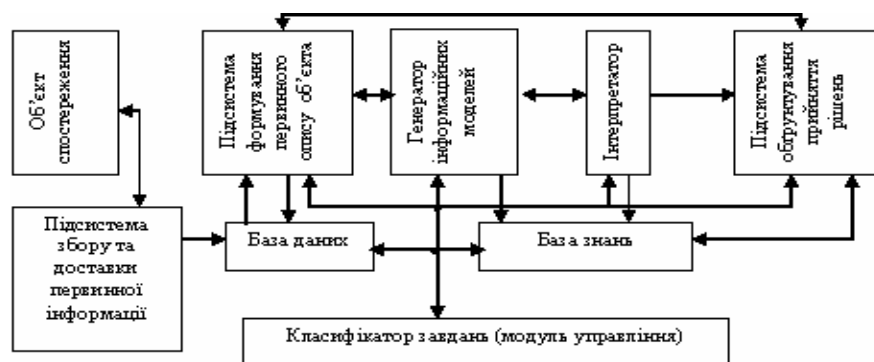


Рис. Структура евристичної системи спостережень

Підсистему збору та транспортування первинної інформації реалізовано з використанням результатів діяльності існуючих засобів отримання характеристик економічних об'єктів. Для доставки інформації використовується мережа Internet. Спроековано сайт, який містить базу даних (БД) та систему управління базою даних (СУБД) з інтерфейсом у вигляді багаторівневого меню. СУБД забезпечує оперативне введення інформації та санкціонований доступ до БД за паролями та спеціальними іменами (логінами).

База даних ЕСС формується кожним районним управлінням економіки райдержадміністрації і містить чисельні характеристики об'єктів моніторингу показники статистичної звітності.

Первинний опис об'єкта спостереження формувалася у вигляді двовимірної таблиці, стовпчиками якої є назви параметрів моделювання, строчками – спостереження. Формувалася первинний опис у відповідності із метою моделювання – визначення залежності цільових показників розвитку регіону від інших показників статистичної звітності..

Для генерації моделі використовується багаторядний та комбінаторний алгоритми МГУА [1], алгоритм Степаненка [5], генетичні алгоритми та інструментарій нейромереж. Технологія моделювання конструється шляхом поєднання процедур базових алгоритмів у відповідності з певними принципами, які забезпечують підвищення «потужності» базових моделей в умовах неповної інформації первинного опису об'єкту моніторингу. Отримується кілька моделей, які містять несуміщену інформацію про об'єкт.

Інтерпретатор містить засоби визначення характеристик отриманих моделей та важливості параметрів моделювання. Важливість параметрів моделювання визначається за їх ваговими коефіцієнтами. Вагові коефіцієнти (оцінка значимості) параметрів визначались за формулою:

$$k = \frac{\Delta_i}{\Sigma \Delta_i} \cdot 100, \quad (1)$$

де Δ_i – похідна моделі за i -им параметром.

За похибкою моделі визначалась вичерпність врахованої в моделі інформації.

Таблиця 1

Характеристики моделей першого рівня

Модель	Параметри моделювання із значимими ваговими коефіцієнтами	Ваговий коефіцієнт	СКВ	Коефіцієнт кореляції
1	Виробництво непродовольчих товарів за видами (Синтетичні смоли і пластмаси, тис. т)	22,3%	5,58	0,97
	Виробництво непродовольчих товарів за видами (Дерево-стружкові плити, тис. куб. м)	43,5%		
	Виробництво найважливіших видів продукції легкої промисловості (Пальта, півпальта, тис. шт.)	21,3%		
	Виробництво непродовольчих товарів за видами (Електродвигуни малої потужності для комплектування електро побутових приладів, тис. шт.)	39,91%		
2	Виробництво найважливіших видів продукції легкої промисловості (Трикотажні вироби, тис.шт.)	34,91%	5,33	0,98
	Виробництво найважливіших видів продукції легкої промисловості (Блузи, тис. шт.)	11,14%		
	Виробництво найважливіших видів продукції легкої промисловості (Сорочки верхні, тис. шт.)	9,64%		

Підсистема обґрунтування прийняття рішень містить засоби формування керуючих впливів та. прорахунку наслідків застосування стратегій управління об'єктами оточуючого середовища та основі отриманих інформаційних моделей.

Для експериментального підтвердження ефективності застосування ЕСС в системах регіонального управління був проведений модельний експеримент. На основі показників

статистичної звітності Головного управління економіки Черкаської облдержадміністрації [6] отримувалась модель залежності потужності електростанцій і виробництва електроенергії від показників економічного розвитку Черкаського регіону. Первинний опис містив 35 показників статистичної звітності, відібраних експертами головного управління економіки Черкаської облдержадміністрації як інформативні, за період 1995 ... 2004 року. Ге-

нерація багаторівневої моделі проводилась за технологією, описаною в [3].

На першому рівні моделювання були отримані моделі, характеристики яких подані в таблиці. Середнє квадратичне відхилення розраховувалося за формулою:

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - Y^*)^2}{n}}, \quad (2)$$

де Y – дійсне значення модельованого параметра; Y^* – розраховане значення модельованого параметра. Як видно із таблиці із 35 параметрів значимими виявились для кожної моделі по три – чотири параметра. При цьому перелік параметрів не перекривається. Інші показники із переліку статистичної звітності можна виключити. Результат підтверджує принцип багатомодельності, відповідно якого один і той же об'єкт може бути описаний за кількома моделями однакової адекватності. При генерації моделі другого рівня отримуємо СКВ результатів моделювання $S_y = 4,01$, коефіцієнт кореляції $K_r = 0,98$.

Таким чином застосування технології багаторівневого моделювання дозволяє зменшити СКВ результатів на 28 % без погіршення значення коефіцієнта кореляції. При цьому кількість контрольованих показників зменшується на 83 %. Такі результати доводять ефективність застосування технологій багаторівневого інформаційного моделювання в системах регіонального управління та організації моніторингу стану соціально-економічних об'єктів за прин-

ципами ЕСС. Подальші дослідження необхідно провести для виявлення особливостей розрахунку наслідків застосування керуючих впливів на основі застосування багаторівневих моделей.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ивахненко А. Г., Степашко В. С. Помехоустойчивость моделирования. – К.: Наук. Думка, 1985. – 216 с.
2. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.
3. Голуб С. В. Застосування алгоритмів багаторівневого моделювання при проектуванні моніторингових систем // Вісник Хмельницького національного університету. 200. – № 5. – Ч. 1. – Т.2. – С. 31–35.
4. Голуб С.В. Моделирование мониторинговых процессов эвристической системой наблюдений. Электронное моделирование. К.: Т. 26. – № 5. – С. 55–65.
5. Голуб С. В. Моделювання об'єктів моніторингу довкілля за алгоритмом Степаненка. Електроніка та системи управління. К.: Видавництво НАУ. № 4(10), – 2006. – С. 165–168.
6. Гаман П. І., Горобець В. В., Голуб С. В., Зозуля І. Ф., Роздобудьмо В. А., Пуха В. М., Кучер Л. М., Ільченко М. П., Токарев Б. Є., Костенко А. О., Оксамитний Б. Я., Шор О. М. Стратегія розвитку Черкаської області до 2015 року. Черкаси: Вид-во Черкаської обласної державної адміністрації. 2006, 73 с.

Надійшла до редколегії 15.05.07.

УТВОРЮЮЧІ СИСТЕМИ ГРАФІВ

Розглянуто алгебраїчний підхід до побудови утворюючих систем графів і запропоновано алгоритм створення таких утворюючих систем для графів заданого класу.

Рассмотрен алгебраический подход к построению образующих систем графов и предложен алгоритм создания таких образующих систем для графов заданного класса.

It is considered the algebraic approach to the constructing of the systems, which are deriving the graphs, and offered the algorithm to the solving of this problem.

Вступ

Різноманітні прикладні задачі на транспорті в багатьох випадках призводять до розгляду графових моделей, що може породжувати задачі: побудови утворюючих систем графів, відтворення графів за їх підграфами та інші. Наприклад, при плануванні робіт локомотивних бригад необхідно вибрати таку систему утворюючих робіт, за допомогою яких можна було б побудувати будь який графік робіт цих бригад. Задачі такого типу приводять до пошуку алгоритму побудови утворюючих систем графів робіт, планів тощо. За допомогою алгоритму побудови утворюючих систем графів можуть бути розв'язані наступні задачі: відтворення транспортного потоку вантажних перевезень за відомими транспортними потоками на окремих ділянках залізниці, відтворення розподілу активного коштовного ресурсу транспортної галузі за відомими частковими розподілами долей цього ресурсу, та інші.

Проблеми побудови утворюючих систем структур-графів виникають також при розв'язанні деяких задач штучного інтелекту: розпізнання образів, побудови формальних граматик і алгоритмів тощо. Так, при створенні формальної мови, орієнтованої на деякий клас алгоритмів, необхідно визначити утворюючі оператори, за допомогою яких повинен представлятися будь який алгоритм цього класу.

Питання пов'язані із вирішенням проблем побудови утворюючих систем математичних об'єктів не проходили повз уваги дослідників. Достатньо згадати класичну проблему функцій логіки для утворюючих замкнутих класів, успішно розв'язану Постом [1], проблему відтворення алгебри за системою утворюючих підалгебр [2]. Розв'язання проблем утворюючих систем об'єктів пов'язане з розробкою ефективних алгоритмів відтворення цих об'єктів.

У статті запропоновано алгоритм для

розв'язання проблеми побудови графу за його системами утворюючих елементів. Здійснити відтворення графу можна за однозначно визначеними шляхами або за його підграфами, нижче розглянуто ці дві можливості. В основу розв'язання проблеми утворюючих систем графів покладено алгебраїчний підхід [1; 3].

Шляхи, ланцюжки та їх структури

За звичаєм, якщо позначити через $C = \{c_i; i \in I\}$ деякий скінчений алфавіт, як множину вершин, а через D – множину кортежів $\{(c_i, c_j) \in C^2; i, j \in I\}$ і ввести алфавіт $E' = \{e_j; j \in J\}$ з порожнім символом ε як множину позначок відношень на множині кортежів, тоді отримаємо орієнтований навантажений граф представлений упорядкованою трійкою $G = \langle C, D, E' \rangle$ [4]. Відношення між кортежами і позначками дуг взагалі не взаємно однозначне. Якщо ввести множину $E = \{e_{jks} = (e_j, c_k, c_s); j \in J, e_j \in E', (c_k, c_s) \in D\}$, відношення між множинами D і E будуть взаємно однозначними, при умові, що будь який кортеж з D не має однакових позначок. Не порожня послідовність кортежів $(c_{i_k}, c_{i_{k+1}}) \in D$ графу G утворює шлях $P = ((c_{i_1}, c_{i_2}), (c_{i_2}, c_{i_3}), \dots, (c_{i_{m-1}}, c_{i_m}))$, що зв'язує його вершини c_{i_1} і c_{i_m} . Так визначений шлях P для довільного графу є не визначеним по відношенню до множини позначок кортежів. Але, якщо кортежам $(c_{i_{j-1}}, c_{i_j})$ шляху P поставити в однозначну відповідність їх певні позначки $e_{kj-1,j} \in E$, то отримаємо формульне представлення шляху $P = (e_{s,1,2}, e_{j,2,3}, \dots, e_{r,m-1,m})$ довжини $m-1$. Так як елементи e_{kij} , або позначені $e_{k,i,j}$, довільного шляху

P визначають кортеж (c_i, c_j) навантажених позначкою $e_k \in E'$, то за формульним представленням шляху завжди однозначно відтворюється відповідний йому графічний образ.

Послідовність елементів шляху $P = (e_{s,1,2}, e_{j,2,3}, \dots, e_{r,m-1,m})$ конструктивно утворює ланцюжок $l = e_{s,1,2} e_{j,2,3} \dots e_{r,m-1,m}$, побудований над множиною E та технологічний ланцюжок $l^t = e_s e_j \dots e_r$ визначений на алфавітові E' . Таким чином між шляхами P і утвореними ланцюжками l (l^t) існує ізоморфне (гомоморфне) відношення.

За допомогою альтернативної двомісної комутативної операції $(\vee)$ - «або» над множиною шляхів кожен зв'язаний граф G представляється формулою $G = \vee_{i \in I} P_i$, за якою можна створити множину ланцюжків $L(G) = \{l_i\}$ - мову зв'язаного графу G та технологічну мову $L(E') = \{l_i^t\}$. Причому для кожного ланцюжка $l \in L(G)$ і $l^t \in L(E')$ його утворюючий шлях задає структуру утворення ланцюжка. Наприклад, якщо технологічний ланцюжок l^t альтернативний, тобто представляється за допомогою операції $(\vee)$ над множиною $L(E')$, як $l^t = l_1^t \vee l_2^t$, то його структура утворення визначається формулою $P_1 \vee P_2$, для якої P_1 і P_2 шляхи утворення відповідних ланцюжків l_1^t і l_2^t . Структура утворення ланцюжка може бути лінійною або нелінійною. Шлях P довжини один є простим шляхом. Шлях який не містить петель та контурів - лінійний, і його можна представити у скороченій структурній формі. Наприклад, лінійний шлях $P = (e_{s,1,2}, e_{j,2,3}, \dots, e_{r,m-1,m})$ у скороченій формі є $P = ((e_s e_j \dots e_r)_{1,m})$, а відповідний йому ланцюжок - $l = (e_s e_j \dots e_r)_{1,m}$.

Будемо вважати два шляхи (два графи) еквівалентними, якщо утворені ними технологічні мови однакові. Так лінійний контур та його скорочений шлях еквівалентні.

Дослідження графів можна виконувати за його шляхами або над шляхами, до яких згортаються в результаті перетворень ці графи. Одне з таких перетворень «скорочення лінійної форми» приведене вище. Розглянемо ще декілька правил перетворення графів [5] і алгебраїчних перетворень графових формул.

1. Правило виключення паралельної дуги:

$$e_{1ij} \vee e_{2ij} = (e_1 \vee e_2)_{ij},$$

при якому вершини зберігаються. Якщо $i = j$, то маємо частковий випадок правила - виключення паралельних петель.

2. Правило виключення альтернативної дуги:

$$e_{1ij} \vee e_{2ik} = \begin{cases} (e_1 \vee e_2)_{ij}, & \text{вершина } k - \text{виключена;} \\ (e_1 \vee e_2)_{ik}, & \text{вершина } j - \text{виключена;} \end{cases}$$

за яким дві суміжні дуги замінюються однією - (c_i, c_j) або (c_i, c_k) .

3. Правило виключення петлі:

$$(e_{1ii}, (e_{2ij} \vee e_{3ik})) = (e_1^n e_2)_{ij} \vee (e_1^n e_3)_{ik},$$

де e_1^n - технологічний ланцюжок довільної довжини утворений петлею e_{1ii} .

Очевидно, це правило поширюється і на кільцеву петлю, тобто

$$((e_{1ik} \vee e_{2jk}), e_{3kk}) = (e_1 e_2^n)_{ik} \vee (e_2 e_3^n)_{jk}.$$

4. Правило виключення контурів:

$$(e_{1ij}, e_{3ji}) \vee e_{2ik} = ((e_1 e_3)^n e_1)_{ij} \vee ((e_1 e_3)^n e_2)_{ik},$$

яке узагальнює правило 3.

5. Правило виключення вершини:

$$(e_{1im}, e_{3mn}) \vee (e_{2jm}, e_{4mk}) = ((e_1 e_4)_{ik} \vee (e_1 e_3)_{in}) \vee ((e_2 e_3)_{jn} \vee (e_2 e_4)_{jk})$$

Правила 1 ... 5 поширюються на більшу ніж дві кількості ланцюжків і дозволяють привести граф до еквівалентного простого шляху.

Розглянемо застосування правил виключення на прикладі графу заданого формулою:

$$(e_{114}) \vee (e_{212}, e_{524}) \vee (e_{212}, e_{323}, e_{432}, e_{524}) \quad (1)$$

і перетворимо її у формулу простого шляху.

Аналіз формули (1) показує, що вершину c_2 можна виключити, тому застосовуючи п'яте правило виключення до другого і третього альтернативних ланцюжків отримаємо таку формулу:

$$(e_{114}) \vee ((e_2 e_5)_{14}) \vee ((e_2 e_3)_{13}, (e_4 e_5)_{34}) \vee ((e_2 e_3)_{13}, (e_3 e_4)_{33}, (e_4 e_5)_{34})$$

Виконуючи далі в цій формулі скорочення третього і четвертого альтернативних ланцюжків та застосовуючи перше правило виключення паралельних дуг, в результаті перетворень матимемо наступний еквівалентний до (1) про-

стий шлях $(e_1 | e_2 e_5 | e_2 e_3 e_4 e_5 | e_2 (e_3 e_4)^n e_5)_{14}$, який утворює технологічну мову $L(E') = \{e_1, (e_2 (e_3 e_4)^n e_5); n = 0, 1, 2, \dots\}$ графу (1).

Очевидно, що аналогічні перетворення можна виконати і над іншими зв'язаними графами. Якщо граф не зв'язаний, то його вершини завжди можна «зв'язати» ввівши дві віртуальні вершини і з'єднавши їх дугами, навантаженими порожнім символом ε , з іншими вершинами графу так, щоб отримати зв'язаний орієнтований граф. Тому має місце наступне твердження.

Твердження 1. Будь який зв'язаний граф за допомогою правил виключення 1 ... 5 можна завжди звести до еквівалентного йому шляху.

Враховуючи твердження 1 подальші дослідження проведемо для шляхів зв'язаних графів.

Системи утворюючих підшляхів

Дослідити будову утворюючих шляхів ланцюжків мови $L(G)$ можна за допомогою підшляхів. Нехай l_1 і l_2 ланцюжки утворені шляхами P_1 і P_2 . Шлях P_1 є підшляхом шляху P_2 ($P_1 \preceq P_2$), якщо ланцюжок l_1 є підланцюжком ланцюжка l_2 , тобто $l_1 \subseteq l_2$.

На підшляхах можливо створити їх композиції, для цього введемо операції перетину, різниці та об'єднання шляхів.

Під перетином двох підшляхів P_1 і P_2 шляху P розуміється їх спільний підшлях $P_1 \cap P_2$, такий, що $l_1 \cap l_2 \neq \emptyset$ ($\cap$ – операція перетину ланцюжків); інакше їх перетин порожній.

За різницю двох підшляхів P_1 і P_2 , для яких $l_1 \cap l_2 \neq \emptyset$ приймемо такий шлях або шляхи $P_1 \multimap P_2$, що $l_1 - l_2$ (тут операція $(-)$ віднімання ланцюжків).

Операція об'єднання шляхів P_1 і P_2 є $P_1 \cup P_2$ така, що $l_1 \cup l_2$ і за якою отримаємо новий шлях P_3 , якщо:

- 1) $l_1 \subseteq l_2$, то $P_3 = P_2$ або $l_2 \subseteq l_1$, то $P_3 = P_1$;
- 2) один із підшляхів, наприклад, P_1 є петля (контур) такий, що його початкова вершина є заключною вершиною деякого кортежу другого шляху, тоді шлях P_3 є шлях P_2 , в який включено шлях P_1 ;

3) початкова вершина одного шляху є заключною вершиною другого шляху або деякого кортежу другого шляху, тоді шлях P_3 утворе-

ний другим шляхом (або його часткою) продовженням першим;

4) в деяких випадках результат об'єднання може давати підшлях P_3 при комбінації часткових ситуацій 1) ... 3).

В інших випадках їх об'єднання дасть два окремих шляхи або деякий граф. Так, наприклад, для шляху, позначки кортежів якого вибрані однаковими, з контуром і циклом $P = (e_{12}, e_{23}, e_{33}, e_{32}, e_{24}, e_{45})$ об'єднання його підшляхів (e_{12}, e_{23}, e_{33}) , (e_{32}, e_{24}) дає підшлях $P_3 = (e_{12}, e_{23}, e_{33}, e_{32}, e_{24})$ або граф з двома шляхами $P_1 = (e_{12}, e_{23}, e_{33})$ і $P_2 = (e_{12}, e_{23}, e_{32}, e_{24}) = (e_{12}, e_{22}, e_{24})$. Але подальше об'єднання шляхів P_1 і P_2 дає підшлях P_3 . Якщо ж розглянути об'єднання $(e_{12}, e_{23}, e_{33}, e_{32}) \cup P_2$, для якого частково виконуються випадки 1) – 3), тобто перекриття підшляхів, то знову отримаємо підшлях P_3 .

Нескладно бачити, що операція об'єднання підшляхів, наприклад, за пунктом 3) взагалі не комутативна і для перетину та об'єднання підшляхів шляху P справедлива така теорема.

Теорема 1. Непорожній перетин $\bigcap_{i \in I} P_i$ (об'єднання, за правилами пунктів 1) ... 4), $\left(\bigcup_{i \in I} P_i; P_k \cap P_j \neq \emptyset, P_k, P_j \in \{P_i\} \right)$ сукупності підшляхів шляху P утворює його підшлях.

Як нескладно перевірити, за теоремою 1 та за допомогою операцій об'єднання і перетину над усіма простими підшляхами шляху P можна утворити множину всіх підшляхів $\{P_i\}$ цього шляху.

Нехай $\{P_i\}$ деяка множина підшляхів шляху P , тоді дамо наступні визначення.

Визначення 1. Підшлях P_k шляху P на множині підшляхів $\{P_i\}$ є максимальним за включенням, якщо у цій множині можна вказати таку підмножину $\{P_j; j \in I\}$, що для її елементів має місце ланцюг за включенням $P_{j_1} \prec P_{j_2} \prec \dots \prec P_{j_m} = P_k$ і не існує серед елементів множини $\{P_i\}$ такого – P_s , що б $P_k \prec P_s$.

Зрозуміло, що максимальних за включенням підшляхів на множині $\{P_i\}$ може бути декілька.

Визначення 2. Сукупність S_P (не всіх порожніх) підшляхів P_j шляху P , таких, що $\{P_j; \bigcup_j P_j = P\}$ називається системою утворюючих підшляхів шляху P .

Систему S_P назовемо повною системою, якщо в ній немає зайвих підшляхів, які не впливають на відтворення шляху P , тобто при вилученні будь-якого підшляху з повної системи вона втрачає властивість утворюючої. Якщо система відтворюючих підшляхів шляху P складається з двох підшляхів P_1 і P_2 таких, що $P = P_1 \cup P_2$ або $P_2 \cup P_1 = P$ і $P_1 \cap P_2 = \emptyset$, то підшлях P_1 назовемо доповненням підшляху P_2 до шляху P і позначимо це так $P_1 \setminus P_2 \doteq P$. Очевидно, за теоремою 1, підшлях P_1 є доповненням підшляху P_2 до шляху P і в тому випадку, коли $P_2 = \bigcup_j P_j$, де P_j підшляхи шляху P такі, що $P_j \not\prec P_1$.

Лема 1. Із всякої утворюючої системи S_P можна виділити підшляхи P_1 і P_2 такі, що $P_1 \setminus P_2 \doteq P$ або побудувати їх на цій системі такими, що вони доповнюють один одного до шляху P .

Лема доводиться досить просто. Сформуємо на системі підшляхів S_P дві підмножини таким чином, щоб кожна з них містила в собі такі підшляхи, об'єднання яких утворювало б по одному результуючому шляхові P_1 і P_2 . Зрозуміло, що в результаті розбиття системи S_P на підмножини може статися, що одна або обидві підмножини мають тільки по одному елементу, які приймемо за відповідні шляхи P_1 і P_2 . Якщо тепер $P_1 \cap P_2 = \emptyset$, то лема доведена. У протилежному випадку на системі S_P за допомогою операцій $(\cup, \cap, \rightarrow)$ та над результатами цих операцій побудуємо повну множину $\{P_i^*\}$ простих підшляхів шляху P . Очевидно, що для будь-яких підшляхів $P_j^*, P_s^* \in \{P_i^*\}$ їх перетин $P_j^* \cap P_s^* = \emptyset$ і крім того $\bigcup_i P_i^* = P$. Тому, об'єднуючи всі прості підшляхи $\{P_i^*\}$ окрім одного у шлях P_2 , а той, що зостався позначивши через P_1 , отримаємо доповнення $P_1 \setminus P_2 \doteq P$.

Відношення $(\prec)$ є відношенням еквівалентності, тому результат наступної лема доводиться досить просто.

Лема 2. Нехай $P_1 \setminus P_2 \doteq P$, тоді множину всіх підшляхів $\{P_i\}$ шляху P можна упорядкувати за включенням розподіливши їх за трьома класами:

$$\begin{aligned} K_1 &= \{P_j; P_j \prec P_1\}, K_2 = \{P_j; P_j \prec P_2\}, \\ K_3 &= \{P_j; P_j \cap P_1 \in K_1, P_j \cap P_2 \in K_2\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Очевидно, об'єднання всіх підшляхів класів K_1 і K_2 визначають доповнені підшляхи P_1 і P_2 до шляху P .

Лема 1 і 2 є корисними для визначення будови систем утворюючих підшляхів S_P .

Теорема 2. На будь-якій системі відтворюючих підшляхів шляху P можна створити розбиття на підкласи класів K_1, K_2 і K_3 , причому підклас класу K_3 можливо буде порожнім.

Теорема 3. На будь-якій системі утворюючих підшляхів S_P можна побудувати нову систему S_P^* з максимальним за включенням підшляхом P_k .

За умовою теореми система S_P є утворюючою і за теоремою 2 на ній можна створити класи $K_j^* \subset K_j$, $j=1,2,3$. Тому беручи, наприклад, підклас K_1^* і за формулами (2) у цьому класі маємо максимальний за включенням підшлях $P_k = P_1$.

Критерій існування утворюючої системи

Перейдемо до конструктивного питання побудови повної системи утворюючих підшляхів деякого шляху та до пошуку алгоритмічних критеріїв за якими можна побудувати такі системи. Для розв'язку цього питання введемо у розгляд максимальний підшлях шляху P .

Визначення 3. Підшлях P_m назовемо максимальним до шляху P , якщо: $P_m \prec P$ і не існує такого підшляху $\bar{P} \prec P$, за для якого б мало місце власне включення $P_m \prec \bar{P}$.

Очевидно, шлях P_m буде максимальним до шляху P тоді і тільки тоді, коли серед усіх підшляхів $\{P_i\}$ шляху P існує такий простий підшлях P^* , що $P_m \cap P^* = \emptyset$ і $P_m \cup P^* = P$ або $P^* \cup P_m = P$. Тобто максимальний підшлях P_m є доповненням простого шляху P^* $P_m \setminus P^* \doteq P$. Зрозуміло, що максимальних шляхів до шляху P є багато, але кількість їх обмежена.

Позначимо через M_P множину всіх максимальних шляхів до шляху P . Звісно, що множина M_P є підмножиною множини всіх підшляхів $\{P_i\}$ шляху P .

Для наступного необхідно розглянути можливість розширення деякого підшляху шляху P до його максимального.

Лема 3. На будь якому підшляхові $P_1 \prec P$ можливо побудувати максимальний шлях $P_m \in M_P$ до шляху P .

За твердженням леми, для довільного підшляху $P_1 \in \{P_i\}$ шляху P у множині M_P існує такий підшлях P_m , що можливе тільки таке включення $P_1 \prec P_m$, бо в протилежному випадку $P_1 \succ P_m$ і підшлях P_1 не є власним підшляхом шляху P .

Припустимо, що для підшляху P_1 у множині M_P не існує підшляху $P_m \succ P_1$. Тоді враховуючи те, що $M_P \subset \{P_i\}$ серед скінченної множини $\{P_i\}$ всіх підшляхів шляху P знайдеться такий підшлях $P_{1,m}$, що $P_1 \prec P_{1,m}$ і для якого існує простий підшлях $P^* \in \{P_i\}$ такий, що $P^* \cup P_{1,m} = P$; звідси маємо протиріччя.

Процес розширення підшляху P_1 до максимального можна виконати приєднуючи до шляху P_1 такі прості підшляхи $P_j^* \in \{P_i\}$ і стільки разів, щоб отримати підшлях $P_{1,m} \in M_P$.

Тепер природно формулюється критерій за яким деяка множина підшляхів є утворюючою системою заданого шляху.

Теорема 4. Для того, щоб множина підшляхів $\{P_j\} \subset \{P_i; i \in I\}$ шляху P була утворюючою S_P необхідно і достатньо, щоб для будь якого підшляху $P_m \in M_P$ у множині $\{P_j\}$ знайшовся хоча б один підшлях P_k , для якого є деякий простий підшлях $P^* \in \{P_i\}$, що $P^* \prec P_k$ і $P^* \not\prec P_m$.

Для кожного максимального підшляху $P_m \in M_P$, за його визначенням, існує такий простий підшлях $P^* \in \{P_i\}$, що $P^* \preceq P \rightarrow P_m$. За необхідністю система підшляхів $S_P = \{P_j\}$ є утворюючою шляху P , тобто $\bigcup_j P_j = P$ тому в системі S_P існує хоча б один підшлях P_k , для якого має місце $P^* \prec P_k$.

Для доведення достатності розглянемо таку підмножину $\{P_j\} \subset \{P_i; i \in I\}$ шляху P , що для будь якого максимального підшляху $P_m \in M_P$ у цій підмножині існує хоча б один підшлях P_k ,

за для якого знайдеться простий шлях $P^* \prec P_k$ такий, що $P^* \not\prec P_m$. І доведемо, що підмножина $\{P_j\}$ є утворюючою системою S_P .

Підемо від протилежного, для цього припустимо, що підмножина $\{P_j\}$ не є утворюючою системою підшляхів S_P тобто $\bigcup_j P_j \neq P$. Тоді існує деякий простий шлях $P^* \prec P$ для якого немає жодного $P_k \in \{P_j\}$ такого, що $P^* \prec P_k$. Згідно з визначенням 3 для деякого $P_m \in M$ виконується $P^* \cup P_m = P$ і $P^* \not\prec P_m$. Тоді згідно умов теореми існує такий P_k що $P^* \prec P_k$. Маємо протиріччя. Отже припущення невірне і таким чином теорема доведена.

Алгоритм побудови утворюючих систем

Наведені вище результати дозволяють запропонувати алгоритм побудови повної системи утворюючих підшляхів будь якого шляху P :

1) побудувати множину максимальних підшляхів M_P шляху P ;

2) на простих підшляхах $P_k^* \prec P$ таких, що $P_k^* \not\prec P_{j,m} \in M_P$ побудувати підшляхи P_i , для яких хоча б один простий підшлях $P_k^* \prec P_i$ і утворити на них утворюючу систему $S_P = \{P_i\}$;

3) виділити у системі S_P або побудувати за допомогою операції $(\cup)$ два підшляхи P_1, P_2 такі, що $P_1 \setminus P_2 \doteq P$;

4) на системі S_P і підшляхах P_1, P_2 побудувати граф залежностей за включенням підшляхів P_i – структурний граф залежностей;

5) за структурним графом на підшляхах P_1, P_2 побудувати підкласи K_j^* класів K_j , $j = 1, 2, 3$;

6) в класах K_1^* і K_2^* виділити максимальні за включенням підшляхи;

7) на множині всіх максимальних за включенням підшляхів класів K_1^* і K_2^* утворити повну систему відтворюючих підшляхів шляху P .

Розглянемо застосування наведеного алгоритму побудови повної утворюючої системи підшляхів заданого шляху на такому прикладі.

Нехай на станах 1, 2, ..., 7 задано деякий технологічний процес, між станами якого (1, 2), (2, 3), (2, 4), (3, 2), (3, 3), (4, 5) виконуються відповідно операції a, b, c, d, a, s ; між станом (4,

4) послідовно виконуються операції u , v , а між станами (5, 6), (6, 7) і (7, 5) – операція e . І нехай, для визначеності, послідовність виконання операцій технологічного процесу визначена формулою:

$$P = (a_{12}, b_{23}, c_{33}, d_{32}, a_{24}, u_{44}, v_{44}, s_{45}, e_{56}, e_{67}, e_{75}).$$

Необхідно побудувати систему утворюючих підшляхів, за допомогою якої можна створити будь який технологічний процес на визначеному класі станів та операцій.

Очевидно, структура утворення ланцюжка шляхом P не зміниться, якщо його замінити еквівалентним шляхом, скориставшись правилом виключення контуру (4):

$$P = (a_{12}, b_{23}, c_{33}, d_{32}, a_{24}, u_{44}, v_{44}, s_{45}, e_{55}). \quad (3)$$

Легко з'ясувати, що множиною максимальних до шляху (3) підшляхів є

$$M_P = \{P \circ (a_{12}), P \circ (c_{33}), P \circ (u_{44}), P \circ (v_{44}), P \circ (e_{55})\}$$

тому простими доповненнями до них будуть:

$$(a_{12}), (c_{33}), (u_{44}), (v_{44}), (e_{55}) \quad (4)$$

Виходячи з цього, на простих підшляхах (4) побудуємо за наступним пунктом 2) алгоритму утворюючу систему:

$$\begin{aligned} S_P &= \{P_0 = (b_{23}, d_{32}, a_{24}, s_{45}, e_{55}), \\ P_3 &= (u_{44}, v_{44}, s_{45}), P_4 = (a_{12}, b_{23}, c_{33}, d_{32}), \\ P_5 &= (s_{45}, e_{55}), P_6 = (a_{12}, b_{23}, d_{32}, a_{24}), \\ P_8 &= (a_{12}, b_{23}, d_{32})\}. \end{aligned}$$

Серед підшляхів системи S_P немає таких підшляхів P_1 і P_2 , щоб $P_1 \setminus P_2 \doteq P$, тому побудуємо ці підшляхи на утворюючій системі як $P_1 = P_3 \cup P_5 = (u_{44}, v_{44}, s_{45}, e_{55})$ та $P_2 = P_4 \cup P_6 = (a_{12}, b_{23}, c_{33}, d_{32}, a_{24})$. Тепер для підшляхів системи S_P маємо можливість зобразити структурний граф (рис. 1) залежностей за включенням і підшляхи системи S_P розподілити по підкласах $K_1^* = \{P_3, P_5\}$, $K_2^* = \{P_4, P_6, P_8\}$ та $K_3^* = \{P_0\}$. Очевидно, максимальними за включеннями в класах K_1^* і K_2^* будуть підшляхи P_3, P_4, P_5, P_6 , тому вони породжують повну систему утворюючих підшляхів, за якою відтворюється шлях $P = P_4 \cup P_6 \cup P_3 \cup P_5$.

Побудована повна система відтворюючих підшляхів шляху P не єдина. Щоб довести це,

запропонуємо інший підхід до побудови повної системи утворюючих підшляхів, який продемонструємо для шляху (3) розглянутого прикладу. Для цього спочатку визначимо повний структурний граф підшляхів шляху P .

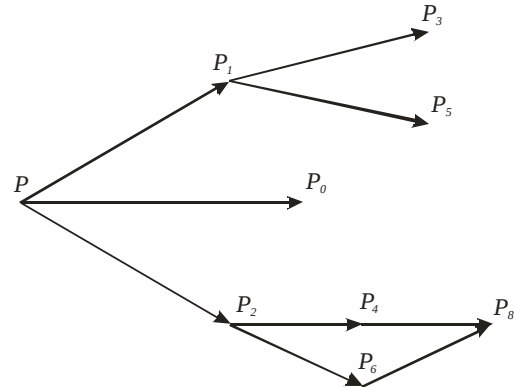


Рис. 1. Структурний граф залежностей підшляхів за включенням

Визначення 4. Граф назвемо повним структурним графом підшляхів шляху P , якщо він складається з максимальних підшляхів, за визначенням 3.

Фрагмент будови повного структурного графу шляху (3) наведено на рис. 2.

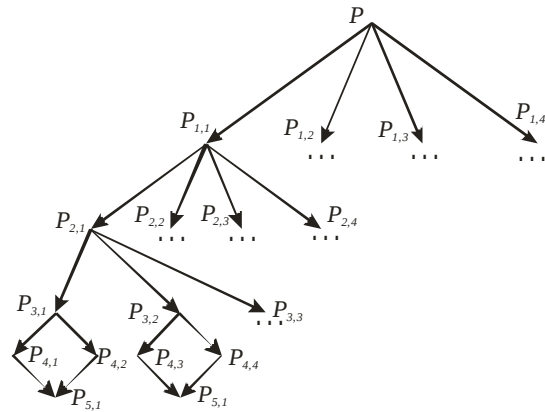


Рис. 2. Повний структурний граф залежностей підшляхів за включенням

де – для першого рівня $P_{1,1} = P \circ c_{33}$, $P_{1,2} = P \circ u_{44}$, $P_{1,3} = P \circ v_{44}$, $P_{1,4} = P \circ e_{55}$; для другого – $P_{2,1} = P_{1,1} \circ b_{23}$, $P_{2,2} = P_{1,1} \circ u_{44}$, $P_{2,3} = P_{1,1} \circ v_{44}$, $P_{2,4} = P_{1,1} \circ e_{55}, \dots$; для третього – $P_{3,1} = P_{2,1} \circ u_{44}$, $P_{3,2} = P_{2,1} \circ v_{44}$, $P_{3,3} = P_{2,1} \circ e_{55}, \dots$; для четвертого рівня підшляхів $P_{4,1} = P_{3,1} \circ v_{44}$, $P_{4,2} = P_{3,1} \circ e_{55}$, $P_{4,3} = P_{3,2} \circ e_{55}, \dots$; та п'ятого – $P_{5,1} = (a_{12}, a_{24}, s_{45})$.

Для створення повної системи утворюючих підшляхів шляху, за основні підшляхи (утво-

рюючий базис $P_{i,j}$) системи візьмемо кінцеві вершини повного структурного графу (в нашому випадку це тільки один шлях $P_{5,1}$ (див. рис. 2)) і додамо до них підшляхи $P \rightarrow P_{i,j}$. Отже, отримаємо нову повну систему утворюючих підшляхів шляху (3)

$$S_P^0 = \{P_{5,1}, P \rightarrow P_{5,1}\} = \{(a_{12}, a_{24}, s_{45}), (b_{23}, c_{33}, d_{32}), (u_{44}, v_{44}), (e_{55})\},$$

яка складається з лінійного підшляху, контуру та трьох петель.

Висновки

Застосування алгебраїчного підходу дозволило через введення формульного представлення графу і максимального за включенням підграфу цього графу, сформулювати і довести критерій існування системи утворюючих підграфів заданого графу.

Розроблено алгоритм розв'язання прямої задачі побудови утворюючої системи підграфів, за якою можна відтворити будь який технологічний граф заданого класу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Яблонский С. И., Гаврилов Г. П., Кудрявцев В. Б. Функции алгебры логики и классы Поста. – М.: Наука, 1966. – 120 с.
2. Глушков В. М., Цейтлин Г. Е., Ющенко Е. Л. Алгебра. Языки. Программирование. – К.: Наукова думка, 1978. – 320 с.
3. Мальцев А. И. Алгебраические системы. – М.: Наука, 1970. – 391 с.
4. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети и алгоритмы. – М.: Мир, – 1984 – 380 с.
5. Брауэр В. Введение в теорию конечных автоматов. – М.: Радио и связь, 1987. – 392 с.

Надійшла до редколегії 10.04.07.

ВЕКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПО ДВУМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Используя аналитическое представление конуса Парето, предложен алгоритм решения задачи векторной оптимизации.

Використовуючи аналітичне представлення конуса Парето, було запропоновано алгоритм вирішення задачі векторної оптимізації.

The algorithm of a problem multicriteria optimization decision is offered with using analytical representation Pareto cone.

В работе [1] Л. Эйлер указывал на то, что какую реальную задачу ни рассматривали рано или поздно приходим к задаче на максимум или минимум.

Математическая формулировка задач классической оптимизации представляет собой

$$f(x) \rightarrow \min$$

при условии

$$x \in X \subset E_n,$$

где E_n — n -мерное евклидово пространство.

Постановка задачи в таком виде весьма общая.

Различные предположения о функции $f(x)$ и области допустимых значений X , позволяют рассматривать вопросы существования решения и методов его определения [2].

Однако, реальные задачи инженерной практики и экономики выдвигают задачи, которые в классическую схему не укладываются.

Основной чертой таких задач является разумное (рациональное) использование ресурсов.

Насколько рационально используются ресурсы, как правило, оценивается по нескольким показателям $f_i(x)$, $i = \overline{1, k}$, каждый из которых желательно сделать как можно меньшим при заданных ресурсах X .

Формальная запись таких задач представляет собой

$$\begin{pmatrix} f_1(x) \\ f_2(x) \\ \dots \\ f_n(x) \end{pmatrix} \rightarrow \min$$

при условии $x \in X$.

Полезно от столь общей постановки только в том, что она позволяет делать задачи оптими-

зации обозримыми и сформулировать принятие решения.

Решение задач такого типа неоднозначно.

В математической литературе подобные задачи формулируются с использованием бинарных отношений [3,4].

Как критерий отбора вариантов для сформулированной задачи используется бинарное отношение Парето.

Изучению свойств такого рода задач посвящено множество литературы. Обратим внимание на работы [5-6], в которых представлен подробный обзор литературы о задачах векторной оптимизации, методах решения и изучению их свойств.

Обычно, методы векторной оптимизации сводятся к построению обобщенной целевой функции (АОФ) [7]. Наиболее широко распространенный способ построения функции АОФ в виде линейной (весовой) комбинации целевых функций. Существенным недостатком данного метода является определение весовых коэффициентов.

В работах [7-9] были получены необходимые условия для обобщенной функции цели (АОФ), с помощью которой определяется полная Парето поверхность, используя один из следующих методов.

Широкое распространение нашел метод NBI (Normally Boundary Intersection) описанный в работе [10]. Однако, данный метод захватывает также и точки не оптимальные по Парето, а также локальные точки, которые требуют процедуры фильтрации. Новый метод NC (Normal Constraint), предложенный в работах [11-12] гарантирует полное представление Парето границы, хотя также может захватить точки не оптимальные по Парето, но делает это менее вероятно, чем метод NBI.

В данной работе будет предложен новый подход к построению Парето границы для ре-

шения задачи векторной оптимизации, который близок к изложенному в работах А. Мессака (А. Messac). Для удобства геометрической интерпретации рассмотрим задачу векторной оптимизации по двум показателям $f_1(x)$ и $f_2(x)$, $x \in R_n$. Каждый из показателей желательно сделать как можно меньше, формальная запись этого желания представляет собой

$$\begin{pmatrix} f_1(x) \\ f_2(x) \end{pmatrix} \rightarrow \min,$$

а на значение x накладывается условие

$$x \in X \subseteq R_n.$$

Полагая

$$y_1(x) = f_1(x);$$

$$y_2(x) = f_2(x),$$

получаем возможность отобразить множество X в множество $Y \subseteq R_2$ и исходную задачу сформулировать в виде

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} \rightarrow \min \quad (1)$$

при условии $y \in Y$.

Напомним, что решением задачи (1) является множество Y_* , такое что все его точки не-сравнимы по Парето.

Пусть $y_* \in Y_*$, а K – конус, вершина которого находится в точке y_* , причем для любого $y \in K$ выполняется условие

$$\begin{cases} y_1 \leq u_1 \cdot t; \\ y_2 \leq u_2 \cdot t, \end{cases}$$

где u_1, u_2 – компоненты единичного вектора u , такого что

$$\begin{cases} y_{1*} = u_1 \cdot t; \\ y_{2*} = u_2 \cdot t, \end{cases}$$

тогда имеет место

$$K \cap Y = \{y_*\}. \quad (2)$$

Условие (2) является необходимым и достаточным, чтобы y_* принадлежало решению задачи (1).

Геометрическая интерпретация условия (2) дана на рис. 1.

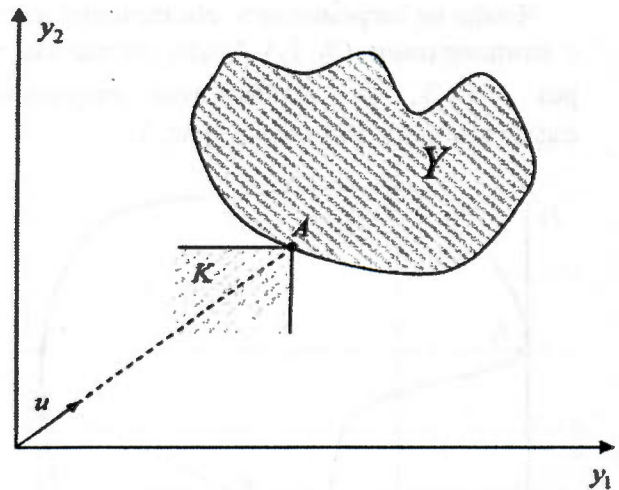


Рис. 1. Геометрическая интерпретация условия (2)

В дальнейшем будем предполагать, что множество Y задается следующим образом:

$$Y = \{y \in R_2 : h_i(y) \leq 0, i = \overline{1, k}\}$$

Пусть $y(1)$ является решением задачи

$$y_1 \rightarrow \min,$$

при условии $y \in Y$, а $y(2)$ при этом же условии является решением задачи

$$y_2 \rightarrow \min.$$

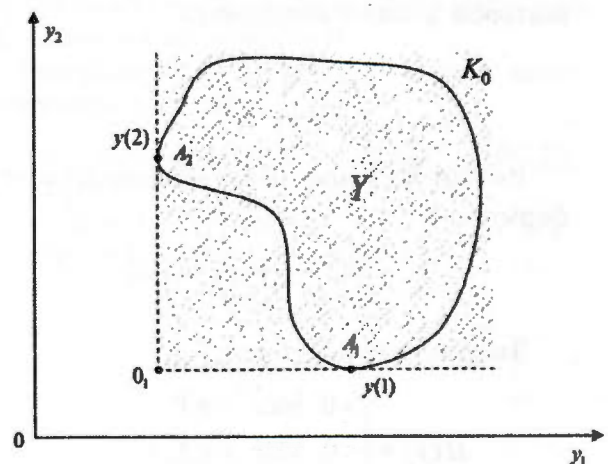


Рис. 2. Геометрическая интерпретация решения задач $y_1 \rightarrow \min$; $y_2 \rightarrow \min$

Далее перенесем начало координат в точку 0_1 , в качестве осей возьмем $0_1 A_1$ и $0_1 A_2$, и тогда область $Y \in K_0$ (см. рис. 2). В этой системе координат имеет место представление «старых» координат через «новые» $\tilde{y}_1$ и $\tilde{y}_2$

$$\begin{cases} y_1 = \tilde{y}_1 + y(1); \\ y_2 = \tilde{y}_2 + y(2). \end{cases} \quad (4)$$

Чтобы не загромождать обозначения вектор с компонентами $(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2)$ будем обозначать через (y_1, y_2) , что эквивалентно допущению, смысл которого очевиден из рис. 3.

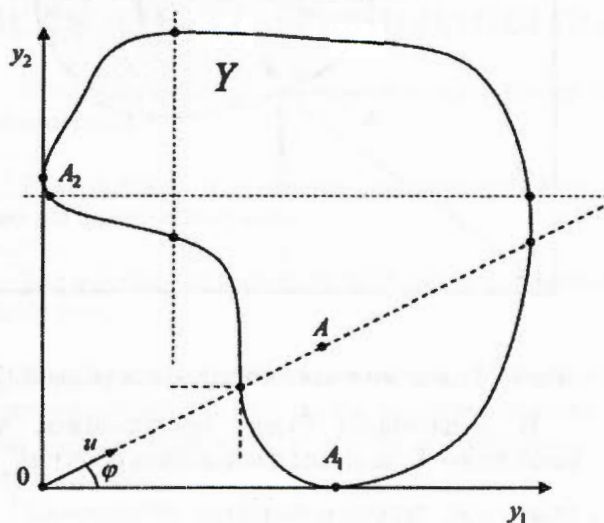


Рис. 3. Геометрическое представление области Y после преобразования (4)

Пусть вектор u имеет координаты

$$\begin{cases} u_1 = \cos \varphi, \\ u_2 = \sin \varphi, \end{cases} \quad 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2},$$

а точка A , лежащая на луче, порожаемым вектором u имеет координаты

$$\begin{cases} y_{1A} = u_1 \cdot t; \\ y_{2A} = u_2 \cdot t, \end{cases} \quad 0 \leq t.$$

Введем функцию $H(y)$, определяемую по формуле

$$H(y) = \max_{1 \leq i \leq k} \{h_i(y)\}. \quad (5)$$

Заметим, что имеет место

$$H(y) = \begin{cases} > 0, & \text{если } y \notin Y; \\ < 0, & \text{если } y \in Y; \\ = 0, & \text{если } y \in \partial Y. \end{cases}$$

Задав угол φ рассмотрим задачу

$$L = t \rightarrow \min \quad (A)$$

при условии

$$H(u \cdot t) = 0$$

Пусть t_* является решением задачи (A), тогда имеет место следующая теорема

Теорема. Если множество Y выпукло, то это достаточно, чтобы точка $y = u \cdot t_*$ принадлежала Y_* .

Доказательство. Рассмотрим функцию

$$U(y_1, y_2) = \max \left\{ \frac{y_1}{u_1}, \frac{y_2}{u_2} \right\},$$

тогда множество

$$U(y_1, y_2) \leq t_*$$

представляет собой конус K , вершина которого находится в точке $y_1^* = u_1 \cdot t_*$; $y_2^* = u_2 \cdot t_*$ (см. рис. 3), находящейся на границе множества Y , а пересечение этого конуса с выпуклым множеством Y будет указанная точка, тогда в силу условия (2) получаем доказательство теоремы.

Заметим, что задача (A) позволяет определять точку y_* и для невыпуклой области Y , если она удовлетворяет условию, накладываемому на область, которое обозначим как условие В.

Суть условия В поясним, используя рис. 3.

1. Любая вертикальная линия, имеющая пересечения с границей Y имеет точку, у которой вторая компонента (y_2) минимальна и не превосходит вторую компоненту точки A_2 .
2. Любая горизонтальная линия, имеющая пересечения с границей Y имеет точку, у которой первая компонента (y_1) минимальна и не превосходит первую компоненту точки A_1 .

Или в математических терминах:

Пусть $\min y_2$ — минимальная вторая компонента точек пересечения вертикальной прямой с границей области Y , а $\min y_1$ — минимальная первая компонента точек пересечения горизонтальной прямой с границей области Y , тогда условие В можно сформулировать в виде

$$(\min y_1, \min y_2) \notin Y, (\min y_1, \min y_2) \in K_0 \quad (B)$$

где конус K_0 содержит в себе область Y .

Линейная задача векторной оптимизации

Данная задача для двух показателей имеет вид

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} \rightarrow \min$$

при условии

$$Ay \leq b; y \geq 0.$$

Так как область Y в данной постановке представляет собой выпуклое множество, то может быть применена теорема, и приходим к задаче типа (A).

$$L = t \rightarrow \min$$

$$Au \cdot t - b \leq 0.$$

Так, например, когда ограничения представляют собой

$$y_1 + y_2 \geq 5;$$

$$y_1 + 3y_2 \geq 8;$$

$$6y_1 + y_2 \geq 14;$$

$$7y_1 + 4y_2 \leq 39,$$

и дополнив

$$\begin{aligned} 0 \leq y_1 \leq u_1 \cdot t; \\ 0 \leq y_2 \leq u_2 \cdot t, \end{aligned} \quad t \geq 0$$

при заданном векторе u приходим к обычной задаче линейного программирования.

Код программы для решения данной задачи в среде символьных вычислений Maple 7 будет следующим

```
>X:=array(1..1000, []);
>Y:= array(1..1000, []);
>k:=0;
>for x0 from 0.01 by 0.01 to 3.14/2 do
  k:=k+1;
  s:={y[1]+y[2]>=5,
    y[1]+3*y[2]>=8,
    6*y[1]+y[2]>=14,
    7*y[1]+4*y[2]<=39,
    y[1]<=cos(x0)*t,
    y[2]<=sin(x0)*t};
  L:=minimize(L, s, NONNEGATIVE);
  for z in A do
    if op(1,z)<>t then
      if op(1,op(1,z))=1 then
X[k]:=op(2,z)
      else Y[k]:=op(2,z):
      end if;
    end if;
  end do;
end do;
>plot([X[j], Y[j], j=1..k], style=point, thickness=3);
```

Результат работы этой программы представлен на рис. 4.

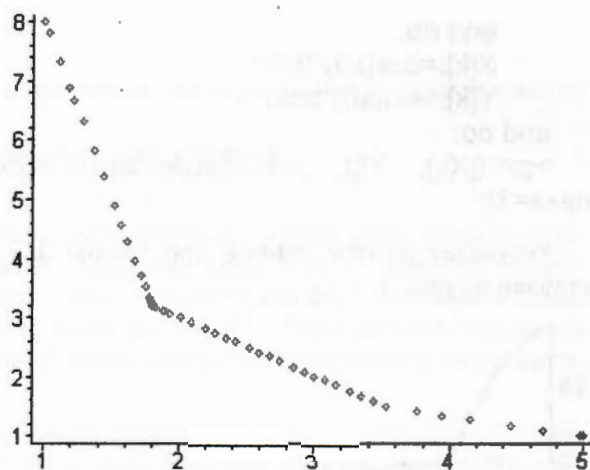


Рис. 4. Геометрическое представление работы программы решения задачи векторной оптимизации в линейной постановке

Как уже говорилось ранее, предложенный в данной работе метод построения Парето границы близок по подходу изложенному в работах А. Мессака (А. Messac). Так, например, в работе [11] сформулирована задача NBI, которая близка к задаче (A). основной идеей метода NBI является введение квази-нормального вектора n . В нашей задаче (A) введен вектор u , что позволяет строить конус K и пользоваться необходимым и достаточным условием (2).

В заключении приведем пример из работы [7], когда множество Y не является выпуклым, но удовлетворяет условию B.

Программа в среде Maple 7 решения данного примера имеет вид:

```
> X:=array(1..1000,[]);Y:=array(1..1000,[]);
> h[1]:=1-y[1]^2-y[2]^2/9;
> h[2]:=16-y[1]^4-y[2]^4;
> h[3]:=1-1/27*y[1]^3-y[2]^3;
  h1 := 1 - y1^2 - 1/9 y2^2
  h2 := 16 - y1^4 - y2^4
  h3 := 1 - 1/27 y1^3 - y2^3
> H:=max(h[1], h[2], h[3]);
> k:=0;
> for x0 from 0.1 by 0.01 to 1.47 do
  k:=k+1;
  Hmax:=-10;
  for t from 0.01 by 0.01 to 10 do
    y[1]:=cos(x0)*t;
    y[2]:=sin(x0)*t;
    if H<0 and H>Hmax then
      Hmax:=H;
      tmin:=t;
    end if;
```

```

end do:
X[k]:=cos(x0)*tmin:
Y[k]:=sin(x0)*tmin:
end do:
>plot([X[j], Y[j], j=1..k],style=line, thick-
ness=3);

```

Результат работы данной программы представлен на рис. 5

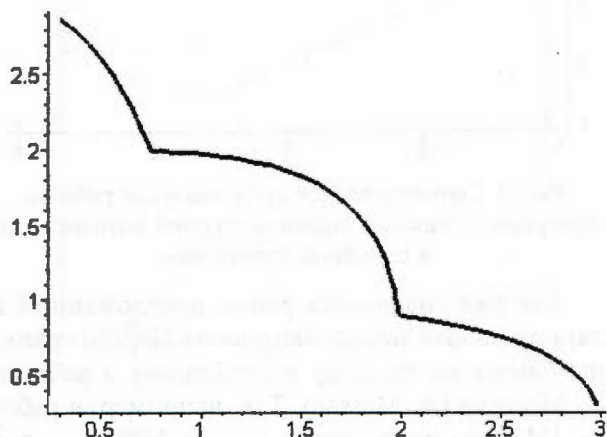


Рис. 5. Решение задачи векторной оптимизации из работы [7], с использованием задачи (A)

На основании изложенного можно сделать выводы:

- если множество Y удовлетворяет условию В, то определение множества Парето Y_* сводится к последовательности решения задач типа (A);
- если множество Y не удовлетворяет условию В, то решая последовательность задач (A), получим множество $\tilde{Y}$, которое содержит в себе Y_* .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эйлер Л. Об определении движения брошенных тел в несопротивляющейся среде методом максимумов и минимумов: Вариационные принципы механики, под ред. Л. С. Положа. – М.: Из-во физико-математической литературы, 1959. – С. 31-40.
2. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1980. – 518 с.
3. И. М. Макаров, Т. М. Виноградская, А. А. Рубчинский, В. Б. Соколов. Теория выбора и принятия решений. – М.: Наука, 1982. – 327 с.

4. Ногин В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. – М.: Физмат, 2002. – 144 с.
5. C. Mattson, A. Messac. Pareto Frontier Based Concept Selection Under Uncertainty, with Visualization. Springer – Special Issue on Multidisciplinary Design Optimization, Invited (refereed) Paper, OPTe: Optimization and Engineering, Vol. 6, No. 1, March 2005, pp. 85-115. http://www.rpi.edu/~messac/Publications/messac_opte_pareto_con_sel.pdf.
6. S. V. Utyuzhnikov, P. Fantini, M. D. Guenov. A Method for Generating Well-Distributed Pareto Set in Nonlinear Multiobjective Optimization. – 2005. – 28 p. <http://arxiv.org/abs/math/0512055>.
7. A. Messac, E. Melachrinoudis, C. Sukam. Aggregate Objective Functions and Pareto Frontiers: Required Relationships and Practical Implications. – Optimization and Engineering Journal, Kluwer Publishers, Vol. 1, Issue 2, June 2000, pp. 171-188. <http://www.rpi.edu/~messac/Publications/relationships.pdf>.
8. Messac, A., and Ismail-Yahaya, A., "Required Relationship between Objective Function and Pareto Frontier Orders: Practical Implications," AIAA Journal, Vol. 39, No. 11, 2001, pp. 2168-2174. <http://www.rpi.edu/~messac/Publications/j-22.pdf>.
9. Messac, A., Sundararaj, G. J., Tappeta, R. V., and Renaud, J. E., "Ability of Objective Functions to Generate Points on Non-Convex Pareto Frontiers," AIAA Journal, Vol. 38, No. 6, June 2000, pp. 1084-1091. <http://www.rpi.edu/~messac/Publications/pareto.pdf>.
10. Das, I and Dennis, J. E., "Normal-Boundary Intersection: A New Method for Generating the Pareto Surface in Nonlinear Multicriteria Optimization Problems", SIAM Journal of Optimization, Vol. 8, No. 3, 1998, pp. 631-657. <http://www.caam.rice.edu/~indra/Papers/NBIforSIOPT.ps>.
11. Messac, A. and Mattson, C. A., "Normal Constraint Method with Guarantee of Even Representation of Complete Pareto Frontier," AIAA J., Vol. 42, No. 10, Oct. 2004, pp. 2101-2111. <http://www.rpi.edu/~messac/Publications/messac-nc-guarantee-aiaaj.pdf>.
12. Messac, A., Ismail-Yahaya, A., and Mattson, C.A., "The Normalized Normal Constraint Method for Generating the Pareto Frontier," Structural and Multidisciplinary Optimization, Vol. 25, No. 2, 2003, pp. 86-98. http://www.rpi.edu/~messac/Publications/messac_NNC-str_2002.pdf.

Поступила в редколлегию 31.05.2007.

МОДЕЛЬ КОМПЬЮТЕРНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

У статті описується модель комп'ютерного контролю знань, розглядаються основні стадії процесу контролю знань і показується робота представленої моделі в процесі контролю знань. У статті наведена концепція навчання та контролю знань об'єкту навчання при використанні різноманітних форм тестових завдань, запропонована модифікована система навчання й оцінювання знань для кожної з форм тестових завдань та відображені переваги використання запропонованих методів. У статті наводиться комп'ютерна система контролю знань з використанням описаної моделі.

В статье описывается модель компьютерного контроля знаний, рассматриваются основные стадии процесса контроля знаний и показывается работа представленной модели в процессе контроля знаний. В статье приведена концепция обучения и контроля знаний испытуемого при использовании различных форм тестовых заданий. Предлагается модифицированная система обучения и оценивания знаний для каждой из форм тестовых заданий. Показаны преимущества использования предложенных методов. В статье приводится компьютерная система контроля знаний с использованием описанной модели.

In work the description of the computer model of the knowledge control is shown. The basic stages of the knowledge control process are considered and work of the given model is shown during the knowledge control. In this article the concept of training and knowledge control testee over use of various test items forms and a technique of optimal test length from an investigated material volume are described. The modified marking and trained knowledge system for each test items form is offered. Advantages of the application of these methods are shown. The computer system of the knowledge control with using the described model is offered.

Введение

В настоящее время в процесс обучения широко внедряются информационные технологии, в частности, такие как автоматизированные обучающие системы (АОС). Под АОС будем понимать организованный на базе ЭВМ комплекс программного и учебно-методического обеспечения, предназначенный для поддержки процесса обучения и предоставляющий пользователю-непрограммисту возможность настройки на произвольную предметную область и произвольную методику преподавания.

Одной из задач, возникающих при создании АОС, является контроль знаний обучаемого. Он обеспечивает обратную связь с обучаемым и предназначен в первую очередь для определения уровня его знаний с целью организации адаптивного управления обучением.

В настоящее время существует большое количество систем контроля знаний (СКЗ), как выполненных в виде отдельных программных продуктов (например, ITEMAN, RASCAL, RSP, The Examiner testing system, FastTEST professional, C-Quest, CONTEST, ГРАММАТЕЙ-КЛАСС, ПОЛСТАР, «Контроль знаний», «Экзаменатор», «Аттестация»), так и встроенных в обучающие системы.

Для разработки качественного теста и для проверки уровня знаний по предмету рекомендуется использовать тестовые задания различ-

ных форм [3,4,5]. Разнообразие форм тестовых заданий позволяет минимизировать вероятность угадывания ответов и охватить различные виды знаний и умений обучаемого.

Существуют следующие формы тестовых заданий:

1) тестовые задания закрытой формы – задания с предложенными вариантами ответов, из которых выбирают один (или несколько) правильный. Закрытые задания делятся на многоальтернативные и одноальтернативные. Эта форма тестовых заданий является распространенной, так как требует меньше времени как для выполнения, так и для их разработки по сравнению с тестовыми заданиями других форм.

Одноальтернативные тестовые задания представляют собой задания, содержащие 3–5 вариантов ответа, один из которых правильный. Многоальтернативные задания представляют собой задания, содержащие 5–8 вариантов ответа, два и более из которых правильные. Тестовые задания закрытой формы часто считают наиболее легкими, но на самом деле при необходимости их всегда можно усложнить, используя, так называемые, «ловушки», или увеличить количество правильных ответов в заданиях. «Ловушка» – это вариант ответа, очень похожий на правильный по какому-либо отдельному признаку, который предлагается вместе с действительно правильным ответом, внешне воспринимаемым менее привлекательно с точки зрения поверхностных или неполных знаний;

2) тестовые задания открытой формы – задания со свободно конструируемыми ответами. Задания открытого типа предусматривают введение ответов обучаемым. Эти тестовые задания не предусматривают вариантов ответа. Обучаемый выполняет открытые задания по собственному представлению, так как по содержанию они представляют собой утверждение с неизвестной переменной. Тестовые задания закрытой формы являются самыми трудными, так как они требуют самостоятельного воспроизведения ответа без какой-либо подсказки в виде вариантов для выбора. Однако, с их помощью можно проверить лишь знание команд, терминологии, фактов. Умение самостоятельно применять усвоенное в новых ситуациях, глубину понимания материала оценить при помощи этой формы тестовых заданий невозможно.

Одним из видов открытых тестовых заданий являются многошаговые. Многошаговое тестовое задание состоит из вопросов, решаемых последовательно, когда переход к следующему шагу задания осуществляется только после правильного ответа на предыдущий шаг. Это дает возможность обучаемому анализировать не только задание в целом, но и разбираться в каждой составляющей задания. Благодаря этому обучаемый сразу может увидеть, где им допущена ошибка и в дальнейших шагах получить правильные исходные данные, то есть ошибки в заданиях не будут накапливаться;

3) тестовое задание на установление соответствия между элементами задания. Задания данной формы представляют собой два (или более) множества понятий, названий команд, характеристик, графических изображений, цифровых или буквенных обозначений, которые заданы в форме двух (или более) столбцов. Тестируемый должен установить содержательное соответствие между их элементами и выразить его в ответе с помощью установления соответствия между кодами элементов из разных столбцов.

4) тестовые задания на установление правильной последовательности выполняемых действий. Задания на установление правильной последовательности используют, как правило, в виде модели действий. В этих заданиях от тестируемого требуется определить правильную последовательность каких-либо команд, действий, событий, этапов, которые предлагаются в задании. Эти тестовые задания обладают большим обучающим потенциалом, чем закрытые тестовые задания.

Анализ существующих СКЗ выявил ряд недостатков. Основным недостатком является ограниченное количество типов заданий. Не во всех системах реализованы даже основные формы тестовых заданий.

1. Модель компьютерного контроля знаний

Предлагается модель компьютерного контроля знаний, учитывающая выявленные недостатки СКЗ (рис. 1).

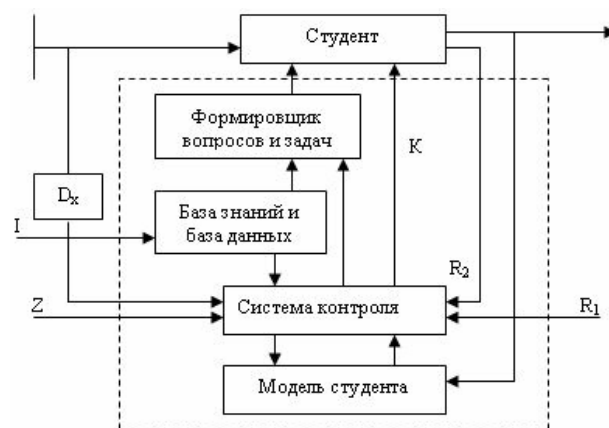


Рис. 1. Модель компьютерного контроля знаний

Блок «Система контроля» выполняет следующие функции:

- анализ деятельности студента (проверка правильности его ответов и выполняемых действий);
- управление процессом контроля знаний на основе выбранного метода;
- определение результатов контроля, которое обычно сводится к выставлению оценки студенту.

База знаний (БЗ) содержит методы и/или модели процесса контроля, а также совокупность знаний предметной области. База данных (БД) включает наборы вопросов и задач, предназначенных для проверки знаний студента и/или данные для формирования заданий. Контрольные задания могут также генерироваться автоматически на основе БЗ.

Модель студента включает разнообразную информацию о студенте: предыстория обучения; результаты текущей работы (тип выполненных заданий, время выполнения заданий, число обращений за помощью и т.д.); общий уровень подготовленности и другие.

Формировщик вопросов и задач используется для формирования и выдачи студенту очередного задания (вопроса или задачи). Контроль знаний осуществляется следующим образом: студент выполняет предложенное задание,

и результат его работы помещается в модель студента. Блок «Система контроля» на основе анализа ответа студента, целей контроля Z и используемого метода проведения контроля, учитывая внешние ресурсы R_1 (например, возможности системы контроля) и внутренние ресурсы студента R_2 (например, время контроля), а также состояние среды D_x , определяет параметры задания, которое должно быть предложено студенту. Формировщик вопросов и задач, получив от «Системы контроля» данные о параметрах следующего задания, выбирает из БД и/или БЗ необходимую информацию I , формирует текст задания и выдает его студенту. В простейшем случае работа этого блока сводится к выбору нужного вопроса или задачи из базы данных. В модели предусмотрена обратная связь K , которая состоит в выдаче комментария на ответ студента.

2. Система контроля заданий

Процесс контроля знаний состоит из трех этапов:

- формирование вопросов для контроля знаний на основе контрольных заданий, хранящихся в БД;
- выдача вопросов студенту и получение его ответа, возможно, с обратной связью;
- выставление оценки за контроль.

Первые два этапа относятся к организации процесса компьютерного контроля и обычно объединяются.

Для разработки качественного теста и для проверки уровня знаний по предмету рекомендуется использовать тестовые задания различных форм [1-3]. Для того, чтобы объективно оценить знания по тестовым заданиям разных форм предлагается использовать для каждой из них свою методику расчета оценки. Для оценивания одноальтернативного тестового задания достаточно применение известной и широко используемой дихотомической шкалы оценивания, где 1 соответствует правильному ответу, 0 – неправильному. При оценивании многоальтернативных заданий этой шкалы недостаточно, т.к. обучаемый может дать неполный ответ, либо один из выбранных вариантов ответа будет неточен. Такие ответы нельзя оценивать также, как и вопросы, в которых был выбран полностью неправильный ответ.

2.1. Оценивание ответов на многоальтернативное тестовое задание. Для корректировки оценки многоальтернативного тестового задания рассмотрим модифицированную систему оценивания. В случае многоальтернативного

тестового задания необходимо учитывать не только правильность ответа на задание в целом, но и процент выбора правильных вариантов ответа. Введем формулу, связывающую множество всех правильных вариантов ответа на задание, количество правильных ответов, выбранных обучаемым и количество неправильных ответов, выбранных обучаемым.

Расчет оценки за выполнение многоальтернативного тестового задания выполняется по формуле (1) [4]:

$$r_i = \frac{Q_2 \cdot B}{(Q_1 + Q_3) \cdot N}, \quad (1)$$

где r_i – оценка i -го задания теста, Q_1 – множество всех правильных вариантов ответа в задании, Q_2 – количество правильных вариантов ответа, выбранных обучаемым, Q_3 – количество неправильных вариантов ответа, выбранных обучаемым, B – шкала оценивания.

2.2. Оценивание ответов на многоальтернативное тестовое задание, заданного уровня сложности. Одним из рекомендуемых правил для построения тестов является следующее: «Вопросы, включенные в тест, могут быть разного уровня сложности». Однако при оценивании таких вопросов формулы (1) недостаточно. Для оценивания многоальтернативных тестовых заданий с разными уровнями сложности введем коэффициент трудности z_i i -го задания.

Расчет результата выполнения i -го тестового задания с заданным уровнем сложности выполняется по формуле (2).

$$r_{z_i} = \frac{Q_{2_i} \cdot B \cdot z_i}{(Q_{1_i} + Q_{3_i}) \cdot Z \cdot N}, \quad (2)$$

где r_{z_i} – оценка i -го задания теста, содержащего Z уровней сложности.

2.3. Оценивание ответов на задания на установление соответствия. При ответе на задание на установление соответствия каждую пару ответов можно рассматривать как отдельный вариант ответа и при выставлении результата выполнения задания следует учитывать сколько пар было выбрано верно. Следовательно, функциональная зависимость для определения результата выполнения задания на установление соответствия выглядит следующим образом (3).

$$r_i = \frac{Q_2 \cdot B}{Q_1 \cdot N}, \quad (3)$$

где Q_1 – количество пар для сопоставления; Q_2 – количество верно составленных пар.

В случае использования в тесте тестовых заданий с разными уровнями сложности, расчет результата выполнения i -го тестового задания с заданным уровнем сложности выполняется по формуле (4).

$$r_{z_i} = \frac{Q_2 \cdot B \cdot z_i}{Q_1 \cdot N \cdot Z}, \quad (4)$$

2.4. Оценивание ответов на задания на установление правильной последовательности. При оценивании заданий на установление правильной последовательности возможен только один заведомо правильный ответ. Следовательно, для оценивания данной формы тестовых заданий, как и для одноальтернативных, достаточно использовать дихотомическую шкалу оценивания, скорректировав результат r_i на коэффициент B/N . Следовательно, результат выполнения такого задания определяется по формуле (5).

$$r_i = \frac{r_D \cdot B}{N}, \quad (5)$$

где r_D – результат выполнения тестовых заданий, оцененный по дихотомической шкале оценивания.

В случае использования в тесте тестовых заданий с разными уровнями сложности, расчет результата выполнения i -го тестового задания с заданным уровнем сложности выполняется по формуле (6).

$$r_{z_i} = \frac{r_D \cdot B \cdot z_i}{N \cdot Z}, \quad (6)$$

2.5. Оценивание ответов на задания на вычисление арифметических выражений

Для ответа на задание, результатом которого является арифметическое выражение определяется эталон E (правильное значение) и допустимая погрешность ε . Использование погрешности заключается в том, что если ответ A находится в ε -окрестности эталона E , то ответ считается правильным, иначе ответ неверен (7).

$$(E - \varepsilon) \leq A \leq (E + \varepsilon), \quad (7)$$

Числовые ответы могут с успехом использоваться в тестировании не только по техническим дисциплинам, но и по гуманитарным. В тех случаях, когда требуется получить точный ответ, погрешность может быть нулевой. Ненулевая погрешность позволяет учитывать ситуации, когда даты исторических событий определены неточно.

Точная дата рождения великого инквизитора Томаса Торквемады неизвестна. Считается, что он родился около 1420 года. Таким образом, в соответствии с эталоном ответы 1419, 1420, 1421 будут признаны правильными. Подобная форма записи ответа несравненно лучше, чем выбор из нескольких вариантов или перечисление нескольких эталонов ответа в явном виде.

Для решения подобных задач еще в 1966 году Ж. Питра и независимо от него Дж. Робинсоном был разработан алгоритм унификации [6]. Этот алгоритм позволяет формальным методом определить идентичность любых двух выражений.

2.6. Оценивание ответов на задания со свободно конструируемыми ответами. Использование ответов, вводимых в свободной тестовой форме, является самой естественной и наиболее сложной задачей при организации системы контроля знаний обучаемых. Анализ текста предполагает использование лингвистических процессоров, выполняющих синтаксический, лексический и семантический анализ текста. Но такие программы на современном уровне развития знаний о языке могут быть ориентированы только на конкретную предметную область. Поэтому, если говорится об оболочках автоматизированных обучающих системах либо про проверку заданий людьми, не являющимися специалистами в данной предметной области, то здесь приходится пользоваться более простыми, но формализованными вариантами. При задании эталона текстового ответа преподавателю предлагается указать ключевые слова, которые должны присутствовать в ответе обучаемого, и слова, которых там быть не должно. На основании этой информации производится анализ ответа обучаемого и определяется его правильность.

Таким образом, часть работы по анализу текста ответа – разбиение его на словосочетания – выполняется преподавателем, составляющим тест. Ответ представляется набором элементов, каждый из которых может быть словом или словосочетанием. Если рассмотреть этот набор как двухуровневую структуру (например, список множеств) и использовать предложенный метод сравнения, то получаем формальную процедуру определения правильности текстового ответа, которая по своим характеристикам не уступает предлагаемой процедуре.

Другой способ организации работы с текстовыми ответами – шаблоны. Под шаблоном понимается некоторый тест, содержащий произвольное количество тестовых заданий. Во-

просы в заданиях определяют, какая информация должна быть введена в данное поле. Обучаемый может ответить не на все вопросы, но при этом его оценка, естественно, уменьшится. Для того чтобы избежать ввода слов, неизвестных системе, целесообразно предоставить обучаемому словарь, содержащий все слова, входящие в эталонные ответы для данного теста (или группы тестов).

2.7. Оценивание ответов на задания на заполнение таблиц. Одной из форм открытых тестовых заданий является заполнение таблиц. Каждая ячейка таблицы является отдельным вариантом ответа и, если одна из ячеек заполнена неправильно, такой ответ нельзя засчитывать как полностью неправильный (введение одного неверного значения в ячейку может быть лишь механическая ошибка, и поэтому оно должно не полностью обнулить результат выполнения работы, а лишь снизить результат выполнения задания). Для оценивания заданий на заполнения таблиц рекомендуется использовать показательную функциональную зависимость, представленную формулой (8).

$$r_i = \frac{\frac{Q_2}{(2^{Q_1} - 1) \cdot B}}{N}, \quad (8)$$

где Q_1 – количество ячеек, которые предлагается заполнить тестируемому; Q_2 – количество ячеек, которое тестируемый заполнил правильно.

Таким образом, следует отметить, что при оценивании выполнения задания на заполнение таблиц получается не прямолинейная зависимость, а показательная, что повышает качество оценивания знаний.

В случае использования в тесте тестовых заданий с разными уровнями сложности, расчет результата выполнения i -го тестового задания с заданным уровнем сложности выполняется по формуле (9).

$$r_{z_i} = \frac{\frac{Q_2}{(2^{Q_1} - 1) \cdot B \cdot z_i}}{N \cdot Z}, \quad (9)$$

2.8. Многошаговые тестовые задания. Многошаговое задание считается пройденным, если на любом его шаге получен правильный ответ. Для объективного оценивания ответа и глубины знаний обучаемого используется счетчик допускаемых ошибок, количество которых учитывается при выставлении оценки. Однако, встает вопрос об оценивании таких вопросов. Для них простая дихотомическая шкала не подходит. Рекомендуемая формула для вычисления

результата многошагового тестового задания имеет вид:

$$R_M = \frac{B}{N \cdot n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{m_i + 1}, \quad (10)$$

где R_M – результат выполнения многошагового тестового задания, i – номер шага, m_i – количество ошибок, допущенных на i -том шаге, n – количество шагов.

Формула (10) справедлива для многошаговых тестовых заданий, в которых на каждом шаге используются одноальтернативные задания или задания на установление правильной последовательности. В случае использования на каком-либо из шагов тестового задания на соответствие или многоальтернативного тестового задания целесообразно использовать формулы (11) и (12) соответственно.

$$R_M = \frac{B}{N \cdot n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} \frac{Q_{1_{ij}}}{Q_{2_{ij}}} \right) \quad (11)$$

где j – номер попытки прохождения шага, если на нем была допущена ошибка; $Q_{2_{ij}}$ – количество пар для составления на i -том шаге при j -той попытке; $Q_{1_{ij}}$ – количество верно составленных пар на i -том шаге при j -той попытке.

$$R_M = \frac{B}{N \cdot n} \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot Q_{2_i}}{\sum_{j=1}^{m_i} (Q_{1_{ij}} + Q_{3_{ij}})}, \quad (12)$$

где $Q_{1_{ij}}$ – количество правильных вариантов ответов i -том на шаге при j -ой попытке; Q_{2_i} – количество правильных ответов, выбранных тестируемым на i -том шаге; $Q_{3_{ij}}$ – количество неправильных ответов, выбранных тестируемым на i -том шаге при j -ой попытке; j – номер попытки прохождения шага, если на нем была допущена ошибка.

В случае использования в тесте многошаговых тестовых заданий с разными уровнями сложности, расчет результата выполнения i -го тестового задания с заданным уровнем сложности выполняется по следующим формулам.

1. (13) – для оценивания заданий, на каждом из уровней которого используются одноальтернативные тестовые задания.

$$r_{z_i} = \frac{B \cdot z_i}{N \cdot n \cdot Z} \sum_{i=1}^n \frac{1}{m_i + 1}. \quad (13)$$

2. (14) – для оценивания заданий, на каждом из уровней которого используются задания на установление соответствия.

$$r_{z_i} = \frac{B \cdot z_i}{N \cdot n \cdot Z} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} \frac{Q_{1_{ij}}}{Q_{2_{ij}}} \right) . \quad (14)$$

3. (15) – для оценивания заданий, на каждом из уровней которого используются многоальтернативные тестовые задания.

$$r_{z_i} = \frac{B \cdot z_i}{N \cdot n \cdot Z} \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot Q_{2_i}}{\sum_{j=1}^{m_i} (Q_{1_{ij}} + Q_{3_{ij}})} . \quad (15)$$

Общая оценка R_z за выполнение теста, содержащего тестовые задания с разными уровнями сложности, вычисляется по формуле (16).

$$R_z = \frac{\sum_i r_{z_i}}{\sum_i z_i} , \quad (16)$$

где $i = 1 \dots N$.

Выводы

Система компьютерного контроля знаний, построенная на основе описанной в статье модели компьютерного контроля знаний и использующая разработанные авторами методы представления и анализа ответов, в настоящее время сертифицирована [7; 8] и успешно применяется в Харьковском национальном университете радиоэлектроники и Харьковском торговко-экономическом институте КНТЕУ для тестирования студентов по различным дисциплинам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колисник М. Методическое обеспечение работы на успех. Зарубежная практика преподавания дисциплин // Аналитический журнал по менеджменту СИНЕРГИЯ. – 2003. – № 2(6) – С. 48–53.
2. Комплекс нормативных документов для разработки составляющих системы стандартов высшего образования. – К.: 1998.
3. Образовательный стандарт высшей школы: сегодня и завтра / Под ред. д.п.н. Байденко, д.т.н. Селезневой. – М.: 2001.
4. Белоус Н. В., Куцевич И. В. Автоматизированная система оценивания тестовых заданий разных форм // Вестник ХГТУ. – 2006. – № 1(24) – С. 422–426.
5. Белоус Н. В., Войтович И. В. Концепция непрерывного обучения на основе трехуровневой модели контроля и получения знаний // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2004. – № 4(10) – С. 63–67.
6. Воронин А. Т. Интеллектуальная инструментальная система для WINDOWS / А. Т. Воронин, Ю. А. Чернышев // ИТНО'95. Тезисы докладов конференции. Секция В. // <http://petrsu.karelia.ru/psu/General/Conference/s/Data/19950605>.
7. Белоус Н. В., Войтович И. В. Программный комплекс для проведения компьютерного и интерактивного обучения и тестирования знаний «КОДЭКС УМА» (Контролирующая Обучающая Дидактическая Экспериментальная Система, Учитывающая Мозговую Атаку // Свидетельство про регистрацию авторского права № 14030, Государственный департамент интеллектуальной собственности, 02.09.2005.
8. Белоус Н. В. Компьютерный практикум по курсу «Обнови дискретной математики» («ПОДМОГА» – Понимание Основ Дискретной Математики, Описанных Главными Аспектами) // Свидетельство про регистрацию авторского права № 14031, Государственный департамент интеллектуальной собственности, 02.09.2005.

Надійшла до редколегії 10.04.07.

К ВОПРОСУ

О СУЩЕСТВОВАНИИ НЕЧЁТНЫХ СОВЕРШЕННЫХ ЧИСЕЛ

У роботі приводиться коротка історична довідка розвитку знань про «довершені числа» і обґрунтована неможливість існування нечетных «довершеных чисел».

В работе приводится краткая историческая справка развития знаний о «совершенных числах» и обоснована невозможность существования нечётных «совершенных чисел».

A short historical certificate over of development of knowledges is in-process brought about the «accomplished numbers» and impossibility of existence of the odd «accomplished numbers is grounded».

С незапамятных времён, когда человек понял совершенство «конечного творения божьего», он начал искать, и научился находить, «совершенные» объекты в окружающей его природе и, конечно же, в понятиях своего разума. Само собой разумеется, что в древности некоторым числам придавалось магическое значение, в том числе и обладающим некоторой «симметрией». Например, число 6 загадочным образом равно сумме его делителей $1 + 2 + 3 = 6$. Предание «Ветхого завета» тоже отдаёт дань этому числу в качестве срока сотворения мира. Великий Евклид первым нашёл формулу для исчисления совершенных чисел, в основе которой число 2:

$$M = 2^{p-1} (2^p - 1), \quad (1)$$

при условии, что второй сомножитель в (1) простое число. Во втором веке Никомах из Герасы сообщает уже о 4-х совершенных числах. Последнее из них ($p = 6$) 8128. Пополнение списка совершенных чисел «столь же редких, как и совершенные люди» (Декарт), не только связано с именами великих математиков нашей цивилизации, но и вполне характеризует его прогресс в вычислительной технике. Только в 15-ом веке нашли пятое совершенное число, равное 33 550 336, а трудность состояла лишь в проверке того, является ли второй сомножитель в (1) простым числом. ($p = 13$). Наконец, в 17-ом веке М. Мерсенн, математик – любитель, как и П. Ферма, сообщил, что громадные числа ($p = 17, 19, 31, 67, 127, 267$) совершенны... Мало того, что в то время проверить это было невозможно, так ещё за столетие до М. Мерсенна, итальянец Котальди утверждал, что совершенны шестое и седьмое по счёту числа ($p = 17, 18$). Только последующее открытие ве-

ликого русского математика Эйлера позволило упростить проверку столь больших чисел на предмет простоты.

История математики сохранила память о подвиге русского сельского священника из Перми Ивана Михеевича Первушина, сумевшего в 1883-ем году поистине самоотверженным трудом найти девятое ($p = 61$) совершенное число. Уже к 1914 году оказалось известным совершенное число № 14.

Только в 1932 году в предсказании М. Мерсенна нашли две ошибки... С 1952-го года началась «электронно-вычислительная эпопея» в погоне за всё большими и большими совершенными числами, продолжающаяся и по сей день... Давным - давно преодолён «3000-й рубеж» р.

По словам известного специалиста в теории чисел Э. Ландау остаются нерешёнными проблема конечно ли число совершенных чисел и «существует ли хотя бы одно из них нечётное...».

В современных публикациях о совершенных числах проблема «существования» мало помалу уступила место констатации грустного факта, «пока не удаётся доказать невозможности нечётных совершенных чисел», поэтому мы предлагаем читателям приемлемое, на наш взгляд, решение проблемы.

Итак, обозначим упорядоченную последовательность делителей совершенного числа:

$$X_n = (x_1; x_2; x_3 \dots x_i \dots x_n) \quad (2)$$

начинающуюся с 1 и оканчивающуюся самим совершенным числом. Мы нарушили традицию, включив в число делителей само совершенное число (что принципиально верно), только ради симметрии, ибо число членов ряда (2) теперь всегда чётно. Так что «специфич-

ность» проблемы сохраняется при неполном суммировании:

$$X_n = \sum_i^{n-1} X_i. \quad (3)$$

Самое время заметить, что почти половина членов ряда (2) попарно зависимы (сопряжены), поэтому «урезанную» часть в сумме (3) необходимо заменить независимыми слагаемыми, а последнее уравнение записать в виде:

$$1 + \sum_2^{n/2} x_i + X_n \sum_2^{n/2} 1/x_i = X_n. \quad (4)$$

По понятной причине нас интересует делитель с индексом 2, так что:

$$X_n = \left(x_2 + x_2^2 + x_2 \sum_3^{n/2} x_i \right) / \left(x_2 - 1 - x_2 \sum_3^{n/2} 1/x_i \right). \quad (5)$$

Поскольку «урезанная» половина делителей состоит (для совершенных чисел, больших 6) из делителей больших, нежели делители половины первой, знаменатель дроби (5) должен быть менее единицы, это возможно лишь при $X = 2$.

И сумма дробей знаменателя (5) для совершенных чисел, больших 6, заведомо менее 1.

Тем самым существование нечётных совершенных чисел исключено.

Следует заметить об одной особенности вопроса, состоящей в некой изначальной непоследовательности самих рассуждений о «совершенных» числах. Речь идёт об «урезанной» половине.

Исключив из состава делителей само «совершенное число», но удерживая единицу – число с этим исключённым делителем сопряжённое, сопряжённое в той же мере, как сопряжены попарно делители прочие, приверженцы магических явлений исказили строгую постановку задачи, требующую симметричного подхода. А получение кратной суммы сомножителей делает проблему «неинтересной». Более того, было бы столь же «логично» не признать множителями 1 и 2, начав с милой сердцу христианина «троицы» и получить нечётные «совершенные» числа.

Что происходит со знаменателем в (5) достаточно определить его для случаев «совершенных» чисел 6; 28 и 496. Исполняя (5) получаем последовательно: 1; 1/2 и 1/8. При увеличении чисел эта дробь монотонно уменьшается

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. И. Депман. Совершенные числа. «Квант», № 5, 1991 г., издание «МЦНМО».

Поступила в редколлегию 10.05.2007.

Ф. Ш. МАХКАМОВА (Ташкентский университет информационных технологий, Узбекистан)

РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМИТАТОРОВ

Розглядаються завдання комп'ютерного тренінгу рішення зворотних завдань із застосуванням імітаторів. Навчання оператора обмінного процесу в протиточному безперервному двофазному НПДО-аппарате проводиться по випадковому і направленому на усунення максимальної погрішності алгоритмам.

Рассматриваются задачи компьютерного тренинга решения обратных задач с применением имитаторов. Обучение оператора обменного процесса в противоточном непрерывном двухфазном НПДО-аппарате производится по случайному и направленному на устранения максимальной погрешности алгоритмам.

The tasks of a computer training of the decision of return tasks with application of simulators are examined. The training of the operator of exchange process in counter flow the continuous biphasic NPDO-the device is made on casual and directed on elimination of the maximal error to algorithms.

Обозначим группы параметров, характеризующих химико-технологическую систему, следующим образом: $x_1, \dots, x_{n0}$ – совокупность всех параметров; $x_{r1}, \dots, x_{rn}$ – режимные параметры; $x_{k1}, \dots, x_{kn}$ – конструктивные параметры; $x_{h1}, \dots, x_{hn}$ – параметры, характеризующие физико-химические свойства исходных компонентов; $x_{c1}, \dots, x_{cn}$ – кинетические и процессные параметры; $x_{g1}, \dots, x_{gn}$ – параметры, выражающие гидродинамическую обстановку, гидродинамическую структуру потоков; $x_{w1}, \dots, x_{wn}$ – возмущающие воздействия.

Следует упомянуть что модель гидродинамической структуры потоков будучи взаимосвязанной со схемой организации материальных тепловых, информационных и т.п. потоков, позволяет формализовать поля пространственных распределений и не отождествляется с организационными схемами.

Естественно, что

$$r_n + k_n + h_n + c_n + g_n + w_n = n_0.$$

В свою очередь, показатели системы сгруппируем следующим образом: $y_1, \dots, y_m$ – совокупность всех показателей; $y_{w1}, \dots, y_{wm}$ – выходные показатели; $y_{s1}, \dots, y_{sm}$ – показатели состояния, промежуточные или внутренние показатели.

Применительно к многосекционной (многоячеечной, многоступенчатой) двухфазной противоточной обменной системе [1] в качестве режимных параметров рассматриваются расходы по фазам L и G , в качестве конструктивных – число ступеней n , в качестве характери-

стик сырья – C_{1k} и C_{2k} – содержания компонентов фаз на входе в систему, в качестве кинетических – единственный параметр – константа скорости обмена.

При определенных постановках число ячеек n может быть отнесено к числу параметров гидродинамической обстановки.

В качестве самостоятельных групп можно выделить группу конечных показателей – C_{1n} и C_{2n} , а также группу показателей картины концентрационного, температурного (энтальпийного) и др. полей. В рассматриваемом случае это концентрации по фазам и ячейкам:

$$C_{11}, \dots, C_{1n} \text{ и } C_{21}, \dots, C_{2n}.$$

Классификация величин осуществляется по принципу: параметрами обозначены величины или переменные, предопределяющие течение процессов, условия их протекания; показателями названы величины, количественно и качественно описывающие результаты функционирования системы.

Наряду с задачей тренинга прогноза показателей системы по её параметрам (отдельные примеры и алгоритмы компьютерного тренинга на базе виртуального стенда были рассмотрены в [1]) представляет практический интерес постановка исследования тренинга решения следующих обратных задач:

1. Задача вычисления значений режимных параметров, обеспечивающих получение заданных значений требуемых показателей; в зависимости от содержания задачи такая ситуация встречается в процессе эксплуатации или проектирования систем.

2. Задачи технической и технологической оптимизации. Сюда относятся задачи синтеза оптимальной по установленным критериям конструкции аппаратов и устройств, системы автоматического управления с определением численных значений оптимизируемых параметров и настроек. В отличие от задач первого типа вместо решения системы уравнений предлагается решать задачи на экстремум, причем требования первого типа могут участвовать в задачах второго типа и задач поиска безусловного экстремума в качестве ограничений типа равенств и неравенств. Таким образом, задачи оптимизации режима при корректной постановке задачи (формулировки компромиссных критериев и наличия определенной степени свободы) также относится к данному типу задач.

3. Задачи структурной и параметрической идентификации математической модели (полной или частичной). Для противоточного непрерывного двухфазного обменного - НПДО - аппарата возможна следующая, интересная на наш взгляд, постановка задачи тренинга: по известным значениям всех параметров на входе и показателей на выходе оценить степень продольного перемешивания n , как параметра математической модели, обуславливающего рациональность использования движущей силой процесса.

4. Тренинг задач измерительного типа. Здесь важно различить задачи, связанные с освоением методов и средств анализа состава и свойств на входе в систему (оценка не контролируемых параметров системы), от задач косвенной, совместной или совокупной оценки показателей системы.

В рамках задач только первого типа можно различить следующие ситуации:

а) $m = r_n$ – однозначная ситуация: задано ровно столько показателей, сколько требующие определению режимные параметры, обеспечивающие эти требования. Значения остальных параметров системы предполагается известными;

б) количество неизвестных параметров системы больше количества заданных показателей. Эксплуатация системы в случае наличия некоторого количества неконтролируемых параметров системы, проектирования по средним значениям неконтролируемых параметров. В таких ситуациях традиционные постановки приводили к бесконечным решениям, а подходы, основанные на нейронно-сетевых моделях дают конкретные варианты решения;

в) $m > r_n$ – такая ситуация встречается тогда когда доступна информация дополнительного характера, на подобии способов пространст-

венной, частотной, статистической, временной развертки информации в измерении. Традиционно это ситуация была обусловлена с целями нивелирования случайных составляющих. Тренинг навыков решения такого рода обратных задач обеспечивает преимущества в человеческом прогнозе, реализованные с помощью искусственных нейронно-сетевых моделей распознавания ситуаций.

Рассмотрим однозначный вариант задач обратного характера первого типа на примере НПДО – аппарата в предположении константы равновесия фаз, равной единице.

Решение подобных задач в традиционных целях и, в особенности, в целях организации компьютерного тренинга требует обращения расчетных процедур решения уравнений математической модели. В инженерной практике в свое время выход из ситуации обеспечивали номографические методы. Простой перебор прямой задачи с целью решения обратной задачи не отвечает требованиям быстродействиям компьютерного тренинга с построением модели владения учебным материалом обучаемого с синтезом оптимальных алгоритмов тренинга обучаемого.

С этой целью первоначально решим задачу обращения модели. Очевидно, что в рассматриваемой постановке задачу можно решить аналитически. Сложения всех уравнений баланса позволяет получить отношение неизвестных параметров – значения гидромодуля:

$$C_{1k} + GC_{2k} = C_{1n} + GC_{21}$$

$$\frac{G}{L} = \frac{C_{1n} - C_{1k}}{C_{2k} - C_{21}}.$$

А второй неизвестный параметр может быть определен из скалярного уравнения для любого из заданных показателей системы. Однако любая попытка уточнения модели приводит к нелинейным уравнениям, требующих применения итерационных алгоритмов даже в случае решения прямой задачи. Поэтому представляется целесообразным попытаться представить решение обратной задачи с помощью нейронно-сетевых моделей с использованием обучающей и экзаменационных выборок, полученных путем решения прямой задачи (алгоритм, обеспечивающий хорошую скорость сходимости, изложен в [1]).

Точность обратной модели может быть оценена по следующей сопоставительной таблице примеров (табл. 1):

Таблица 1

Точность обратной модели

Прямая модель		Обратная модель	
L	G	L	G
0,6996	1,0773	0,7030	1,0826
0,5265	0,9571	0,5149	0,8988
1,2096	0,5067	1,1525	0,5102
1,4176	0,5592	1,4398	0,5239
0,5328	0,9419	0,5249	0,8965
0,9808	0,8549	0,9942	0,8654
1,0558	0,7745	1,0652	0,7793
0,6937	0,7749	0,6922	0,7815
0,8743	0,5457	0,8842	0,5450
1,4875	1,0740	1,4645	1,0694
1,1312	1,3279	1,1285	1,3128
1,4556	1,1177	1,4417	1,1203
0,6868	0,6125	0,6630	0,5979
0,9159	0,7129	0,9217	0,7119
0,7740	0,5729	0,7688	0,5529
1,3458	0,5341	1,3093	0,5174
1,0617	1,4220	1,0516	1,4129
1,1667	1,3741	1,1610	1,3561
1,1808	1,4336	1,1703	1,4129
0,6012	1,3358	0,6121	1,3519

По приведенным в правых столбцах таблицы рандомизированным по равномерному закону значениям расходов фаз по прямой модели вычислены показатели C_{1n} и C_{2n} , по которым симулированы с помощью HCM

$$\left[\text{simuff}(p_1, w_{11}, b_{11}, www, w_{12}, b_{12}, www_1)' y_1 \right]$$

значения расходов, приведенные в левых столбцах.

Вычислительные эксперименты по имитации разных вариантов тренинга (с вариацией $N_{\max}$ – объем выборки для определения максимального отклонения модели обучаемого от модели изучаемого объекта на каждом шаге обучения и с привлечением линейной и HCM) осуществлялись при следующих условиях:

- 1) объем экзаменационной выборки $N = 20$;
- 2) при формализации степени владения обучаемого линейной моделью количество предварительных точек $No_0 = 3$, а по HCM 10;
- 3) количество повторов экспериментов соответственно моделям 100 и 30.

На рис. 1 и 2 приведены осредненные результаты тренинга.

В табл. 2 приведены значения норм ошибок прогноза по экзаменационной выборке при соответствующих общих количествах обучения.

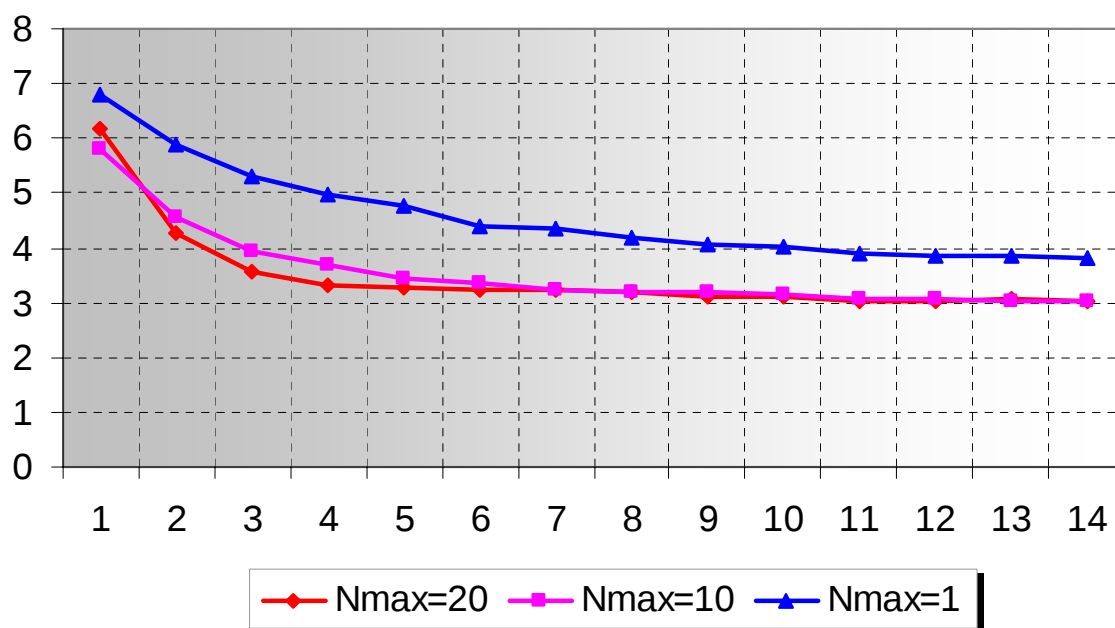


Рис. 1. Процесс тренинга решения обратной задачи на базе линейной модели.

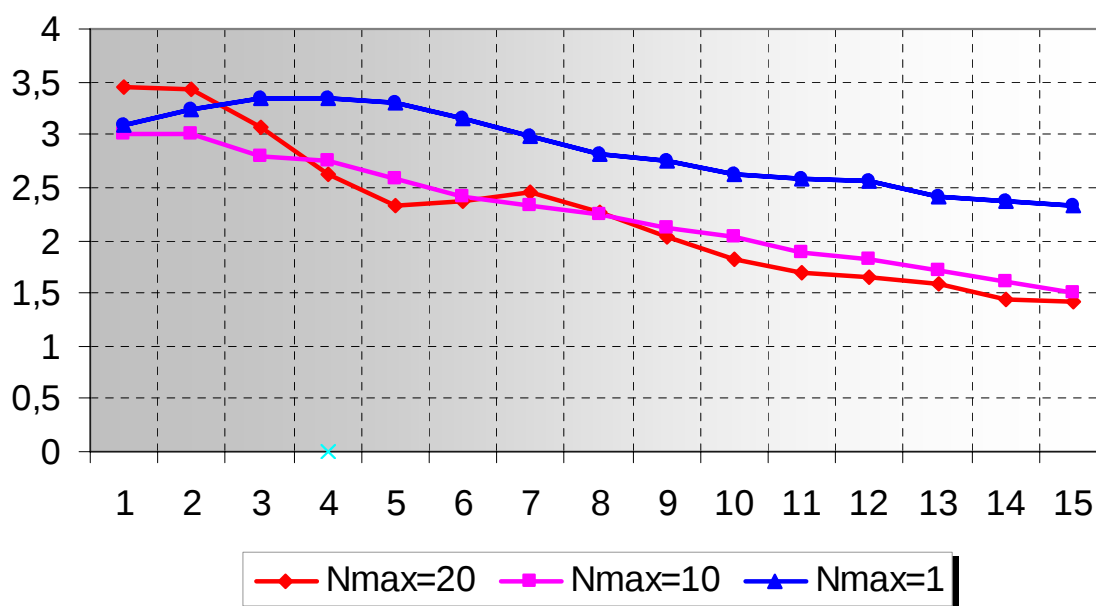


Рис. 2. Процесс тренинга решения обратной задачи на базе HCM

Таблица 2

модели обучаемого на потенциальные возможности и скорость обучения.

Значения норм ошибок прогноза

модель $N_{\max}$	Линейная модель	HCM (purelin-logsig-purelin)
1	3,75	3,35
10	2,57	1,57 (1,37 при sif (25))
20	3,44	2,34, (0,93 при sif (25))

Анализ результатов убедительно показывает преимущества предлагаемого подхода к организации тренинга и, одновременно положительное влияние точности привлекаемого типа

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Касымов С. С., Нуритдинов Ш., Махкамова Ф. Ш. Компьютерный тренинг с помощью виртуального стенда. «Кимёвий технология назорат ва бошқарув». Тошкент, № 6. 2006.
2. Касымов С. С., Нуритдинов Ш., Нуритдинов Ш. Ш., Махкамова Ф.Ш. Оценка обучаемости материала и степени его владения. Second World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation.WCIS -2006. С.204.

Поступила в редколлегию 15.05.07.

Д. И. МОВШИН (ДИИТ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ НА ОСНОВЕ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА

Рассмотрены основные задачи и соответствующие модели, возникающие при автоматизации процессов управления земельными ресурсами в Украине.

Розглянуті основні завдання та відповідні моделі, що виникають при автоматизації процесів управління земельними ресурсами в Україні.

Basic tasks and it's mathematics models, which arise up during automation of processes of management the landed resources in Ukraine, are considered.

Введение

Актуальность проблемы эффективного управления земельными ресурсами в городах и других населенных пунктах определяется большим политическим, экономическим и социальным значением в условиях настоящего периода развития Украины. Для эффективного управления земельными ресурсами необходима информация об объекте - в данном случае объект управления - это территория населенного пункта, которая состоит из множества земельных участков разной площади, конфигурации, назначения, стоимости, разных видов пользования и собственности и др. Для того, чтобы эффективно управлять территорией города, необходимо знать информацию о каждом земельном участке о его качественных характеристиках, о его владельце или пользователе, взаимоотношениях между ними.

Ключевым компонентом системы управления земельными ресурсами является земельный кадастр, представляющий собой единую государственную систему земельно-кадастровых работ, которая устанавливает процедуру признания факта возникновения или прекращения права собственности и права пользования земельными участками. Кадастр содержит совокупность сведений и документов о местоположении и правовом режиме участков, их денежную оценку, классификацию земель, количественную и качественную характеристику, распределение среди владельцев земли и землепользователей. Назначение Государственного земельного кадастра состоит в обеспечении необходимой информацией органов государственной власти и местного самоуправления, а так же заинтересованных предприятий, учреждений, организаций и граждан. Целями использования

кадастра является регулирование земельных отношений, рациональное использование и охрана земель, определение размера платы за землю и ценности земель в составе природных ресурсов, контроль за использованием и охраной земель, экономическое и экологическое обоснования бизнес-планов и проектов землеустройства. Государственный земельный кадастр (ГЗК) является государственным банком данных о земельных ресурсах, и на нем базируются другие отраслевые кадастры - лесной, градостроительный, водный и т.д.

Задачи и особенности ГЗК

Основными задачами ГЗК являются:

- кадастровое зонирование;
- государственная регистрация земельных участков и прав на них;
- выбор земельного участка;
- экономическая и нормативная оценка земель;

Решение задач ГЗК предполагает моделирование данных, анализ семантических и пространственных характеристик объектов. Принципиальным и новым является использование для анализа характеристик объектов геоинформационных (ГИС) систем.

Географическая информационная система - современная компьютерная технология для картографирования и анализа объектов реального мира, происходящих и прогнозируемых событий и явлений. Геоинформационные системы наиболее естественно отображают пространственные данные. Она объединяет традиционные операции при работе с базами данных - запрос и статистический анализ - с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. Эта особенность дает уникальные возможности для применения ГИС в

решении широкого спектра задач, связанных с анализом явлений и событий, прогнозированием их вероятных последствий, планированием стратегических решений.

Рассмотрим подробнее задачи земельного кадастра и методы их решения.

Моделирование и методы решения задач земельного кадастра

Кадастровое зонирование

Задача кадастрового зонирования состоит в обеспечении гарантированной уникальной идентификации каждого объекта учета (земельные участки, кадастровые кварталы, кадастровые зоны, территориальные зоны) посредством назначения кадастровых номеров.

Традиционное решение этой задачи предполагает использование бумажных карт, на которые наносятся границы объектов. При назначении кадастрового номера инженер-

землеустроитель должен визуально определяет объект кадастрового зонирования, имеющий пространственно-логические отношения с земельным участком, и согласно книги назначения кадастровых номеров определяет кадастровый номер. Такое решение задачи может приводить к ошибкам в назначении номеров, что в последствии приведет к перделке землеустроительной документации.

Методы ГИС позволяют решить задачу кадастрового зонирования более эффективно для чего необходимо построить электронную карту и на ее основе выполнить кадастровое зонирование. Затем используя методы ГИС для определения пространственно-логических отношений между объектами учета (кадастровыми кварталами, кадастровыми зонами) можно гарантировать правильное назначение уникального кадастрового номера.

Пример выполнения работ по кадастровому зонированию с применением методов ГИС технологий представлен на рис. 1.



Рис. 1. Представление кадастрового зонирования с использованием ГИС технологий

На рис. 1 последовательно показаны этапы решения задачи кадастрового зонирования с применением ГИС технологий, а именно

- формирование границы административного базового округа,
- формирование границ кадастровых зон, формирование границ кадастровых кварталов.

Регистрация земельных участков

Задача Государственной регистрации земельных участков и прав на них состоит в сборе и анализе поступающей информации в базе данных Государственного земельного кадастра. Ранее ее решение возлагалась на инженера-землеустроителя.

Принципиально новым решением является включение производственной экспертной системы для анализа и проверки входящей информации, реализованное в автоматизированной системе Государственного земельного кадастра г. Днепропетровска. (АС ГЗК)

Для создания экспертной системы на основе объектно-ориентированного анализа нормативной базы, регулирующей земельные отношения, была построена модель предметной области и определены основные требования к поступающей информации.

Модель стала основой для построения базы знаний, используемой экспертной систе-

мой при проверке поступающей информации. Для оперативного учета изменений в действующей нормативной базе экспертная система имеет гибкую, легко настраиваемую архитектуру. Требования к информации хранятся в базе данных и могут быть легко изменены специалистом посредством специально разработанных пользовательских интерфейсов

Пример диалоговых окон, при помощи которых настраивается экспертная система, приведен на рис. 2

Диаграмма UML, описывающая модель объектов ГЗК представлена на рис. 3.

Параметры проверки оточенена

№	Назва шару	Назва кл.	Перет.	Вмеще	Вмеще	Еквив.	Мин.	Макс.	Пог.
1	справа ETZ	кодObject	Так	Так	Так	Так	3	3	5

Параметры проверки просторового объекта

☐ Контроль выносов узлов
Видать: узел - узел

☐ Контроль площади полигона
Минимальная площадь полигона

☐ Контроль значения кута
Минимальное значение кута

☐ Контроль выносов сегмент-узел
Видать: сегмент - узел

☐ Контроль площади сегмента
Минимальная площадь сегмента

☐ Контроль количества узлов
Минимальная количество узлов

☐ Контроль площади окрестности
Минимальная площадь окрестности

☐ Контроль количества сегментов
Минимальная количество сегментов

Элементарные операции | Наличие объектов та их атрибуты | Параметры проверки графической информации | Элементарные операции

Регистрация операций

Назва регистрационной операции

1.1.1 - Регистрация земельного участка, что является объектом регистрации

1.1.2 - Регистрация земельного участка, что является объектом регистрации

1.1.3 - Регистрация земельного участка, что является объектом регистрации

1.2.1 - Регистрация территориальной зоны, что является объектом регистрации

1.2.2 - Регистрация территориальной зоны, что является объектом регистрации

2.2.1 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.1 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.2 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.3 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.4 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.5 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.6 - Регистрация права собственности на земельный участок

1.2.3 - Регистрация территориальной зоны (РЕЕСТР)

Тест - Регистрация территориальной зоны

Тест

Тест

Назва регистрационной операции

1.1.1 - Регистрация земельного участка, что является объектом регистрации

1.1.2 - Регистрация земельного участка, что является объектом регистрации

1.1.3 - Регистрация земельного участка, что является объектом регистрации

1.2.1 - Регистрация территориальной зоны, что является объектом регистрации

1.2.2 - Регистрация территориальной зоны, что является объектом регистрации

2.2.1 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.1 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.2 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.3 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.4 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.5 - Регистрация права собственности на земельный участок

2.3.6 - Регистрация права собственности на земельный участок

1.2.3 - Регистрация территориальной зоны (РЕЕСТР)

Тест - Регистрация территориальной зоны

Тест

Тест

Элементарные операции | Наличие объектов та их атрибуты | Параметры проверки графической информации | Элементарные операции

Рис. 2. Диалоговые окна, служащие для настройки экспертной системы

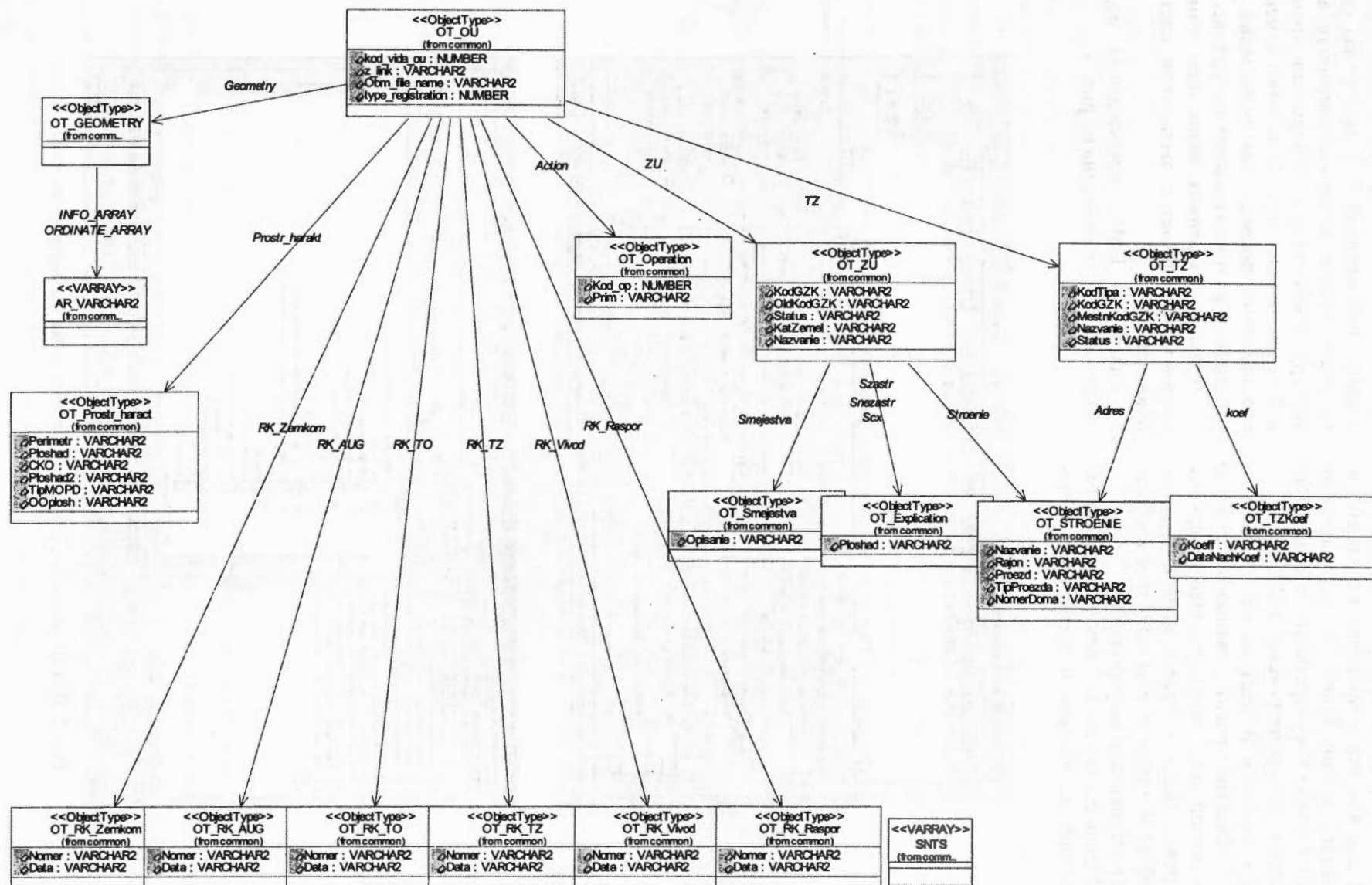


Рис. 3. Диаграмма UML, описывающая модель объектов кадастрового учета

На рис. 2 представлены диалоговые окна, при помощи которых выполняется настройка экспертной системы. Задаются параметры проверки как семантической, так и графической информации в разрезе регистрационных операций по каждому атрибуту модели объектов кадастрового учета.

На рис. 3 представлена модель объектов кадастрового учета, выполненная в нотации UML. Модель отражает информацию об объектах кадастрового учета, их состав и взаимозависимости.

Задача выбора земельного участка

Моделирование выбора земельного участка является наиболее сложной задачей с точки зрения реализации. Суть ее заключается в подборе потенциальных земельных участков по входным требованиям, таким как целевое назначение, площадь и др., посредством анализа пространственной и семантической информации. На выбор земельного участка влияет множество факторов, например: близость к магистралям, наличие инженерных сетей, уровень залегания грунтовых вод и т.д. Информация о действии факторов имеется на картографическом материале, который необходимо оцифровать, координировать, векторизировать (дешифровать) и описать в соответствующей модели кадастровой информации. Как правило, количество факторов, влияющих на выбор земельного участка, составляет около пятидесяти, и они носят нечеткий характер.

На основе модели выбора экспертная система выполняет поиск территории, соответствующей искомым параметрам территории. Решение задачи требует значительных затрат временных и вычислительных машинных ресурсов, и ее эффективное решение возможно только с использованием методов теории оптимизации.

Задача расчета нормативной денежной оценки земель

Одной из важнейших компонент ГЗК является фискальная составляющая земельного кадастра, которая базируется на денежной оценке земель. На ее основе определяется размер платы за землю, стоимость земельного участка при оформлении договоров его купли-продажи, межи, дарения, залога и др.

Решение фискальной задачи ГЗК в полном объеме без применения ГИС технологий невозможно, так как оно требует использования сложного математического аппарата, учитывающего влияние каждого фактора, участвующего в денежной оценке. Например, при расче-

те нормативной денежной оценки земельного участка, находящегося в г. Днепропетровске, учитывается более тридцати факторов, каждый из которых имеет пространственную и семантическую составляющую. Необходимо определить пространственно-логические отношения земельного участка и фактора, рассчитать коэффициент влияния фактора на стоимость участка, проверить дополнительные условия, формирующие стоимость земельного участка.

В настоящее время в автоматизированной системе ГЗК г. Днепропетровска разработаны ГИС технологии и технологии баз данных, которые предоставляют методы определения пространственно-логических отношений для решения задачи денежной оценки земельных участков.

Выводы

В работе представлены основные задачи и их модели для управления земельными ресурсами Украины, а также разработанные в автоматизированной системе ГЗК г. Днепропетровска методы их реализации.

Экономическая и юридическая ситуация в Украине обуславливает необходимость в активной земельной реформе, основанной на совершенствовании методов управления земельными ресурсами. Это в свою очередь должно базироваться на применении новых технологий управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 2 грудня 1997 року № 1355 «Про затвердження Програми створення автоматизованої системи ведення державного земельного кадастру»// Землевпорядний вісник, 1/1998 – с. 37-44.
2. Закон України «Про державний земельний кадастр» (проект) // Землевпорядкування, 2/2000 – 5 с.
3. Лихогруд М. Г. Автоматизована система Державного земельного кадастру України (концепція створення)// Землевпорядний вісник, 1/2001 – 14с.
4. Кулініч В. В., Лихогруд М. Г. Стандарт бази даних автоматизованої системи державного земельного кадастру// Землевпорядний вісник, 3/2000 – 10с.
5. Войтенко С. П., Володін М. О. Провідні тенденції у сучасному кадастрі і// Землевпорядний вісник, 1/2000–17с.
6. Don Bursleson Oracle Tuning. Coriolis Group Books, 2000.– 800 p.

Поступила в редколлегию 30.07.07.

ФОРМАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ

У роботі розглянуті принципи формального представлення дискретних систем та їх моделей. Дано визначення прямої, зворотної і взаємної подібності між системою та моделлю. Коротко описана структура формальних засобів та їх еволюція. Запропоновано нову версію мереж для моделювання складних дискретних систем з асинхронною взаємодією компонентів.

В работе рассмотрены принципы формального представления дискретных систем и их моделей. Даны определения прямого, обратного и взаимного подобия между системой и ее моделью. Кратко описана структура формальных средств и их эволюция. Предложена новая версия сетей для моделирования сложных дискретных систем с асинхронным взаимодействием компонентов.

In the paper principles of formal representation of discrete systems and their models are considered. Definitions of straightforward similarity, back similarity and bisimilarity between systems and their models are given. The structure of formal means and their evolution is briefly described. The new version of networks for modeling complex discrete systems with asynchronous interaction of components is offered.

Введение

За последние годы, как в сфере разработки новых транспортных средств, так и в сфере их эксплуатации стремительно возрос интерес к технологиям моделирования, анализа и управления сложными системами. Типичными примерами таких систем являются гибкие производственные комплексы, телекоммуникационные сети, системы параллельной обработки информации, логистические системы. Как правило, все они имеют искусственное происхождение, складываются из конечного количества ресурсов (средств производства, коммуникационных каналов, средств обработки информации), которые совместно используются несколькими пользователями (типами материалов, информационными пакетами, задачами) и вносят вклад в достижение общей цели (изготовление продукции, передача набора информационных пакетов от передатчика к приемнику, решение задачи управления сложными транспортными системами).

Общим для упомянутых систем является то, что они эволюционируют благодаря осуществлению ряда событий, связанных с активностями ресурсов (например: изготовление элемента продукции, успешная передача информационного пакета, обработка этапа задачи управления). События происходят в дискретные моменты времени, а продолжительность интервалов между событиями может быть детерминированной или носить вероятностный характер. Событием будем называть некоторое действие или спонтанное явление. События происходят

мгновенно и, в зависимости от внутренних условий в системе, могут вызывать или не вызывать изменение состояний ее компонентов. Основываясь на данных абстракциях, опишем два наиболее распространенных подхода к формализации сложных дискретных систем.

Формальное представление дискретных систем

Формально дискретные системы с событиями задают кортежем из двух элементов: $(S, \rightarrow)$, где S – множество состояний, $\rightarrow \subseteq S \times S$ – бинарное отношение, которое задано на S и определяет множество переходов. Элементом множества состояний S есть множество $p = \{p_i\}_{i=1}^N$, где p_i – состояние i -го компонента, N – количество компонентов системы. Двумя разными состояниями системы $p, q \in S$ будем называть такие состояния, которые отличаются хотя бы одним состоянием компонента: $p_i \neq q_i$ при $p_i \in p, q_i \in q, 1 \leq i \leq N$. Говорят, что существует переход (p, q) между состоянием p и состоянием q , если существует событие, свершение которого служит причиной изменения состояния системы p на состояние q . Если $p, q \in S$, а $(p, q) \in \rightarrow$, то факт существования перехода из состояния p к состоянию q может быть представлен в виде: $p \rightarrow q$. Системы с данным формальным описанием также называют немаркированными системами с переходами.

Для представления систем с параллельной обработкой событий применяют формальное описание в виде кортежа:

$$(S, M, \{\overset{\mu}{\longrightarrow} \mid \mu \in M\}),$$

где S – множество состояний, M – множество меток, $\overset{\mu}{\longrightarrow} \subseteq S \times M \times S$ – тернарное отношение, которое задает переходы между состояниями модели под воздействием меток. Если

$$p, q \in S, \mu \in M \text{ и } (p, q) \in \overset{\mu}{\longrightarrow},$$

то переход из состояния p к состоянию q под воздействием метки μ обозначают $p \overset{\mu}{\longrightarrow} q$. Такие системы называют маркированными системами с переходами. Маркированная система с переходами может быть сведенной к немаркированной системе с переходами при условии, что множество M состоит лишь из одного элемента.

Поскольку иерархичность является одним из важных свойств сложных систем, справедливо также обратить внимание на особенности формального описания агрегативных систем, то есть таких систем, компоненты которых сами подходят под определение системы. Компонент агрегативной сложной системы включает переходы, а потому его состояние не может быть сведенным к статическому набору параметров.

Если динамика модели состоит в эволюции от одного события к следующему, то такие модели называют ориентированными на активность. Последовательность активностей называют процессом.

В общем случае под процессом понимают последовательность естественных явлений или искусственно спроектированных изменений, направленных на достижение определенного результата. Итак, состояние сложной системы с событиями представляют процессом, состоящим из последовательности активностей, которые активируются и деактивируются под воздействием событий.

Агрегативную маркированную систему с переходами зададим кортежем

$$(P, M, \{\overset{\mu}{\longrightarrow} \mid \mu \in M\}),$$

где P – множество состояний компонентов, выраженных множеством процессов, M – множество меток, $\overset{\mu}{\longrightarrow} \subseteq P \times M \times P$ – тернарное отношение, задающее переходы между состояниями компонентов под воздействием меток.

Динамика систем с дискретными событиями характеризуется также синхронизацией и па-

раллелизмом. Синхронизация проявляется через согласование во времени некоторой совокупности событий, предопределяющих переход системы от предшествующего этапа ее эволюции к последующему. Например, транспортное средство может находиться в бездействующем состоянии до того момента, пока не станут доступными все условия, необходимые для продолжения движения. О наличии параллелизма в системе говорят в случае, если существует некоторое множество свободных ресурсов, допускающих одновременное использование. Например, в системе управления полетами очередная задача может быть назначена одному из свободных на данный момент диспетчеров.

Проблемы подобия моделей

Под моделированием будем понимать процесс построения адекватного отображения наиболее важных сторон дискретной системы с некоторой заданной точностью и проведение экспериментов на построенной модели для получения информации об объекте исследования [1]. Процесс адекватного отображения состоит в применении таких процедур построения модели, которые разрешают отвергнуть несущественные компоненты системы и упростить те компоненты, которые играют важную роль. При этом необходимо сохранить подобие модели объекту моделирования. Будем различать прямое, обратное и взаимное подобие между моделью и описываемой системой.

Между данной маркированной системой с переходами $(S, M, \overset{\mu}{\longrightarrow})$ и моделью $(S', M', \overset{\mu'}{\longrightarrow})$ существует прямое подобие, если для некоторого бинарного отношения R на $S, R \subseteq S \times S$ существует соответствующее бинарное отношение R' на $S', R' \subseteq S' \times S'$, в котором для каждой пары состояний $p, q \in S, (p, q) \in R \quad \forall \mu \in M$ существует такая пара состояний $p', q' \in S', (p', q') \in R' \quad \forall \mu' \in M'$, что для каждого перехода $p \overset{\mu}{\longrightarrow} q$ существует соответствующий переход $p' \overset{\mu'}{\longrightarrow} q'$.

Свойство прямого подобия, как правило, является достаточным при условии использования модели для анализа характеристик системы как объекта моделирования. Если же использовать результаты моделирования на этапе проектирования системы, то нужно быть уверенным в том, что между моделью и системой существует обратное подобие.

Между данной моделью $(S', M', \rightarrow)$ и маркированной системой с переходами $(S, M, \rightarrow)$ существует обратное подобие, если для некоторого бинарного соотношения R' на S' , $R' \subseteq S' \times S'$ существует соответствующее бинарное соотношение R на S , $R \subseteq S \times S$, в котором для каждой пары состояний $p', q' \in S'$, $(p', q') \in R' \forall \mu' \in M'$ существует такая пара состояний $p, q \in S$, $(p, q) \in R \mu \in M$, что для каждого перехода $p' \xrightarrow{\mu'} q'$ существует соответствующий переход $p \xrightarrow{\mu} q$.

Маркированная система с переходами $(S, M, \rightarrow)$ и модель $(S', M', \rightarrow)$ взаимно подобны, если существует прямое и обратное подобие между данной системой и данной моделью. Понятие взаимного подобия лежит в основе построения и применения моделей и охватывает все классы эквивалентности, которые возникают в данном случае. Основными из этих классов являются эквивалентность типа «модель-система», которую определяют с помощью прямого и обратного подобия, а также эквивалентности типа «модель-модель» и «состояние-состояние». В общем случае эквивалентность может рассматриваться как взаимное сходство поведения объектов наблюдения. Поэтому определение взаимного подобия процессов агрегативной системы

$$(P, M, \{\xrightarrow{\mu} \mid \mu \in M\})$$

рассматривается как общий случай взаимного подобия.

Два процесса $p, q \in P$ будем называть взаимно подобными тогда и только тогда, когда существует некоторое соотношение $R \subseteq P \times P$, такое, что при условии $p, q \in R$ для всех $\mu \in M$:

1. Каждому переходу $p \xrightarrow{\mu} p'$ соответствует некоторый процесс q' , для которого существует переход

$$q \xrightarrow{\mu} q' \text{ и } (p', q') \in R.$$

2. Каждому переходу $q \xrightarrow{\mu} q'$ соответствует некоторый процесс p' , для которого существует переход

$$p \xrightarrow{\mu} p' \text{ и } (p', q') \in R.$$

Упомянутые подобия базируются на установлении соответствия между теми компонен-

тами и переходами, которые принадлежат определенному соотношению R .

Формальные средства описания моделей

Модель системы для дальнейшего ее исследования должна быть определенным образом формализована. Такой подход позволяет применить методы, с помощью которых возможно понять или осознать сущность объекта моделирования. Формализм обеспечивает описание структуры заданных классов объектов и задает однозначные правила взаимодействия между ними. Структура инструментария формального описания служит основой для определения базиса сложности объектов описываемого класса. Большинство современных формальных средств описания имитационных моделей с дискретными событиями базируется на положении общей теории систем, которое гласит, что реальные системы могут функционировать по одинаковым правилам и демонстрировать одинаковое поведение даже в том случае, когда они физически не подобны. Упомянутый принцип построения модели породил целую серию формальных описаний дискретных систем (рисунок), которые, как правило, характеризуются аналитическим и графическим представлениями.



Рис. Структура формального описания моделей дискретных систем

Следует отметить, что не существует жестко установленной связи между аналитическим представлением и его графической интерпретацией. Однако аналитическая модель должна учитывать количество элементов графического

представления. Поэтому графы и диаграммы ориентированы на описание систем типа $(S, \rightarrow)$, которые эволюционируют путем перехода от одного состояния к другому под воздействием событий. Принципиальное отличие двудольных графов состоит в том, что они, в отличие от обыкновенных графов и диаграмм, включают три базовых графических элемента (позиции, ребра и переходы). Это дает возможность отображать маркированные системы типа

$$\left(S, M, \left\{ \xrightarrow{\mu} \mid \mu \in M \right\} \right)$$

и агрегативные системы

$$\left(P, M, \left\{ \xrightarrow{\mu} \mid \mu \in M \right\} \right).$$

Эволюция применения двудольных графов берет свое начало от сетей Петри [2], принципиальное отличие которых от ранее известных формальных средств состоит в том, что они ориентированы на описание параллельных процессов и структур. Сети Петри – это современный формальный инструмент исследования сложных систем путем моделирования [3]. Модель в данном случае представляет в формализованном виде основные свойства систем, которые подлежат изучению. Манипулируя параметрами такой модели, можно получить новые знания о системе как объекте исследования и о характере ее связей с окружающей средой.

Существенные недостатки сетей Петри, связанные с громоздкостью графического описания модели из-за жестких правил срабатывания переходов, послужили основанием к дальнейшему совершенствованию сетевых подходов. Разнообразные модификации сетей Петри [4] позволили улучшить их характеристики при моделировании узкого круга задач. Существенной попыткой модернизировать сети Петри можно считать Е-сети [5], которые позволили снизить громоздкость графического представления путем введения ряда специализированных позиций и расширения набора правил срабатывания переходов. Для моделирования сложных систем с иерархической структурой были предложены PRO-сети [6]. Основная продуктивная идея их создания состояла в стремлении отойти от жестких правил срабатывания переходов для получения гибких механизмов описания объектов моделирования.

Общим недостатком рассмотренных подходов к графическому представлению дискретных моделей является отсутствие четкого механизма моделирования процессов взаимодействия меж-

ду компонентами сложной системы. В связи с этим предложена новая версия сетей – асинхронные PRO-сети (сокращенно – APRO-сети).

APRO-сети

Представим APRO-сеть в виде кортежа:

$$\Phi = (P, T, F, M, V), \quad (1)$$

где $P = \{p_i\}_{i=1}^n$ – конечное множество позиций; $T = \{t_j\}_{j=1}^m$ – конечное множество переходов; $F = P \times T \cup T \times P$ – множество ребер между переходами и позициями; $M = \left\{ \left(p_k, \left\{ \mu_l \right\}_{l=1}^{Max_p_k} \right) \right\}_{k=1}^n$ – конечное множество маркировок; $V = (\Theta, \Psi, \Lambda)$ – множество глобальных переменных.

Позиции APRO-сети:

$$p_i = \{c_i, q_i\}, \quad (2)$$

где $c_i = \{Id_p_i, \varphi_p_i, Cur_p_i, Max_p_i\}$ – параметры позиции, которые включают: Id_p_i – идентификатор позиции, φ_p_i – множество допустимых типов меток, Cur_p_i – текущее количество меток на позиции, Max_p_i – максимально допустимое количество меток; q_i – список меток, размещенных на данной позиции.

Переходы APRO-сети:

$$t_j = \{\chi_j, \rho_j, \pi_j\}, \quad (3)$$

где $\chi_i = \{Id_t_j, \tau_t_j, \Delta_t_j, Cur_t_j, Max_t_j\}$ – параметры перехода, которые включают: Id_t_j – идентификатор перехода, τ_t_j – локальный счетчик времени, Δ_t_j – период простоя, Cur_t_j – идентификатор текущего процесса, Max_t_j – максимально допустимое количество процессов; ρ_j – процедура активации перехода; π_j – процедура обслуживания перехода.

Ребра APRO-сети (p_i, t_j) задают матрицей инцидентности H с элементами:

$$H(p_i, t_j) = \begin{cases} -1, & (p_i, t_j) \in F, \\ +1, & (p_i, t_j) \in F^{-1}, \\ 0, & (p_i, t_j) \notin F, (p_i, t_j) \notin F^{-1}, \end{cases} \quad (4)$$

Будем использовать $\bullet p_i$ для обозначения входного множества переходов позиции p_i , то

есть такого подмножества $\{t_j\}_{j=1}^m$, для которого существуют ребра от t_j в p_i при $H(p_i, t_j) > 0|_{j=\overline{1,m}}$. Выходное множество переходов $p_i^\bullet$ для позиции p_i обозначается подобным образом как подмножество переходов $\{t_j\}_{j=1}^m$, для которых существуют ребра от p_i в t_j при $H(p_i, t_j) < 0|_{j=\overline{1,m}}$. Сокращенно правила формирования входного и выходного множеств переходов для позиции p_i представим в виде:

$$\begin{cases} \bullet p_i = \{t_j | H(p_i, t_j) > 0, 1 \leq j \leq m\}, \\ p_i^\bullet = \{t_j | H(p_i, t_j) < 0, 1 \leq j \leq m\}. \end{cases}$$

Аналогично формируются входные и выходные подмножества позиций для данного перехода t_j :

$$\begin{cases} \bullet t_j = \{p_i | H(p_i, t_j) < 0, 1 \leq i \leq n\}, \\ t_j^\bullet = \{p_i | H(p_i, t_j) > 0, 1 \leq i \leq n\}. \end{cases}$$

Метки APRO-сети:

$$\mu_k = \{\lambda_k, \alpha_k\}, \quad (5)$$

где $\lambda_k = \{\text{Id}_{\mu_k}, \tau_{\mu_k}, \phi_{\mu_k}\}$ – параметры метки, которые включают: Id_{μ_k} – идентификатор метки, τ_{μ_k} – время создания метки, ϕ_{μ_k} – тип метки, α_k – множество атрибутов метки.

Множество меток формирует глобальную маркировку $M_\Phi = \left\{ \left(p_k, \{\mu_l\}_{l=1}^{Cur-p_k} \right) \right\}_{k=1}^n$ с текущим количеством меток $M(p_i)$ на позиции p_i сети Φ .

Множество глобальных переменных:

$$V = (\Theta, \Psi, A), \quad (6)$$

где Θ – подмножество показателей производительности, Ψ – подмножество показателей реактивности, A – подмножество показателей использования.

Рассмотрим основные аспекты динамики APRO-сети, адаптировав основные положения семантики последовательных шагов [7] к предложенной версии сетей. Упомянутая семантика базируется на понятии мультимножества, формально определяемого в виде пары (X, β) , где X – некоторое базовое множество элементов; $\beta: X \rightarrow N$ – функция, задающая отображение X на пространство натуральных чисел N . Количество вхождений $x \in X$ в данном случае

будет определяться функцией $\beta(x) \in N$. Шагом U будем называть мультимножество переходов $U = (X, \beta)$ при $X \subset T$, $X = \{t_j\}$, активирующихся при условии выполнения данного неравенства для позиции p_i :

$$M(p_i) \geq \left| \sum_{t_j \in X} H(p_i, t_j) \cdot \beta(t_j) \right|. \quad (7)$$

Входное множество шага U объединяет все позиции переходов, входящих в данный шаг:

$$\begin{aligned} {}^\circ U &= \{ (p_i, \phi_i) | p_i \in \bullet t_j, t_j \in X, \\ \phi_i &= \sum_{t_j \in X} \beta(t_j), 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m \} \end{aligned} \quad (8)$$

Аналогично определяем выходное подмножество шага U :

$$\begin{aligned} U^\circ &= \{ (p_i, \phi_i) | p_i \in t_j^\bullet, t_j \in X, \\ \phi_i &= \sum_{t_j \in X} \beta(t_j), 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m \} \end{aligned} \quad (9)$$

При условии активации и выполнении условий срабатывания может сработать переход t_j . В результате этого происходит смена количества меток на связанной с данным переходом позиции:

$$M'(p_i) := M(p_i) + H(p_i, t_j) \quad (10)$$

В соответствии с (4) для входной позиции p_i перехода t_j $H(p_i, t_j) = -1$, а для выходной позиции p_k данного перехода $H(p_k, t_j) = 1$. Поэтому при срабатывании перехода t_j общее количество меток на входных позициях уменьшается на единицу, а общее количество меток на выходных позициях увеличивается на единицу. В результате срабатывания шага U получим изменение маркирования с $M(U)$ на $M'(U)$ в соответствии с выражением:

$$\begin{aligned} M'(U) &:= M(U) + \sum_{p_i \in {}^\circ U} H(p_i, t_j) + \\ &+ \sum_{p_k \in U^\circ} H(p_k, t_j) \end{aligned} \quad (11)$$

Такое изменение маркирования в результате срабатывания шага U обозначим $M|U\rangle M'$. Тогда эволюция маркирований σ под действием последовательности шагов $\sigma = U_1 \cdots U_k$ может быть записана:

$$M|\sigma\rangle M' = M|U_1\rangle M_1 \cdots M_{k-1}|U_k\rangle M'. \quad (12)$$

Действия перехода по перемещению меток образуют цикл активности перехода. Типичный цикл активности состоит из трех этапов: акти-

вация перехода, работа перехода и деактивация перехода.

Активация происходит только при выполнении необходимого и достаточного условий запуска. Для АPRO-сети необходимое условие активации всех переходов шага U имеет следующий вид:

$$|U| = \left| \left\{ \left\lfloor t_j \right\rfloor \mid \left| \bullet t_j \right| \geq 1, \sum_{i=1}^{\left\lfloor t_j \right\rfloor} Cur_p_i \geq 1 \right\}_{t_j \in U} \right|, \quad (13)$$

где $\left\lfloor t_j \right\rfloor$ – переход t_j в состоянии активации.

Достаточное условие активации переходов шага U :

$$|U| = \left| \left\{ \left\lfloor t_j \right\rfloor \mid |A_j| \leq Max \right\}_{t_j \in U} \right|, \quad (14)$$

где A_j – частично-упорядоченное множество активностей, соответствующих переходу t_j

Проверку упомянутых условий активации выполняет процедура p_j для каждого перехода. Основные ее функции сводятся к анализу атрибутов меток, размещенных на входных позициях с целью поиска корректной метки. Если такая метка найдена, то переход начинает реализацию рабочей стадии с помощью запуска процедуры обслуживания перехода π_j . Эта процедура состоит из процедуры анализа типов и процедур локальных процессов:

$$\pi_j = (Analyse, pr_1, \dots, pr_k), \quad (15)$$

где $k \leq Max_t_j$.

Процедура $Analyse(\phi_u_l)$, $1 \leq l \leq Max_p_i$ выполняет функцию селектора процессов перехода t_j . Процедуры $pr_1, \dots, pr_i, \dots, pr_k$ реализуют процессы обработки рабочей нагрузки. Например, при построении модели цифровой обработки сигналов упомянутые процедуры реализуют алгоритм быстрого преобразования Фурье. После выполнения произвольной процедуры pr_i всегда запускается процедура $Transit$, которая реализует этап деактивации перехода.

Деактивация – завершающий этап активности перехода. Этот этап, как правило, сопровождается размещением меток на его выходных позициях. Для размещения произвольной метки на выходной позиции необходимо выполнение таких условий:

1. Метка должна быть «созревшей», то есть процедура $Analyse$, управляющая выпол-

нением основных блоков процедуры π_j , должна успешно завершить свою работу. В случае успешного завершения формируются атрибуты метки α_k и параметров Id_u_k , ϕ_u_k .

2. Количество меток на целевой исходной позиции не должно превышать максимально допустимое количество Max_p_i .

3. Тип метки ϕ_u_k должен входить во множество допустимых типов меток для данной позиции: $\phi_u_k \in \phi_p_i$.

В случае успешного размещения метки на выходной позиции создается событие активации в том переходе, для которого данная позиция является входной.

Признаком завершения процесса моделирования является отсутствие условий активации для всех переходов сети.

Выводы

В работе подчеркивается актуальность построения моделей дискретных систем, эволюционирующих путем свершения событий, связанных с активностями ресурсов. Рассмотрены способы формального представления таких систем, использующие маркирование, состояния и переходы для описания компонентов системы, их функционирования и взаимодействия. Дано определение прямого, обратного и взаимного подобия между системой и ее моделью. Приведен краткий обзор, отображающий логику развития инструментов формального описания дискретных моделей. Предложена новая версия сетей, АPRO-сети, ориентированная на описание параллельных процессов и структур с асинхронным взаимодействием компонентов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н. Лекции по теории сложных систем. – М.: Сов. радио, 1973. – 439 с.
2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
3. Котов В.Е. Сети Петри. – М.: Наука, 1984. – 160 с.
4. Jensen K. Coloured Petri Nets // Lecture Notes in Computer Science. – 1987. – vol.254. – P.248-299.
5. Nutt G.J. Evaluation nets for computer system performance analysis // 1972 Fall Joint Computer Conference, AFIPS Conference Proceedings. – 1973. – vol.41. – P.279-286.
6. Нестеренко Б.Б., Новотарский М.А. Мульти-процессорные системы. – Киев: Институт математики, 1995. – 408 с.
7. Boesh F.T., Wang J. Reliable circulant networks with minimum transmission delay // IEEE Trans. Cir. And Sys. – 1984. – CAS-32. – P.1286-1291.

Поступила в редколлегию 17.04.07.

ЗМІНА РОЗРАХУНКОВИХ СКЛАДОВИХ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО РОЗПОДІЛУ ВАГОНОПОТОКІВ НА МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ

Розглядається можливість зміни розрахункових складових плану формування поїздів, включення до них змінних витратних ставок та часу на додаткову переробку вагонів.

Рассматривается возможность изменения составляющих плана формирования поездов, включения в них переменных расходных ставок и времени на дополнительную переработку вагонов.

Trains forming plan constituents change Possibility, inclusions in them variable expense rates and time on supplementary carriages processing considers.

Розрахунок плану формування поїздів повинен у повній мірі відображати раціональний розподіл сортувальної роботи з транзитними вагонопотоками на мережі залізниць, тому при виконанні розрахунків необхідно щоб всі складові умови виділення вагонопотоку в окреме призначення відображали технологію роботи та технічне оснащення станцій, через які прямуватиме цей вагонопоток, а також усі умови які склалися при сучасній технології виконання перевезень.

Нормативи, що використовуються при розрахунках, на теперешній час усі ці зміни та особливості не враховують.

Якщо подивитися та проаналізувати наведені формули:

$$NT_{ек} \geq cm_{e_{nH}} \quad (1)$$

$$N \left[\sum_{i=1}^{i=K} (t_{ек} e_{nH} + e_{пер}^{зал} - e_{тр}^{зал})_i + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{i=K} (t_{ек}^{лок} e_{MH} + t_{ек}^{бр} e_{Mh})_i \right] \geq cm_{e_{nH}} \quad (2)$$

$$N \sum_{i=1}^{i=K} (t_{ек} + r_{л} + r_{в}) \geq cm \quad (3)$$

$$t_{ек} = t_{пер} + t_{тр} + t_{н} \quad (4)$$

$$r_{л} = \frac{\Delta t_{тр.л} e_{MH} + \Delta t_{ек.бк} e_{Mh}}{me_{nH}} \quad (5)$$

$$r_{в} = \frac{e_{пер}^{зал} + e_{тр}^{зал}}{e_{nH}} \quad (6)$$

які відносяться до критеріїв оптимальності розрахунку плану формування поїздів, то можна зазначити, що основною складовою є вартість вагоно-години, до якої наприкінці приводяться усі інші складові (такі як еквіваленти економії локомотиво- та бригадо-годин, еквіваленти переробки вагонів).

Ця витратна ставка розраховується для всієї мережі постійною, що не відповідає сучасним економічним умовам, що склалися при перевезеннях залізничним транспортом.

В сучасних умовах ринку транспортних послуг має місце значна диференціація тарифів та умов перевезень. Практикуються перевезення по договірних тарифах, пільгових тарифах, перевезення з додатковою платою за прискорене повернення вагонів, та багато інших, що має суттєвий вплив на розмір витратної ставки вартості однієї вагоно-години, як у бік збільшення, так і у бік зменшення.

Отже, ми маємо ситуацію, при якій вартість однієї вагоно-години буде різною не лише по залізницям, але й по окремим ділянкам та напрямкам.

Можуть виникати ситуації, при яких в одному струмені вагонопотоку будуть вагони з різними строками доставки та, відповідно, вагони що перевозяться по різним тарифам (підвищеним, для пріоритетного просування).

З цього можна зробити наступний попередній висновок: для мінімізації приведених витрат необхідно враховувати витратну ставку однієї вагоно-години окремо для кожного струменю вагонопотоку.

Якщо розглянути таку складову, як $t_{ек}$ (формула 4) – норма економії часу на один вагон потоку при прослідкуванні станції без переробки, то також можна впевнено довести, що ця величина не враховує такий момент, як змінне завантаження станції.

Оскільки вагонопотоки по мережі залізниць розподіляються нерівномірно, (на що впливає конкурентоспроможність напрямків, їх технічне оснащення, більше завантаження «дешевих» ходів та ін), то на окремих станціях можуть виникати збільшені простой вагонів у системі розформування, пов'язані з таким фактором, як додаткова переробка вагонів.

Згідно до останніх розпоряджень Укрзалізниці майже зі всіх крупних станцій вимагають зменшити показники простою вагонів, як з переробкою так і транзитних.

Однією з можливостей такого прискорення є більш інтенсивне використання сортувальної гірки. Наприклад на деяких станціях на гірках формують збірні поїзди, що в середньому дає їй додаткову зайнятість на строк біля 40 хвилин на кожен состав. При цьому діє ряд додаткових умов: постановка в «голову» поїзда вагонів, що перевозять метал та металопродукцію, включення до складу поїздів критих вагонів супроводження для проїзду воєнізованої охорони з метою підвищення збереженості вантажів, що перевозяться. На станціях де формуються довгосоставні та великовагові поїзди необхідно додатково переробляти вагонопоток для постановки в останню третину поїзда порожніх та легковісних вагонів.

На основі проведених досліджень були одержані графіки впливу цих факторів на час простою наведені на графіках 1 та 2.

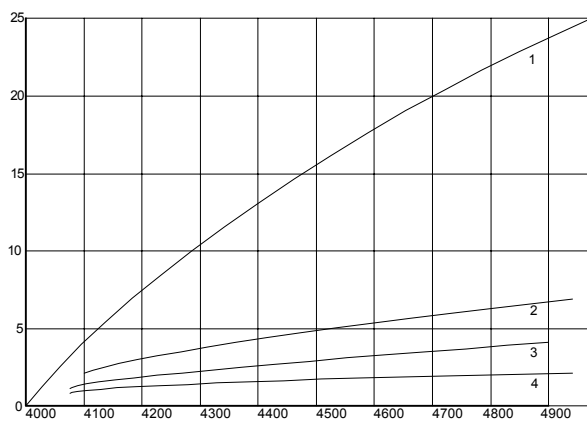


Рис. 1. Залежність простою вагонів з прибуття до розформування, від технічного оснащення станції

На графіку: 1 – послідовне розташування парків, автоматизована гірка, 17-24 колії у сортувальному парку; 2 – полісьдовне розташування парків, механізована гірка, 25-33 колії; 3 – послідовне розташування, механізована гірка, більше 32 колії; 4 – послідовне розташування, автоматизована гірка, більше 25 колії.

Дані цих графіків були одержані для обсягів перевезень які мали місце до розпаду СРСР, однак при наявності тенденції до зростання обсягів перевезень по мережі залізниць, та за умови, що при формування составу діють вищезгадані правила, щодо постановки порожніх вагонів в останню третину поїзда, додаткова переробка не зникла, а її розміри знизилися у досить незначних обсягах.

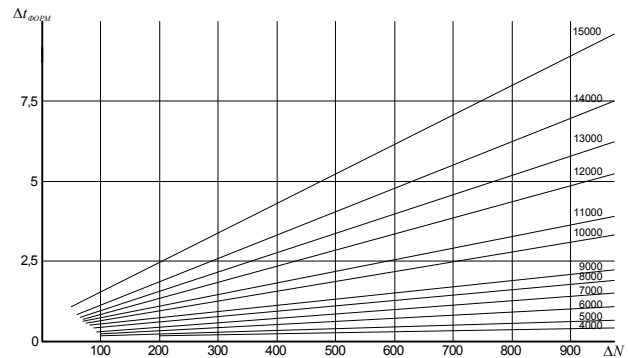


Рис. 2. Залежність простою рухомого складу в очікуванні формування від технічного оснащення комплексу формування

У розрахункових коефіцієнтах плану формування поїздів вплив такого фактору зовсім не враховано, а у цілому розрахуку це може призвести до того, що до 50 % відсотків часу проходження вагону на станції може бути не враховано.

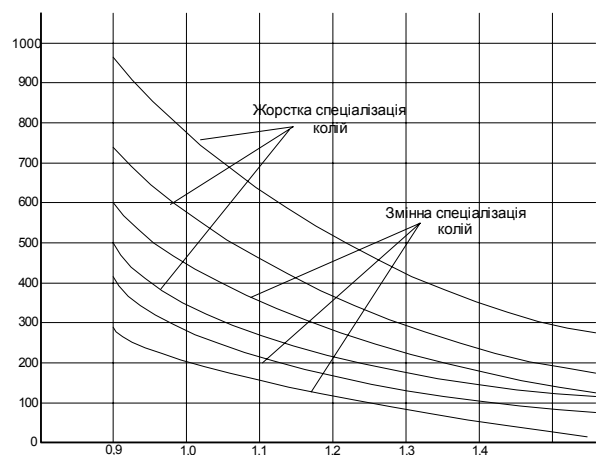


Рис. 3. Залежність розмірів додаткової переробки вагонів від співвідношення кількості сортувальних колій та кількості призначень (обсяги переробки 1600, 3500 та 5000 ваг/добу)

Через зниження у пострадянські часи обсягів перевезень на сортувальних станціях з'явилася можливість об'єднання декількох малодіяльних напрямків в один, а як наслідок – одержати додаткові вільні колії у сортувальному парку.

Як видно з наведеного вище графіку 3, при наявності вільних колій у сортувальному парку, що використовуються за змінною спеціалізацією, є можливість знизити обсяги додаткової переробки вагонів, та як наслідок, знизити величину t_{ek} , що також необхідно врахувати при розрахунках.

Отже, можна зробити наступні висновки: для оптимізації розподілу вагонопотоків на мережі залізниць, необхідно привести усі складові розрахунку плану формування у відповідність до умов, що склалися у ринкових умовах. Одним з складових цієї оптимізації може стати врахування завантаження станцій мережі, їх технічного оснащення та змінного обсягу додаткової переробки вагонів.

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України. Київ, 2005. 99 с.
2. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах СССР. – М.: Транспорт, 1984. – 256 с.
3. Архангельский Е.В. Нормативы расчета оптимального плана формирования одногруппных поездов из груженых вагонов. Вестник ВНИИЖТ, 2/99.
4. Сотников Е. А., Кутыркин А. В. Методика расчета организации вагонопотоков. Железнодорожный транспорт, 5/1981 г.

Надійшла до редколегії 20.04.2007.

ЛОГІСТИЧНИЙ ПІДХІД В УПРАВЛІННІ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Розглядається проблема узгодження роботи окремих підрозділів транспортної системи, які забезпечують перевезення вантажів для виконання поставок по схемі «виробництво – транспорт – споживач».

Рассматривается проблема согласования работы отдельных подразделений транспортной системы, которые обеспечивают перевозку грузов для осуществления поставок по схеме «производство – транспорт – потребитель».

Problem of work concordance of separate subdivisions of the transport system, which secure transportation of loads for realization of deliveries on chart «production – transport – an user» is considered.

Перехід у всесвітній практиці на виробництво продукції при оптимальних (прийнятних) запасах вихідних матеріалів (сировини) дозволяє знизити собівартість продукції. Це в умовах ринкової економіки підвищує конкурентну спроможність по її збуту.

Дозволяє цього досягти використання методів логістичного системного підходу в управлінні рухом матеріальних потоків на протязі всього шляху, починаючи з джерела вихідних матеріалів і закінчуючи споживачами продукції. Вказані методи вимагають забезпечення узгодженого співробітництва між всіма учасниками управління, як на мікрорівні (між підрозділами підприємств), так і на макрорівні (між підприємствами, які задіяні у задоволенні попиту на ту чи іншу продукцію промислового чи споживацького при-

значення).

Одним з найбільш вагомих витоків зниження собівартості продукції є скорочення розмірів запасів на всіх етапах руху матеріального потоку.

Як показав світовий досвід, використання логістичного підходу в управлінні рухом матеріальних потоків дозволяє скоротити розміри запасів на протязі всього шляху від 30 до 70 % витрат підприємств.

Підприємства, що працюють в умовах використання оптимальних (мінімально прийнятних) запасів сировини одержали назву «тощих виробництв». Для забезпечення безперервності у їх функціонуванні необхідне надійне і своєчасне відновлення вихідних матеріалів. Для вирішення цієї проблеми розглянемо в узагальненому вигляді схему причетного логістичного ланцюга, яка показана на рис. 1.



Рис. 1

Згідно з умови забезпечення встановленого попиту, підприємство-споживач сировини в ринкових умовах повинно вчасно відновлювати свої запаси, що безпосередньо залежить від злагодженої, надійної роботи зовнішнього транспорту і підприємств-постачальників.

Такі схеми постачання одержали назву перевезень «точно в строк», або перевезень «точно за розкладом». Безумовним елементом таких схем перевезень є забезпечення

надійної взаємодії при переході матеріальних потоків від постачальників вихідних матеріалів на зовнішній транспорт, і перехід з зовнішнього транспорту в пунктах призначення, при яких будуть виконуватись умови мінімізації витрат.

Забезпечення узгодженої передачі матеріального потоку (вантажів), при використанні в якості магістрального і промислового залізничного транспорту виконується на основі єдиних технологічних процесів (ЄТП).

В цих документах передбачено обґрунтування найбільш ефективної технологічної послідовності і тривалості операцій і виключення, або зведення до мінімуму тих, які не мають виробничої доцільності – операцій з очікування.

Операції з очікування здебільшого виникають через невідповідність пропускної і перероблювальної спроможностей і потужності тих чи інших елементів технологічних схем в пунктах взаємодії.

Однак, ЕТП станції відправлення і станції призначення поки що не узгоджуються між собою, що не дозволяє забезпечити наскрізне управління процесами перевезень на протязі всього логістичного ланцюгу і приводить до недоцільних витрат.

Узгодження і збалансованість цього процесу повинна виконуватись виходячи із сис-

темного підходу, який є базовим в логістичному управлінні.

Згідно з останнім, підприємство-постачальник повинно мати такий темп виробництва, при якому об'єми виробленої продукції будуть достатніми для створення запасів постачання відповідними транспортними партіями підприємству-споживачу.

При цьому важливим є і забезпечення відповідного ритму функціонування всіх елементів логістичного ланцюгу, що створював би єдиний синхронний темп виробництва, перевезення і споживання.

Остане означає, що у відповідний момент часу, який визначається договірними умовами відновлення запасів у споживача, підприємство-постачальник повинно мати таку кількість продукції, яка будучи перевезена по схемі «точно за розкладом» була б достатньою для відновлення запасів у підприємства-споживача.

Це відображено на рис. 2.

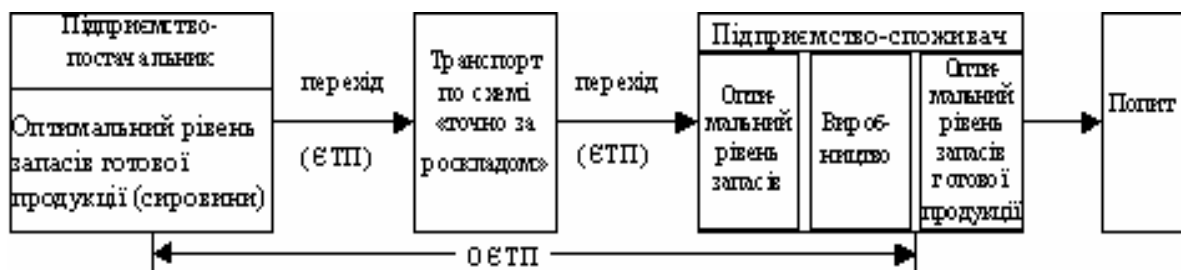


Рис. 2

З математичної точки зору, для досягнення узгодженості всіх ланок логістичного ланцюгу, необхідно вирішити пов'язані між собою дві задачі:

- визначити оптимальний рівень запасів готової продукції у підприємства-постачальника, при умові, що її достатньо для задоволення потреб одного або кількох споживачів;

- забезпечити своєчасне транспортування продукції споживачам по схемі «точно в строк» або «точно за розкладом».

З показаного витікає висновок, що обидва підприємства і транспорт повинні функціонувати в сприятливому ритмі, який забезпечував би безперервність виробництва і споживання при мінімальних витратах.

Для вирішення обох задач необхідно скласти математичні моделі, які відобразили б досягнення поставленої мети. Найбільш прийнятним для цього є використання економіко-математичних моделей (ЕММ).

З позиції логістики при системному підході моделі «виробництво – транспорт –

споживання» в результаті дослідження відповідною ЕММ можуть бути використані для узгодження складання єдиної технології на протязі всього логістичного ланцюга-системи, виробничі і транспортні параметри якої можна звести до наступних:

- тривалість виробничого циклу, на протязі якого зможе бути отримана відповідна кількість готової продукції у постачальника;

- величина транспортної партії вантажу, яка була б достатня для відновлення запасів у споживача;

- визначення виду транспорту і способу перевезення;

- перероблювальна спроможність фронту відвантаження продукції у виробника;

- перероблювальна спроможність фронту вивантаження продукції у підприємства-споживача.

Моделювання процесів виробничо-транспортної системи є багатоплановою проблемою і пов'язано з необхідністю вирішення широкого спектру задач при слідуючих модифікаціях:

– виробник виготовляє один вид продукції і має безпосередній (транзитний) зв'язок із споживачем (споживачами);

– виробник виготовляє декілька видів продукції при тій же формі транспортного зв'язку;

– виробник виробляє декілька видів продукції, яку доставляє споживачу через регіональні розподільчі центри (РРЦ).

Перераховані модифікації основної задачі можуть бути вирішені в детермінованій (заданій), або в стохастичній формі. При цьому можливі два варіанти функціонування схеми «виробництво – транспорт – споживач»:

– всі елементи схеми працюють синхронно;

– видача готової продукції виробником і відвантаження її в адресу споживача виконується синхронно (без виникнення додаткових запасів);

– видача готової продукції виробником і відвантаження її в адресу споживача виконується незалежно між собою, тобто режим роботи виробництва, транспортування і споживання є асинхронним, з появою додаткових запасів.

Побудова таких ЕММ і дослідження на них дозволять визначити необхідні параметри виробничо-транспортних систем, які дадуть змогу пов'язати між собою технологічні і технічні параметри логістичних систем на протязі всіх їх ланок, тобто створити об'єднані найбільш ефективні єдині технологічні процеси (ОЄТП): логістичного наскрізного управління рухом матеріальних потоків.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гаджинський А.М. «Логістика», – М. Видавництво ІВЦ «Маркетинг», 2006 р.
2. Смахов А.А. «Основи транспортної логістики», – М. Тр-т, 1995 р.

Надійшла до редколегії 20.04.2007.

В. М. БЕЗРУЧЕНКО, А. В. ШАПОВАЛОВ, Е. О. ЗАПИШНИЙ (ДІПТ)

ВПЛИВ ДОПУСКІВ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАГНІТНОЇ ЛАНКИ ДОДАТКОВИХ ПОЛЮСІВ НА СТЕПІНЬ ІСКРІННЯ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ

Розглянуто який вплив роблять допуски на виготовлення магнітного ланцюга додаткових полюсів на ступінь іскріння тягових двигунів. Показано вплив зміни повітряного зазору під додатковими полюсами на визначення області безіскрової роботи та правильне налагодження цієї області.

Рассмотрено какое влияние оказывают допуски на изготовление магнитной цепи добавочных полюсов на степень искрения тяговых двигателей. Показано влияние изменения воздушного зазора под добавочными полюсами на определение области безыскровой работы и правильную настройку этой области.

What influence render the tolerances on fabrication magnetic chain additional pole on degree of the sparking the tractive engines are considered. The influence of the change the air clearance under additional pole on determination of the area of withoutsparks work and correct adjustment of this area are shown.

Під комутацією колекторної машини постійного струму мають на увазі весь комплекс явищ, що виникають у контакті щітка-колектор. Робота цього вузла неминує супроводжуватися іскрінням, що залежно від різних причин може бути більш-менш інтенсивним.

Із всіх відомих причин, що впливають на іскріння під щіткою [1], тут ми приділимо увагу лише електромагнітним причинам, які викликають іскріння в результаті розриву додаткового поперечного струму комутації. Цей струм $i_{\text{дод}}$ виникає в короткозамкненій комутуючій секції під дією небалансової ЕРС Δe , що представляє собою залишкову величину після взаємодії реактивної e_p й комутаційної ЕРС. Остання вноситься в контур комутуючої секції додатковими полюсами, причому завжди прагнуть виконати умову $e_k = -e_p$. У цьому випадку, теоретично, комутація може бути безіскровою, тобто мати ступінь іскріння рівну 1 за ДСТ 183-74.

Оскільки комутаційна ЕРС є ЕРС обертання, то відповідно до закону Фарадея вона пропорційна індукції в зоні комутації B_k , що, у свою чергу, визначається станом магнітного ланцюга додаткових полюсів.

Таким чином, будь-які відхилення від розрахункових у розмірах ділянок магнітного ланцюга додаткових полюсів, викликані наявністю технологічних допусків, тобто відхилення від розрахункового значення величини $e_k \sim B_k$, неминує спричинити виникнення Δe , $i_{\text{дод}}$ і, як наслідок, іскріння. Додатковий поперечний струм комутації

$$i_{\text{дод}} = \frac{(e_p - e_k) + k_p \cdot e_p}{r_{\text{щ}} + r_c}, \quad (1)$$

де $r_{\text{щ}}$ – опір контакту щітка-колектор; r_c – опір секції.

Коефіцієнт $k_p = 0,18$ згідно [2] оцінює некомпенсовану частину ЕРС.

Опір $r_{\text{щ}}$ залежить від спадання напруги ΔU у двох перехідних шарах, що, у свою чергу, визначається щільністю струму в щітковому контакті і у широкому робочому діапазоні щільностей може бути в першому наближенні прийнятий рівним 2 В. [2].

Щіткове перекриття в сучасних тягових двигунів також у першому наближенні для подальших міркувань може бути прийняте $\gamma \approx 4,5$.

У цьому випадку, згідно [2], величина $r_{\text{щ}}$ буде дорівнювати:

$$r_{\text{щ}} = \frac{\Delta U}{I_{\text{щ}}} \cdot \gamma = \frac{9}{I_{\text{щ}}}, \quad (2)$$

де $I_{\text{щ}}$ – струм одного щіткотримача.

Далі, згідно [2],[3], варто визначити індуктивність комутуючої секції L_c ; при цьому необхідно знати повне значення провідності шляхів потоку розсіювання секції λ . Велика кількість виконаних розрахунків, перевірених на тягових двигунах, показало, що величина $\lambda \approx 3,6$. Тоді в першому наближенні

$$L_c = \frac{\pi}{\mu_0} \lambda \cdot l_{\text{я}} \cdot w_c^2 \cdot 10^{-6} = 9 \cdot l_{\text{я}} \cdot w_c^2 \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

де $l_{\text{я}}$ – довжина пакета заліза якоря, м; w_c – число витків у секції.

Для судження про допустимість тієї або іншої величини небалансової ЕРС А. Б. Йоффе запропонував критерій у вигляді фактора іскріння.

$$\Phi_{\text{и}} = \left(\frac{0,4}{D_k} \right)^{1,5} \frac{L_c \cdot i_{\text{дод}}^2 \cdot v_k}{2t_k \cdot L_{\text{щ}} \cdot 10^2}, \quad (4)$$

де D_k – діаметр колектора, м; $L_{\text{щ}}$ – довжина щіток одного щіткотримача, м; v_k – окружна швидкість колектора, м/с; t_k – колекторний розподіл, м.

Розглянемо вплив зміни величини повітряного зазору на комутуючий магнітний потік, що визначає якість комутації для конкретного тягового двигуна.

Розрахунковий розмір повітряного зазору між додатковим полюсом та якорем становить 5 мм. Креслярський розмір допускає відхилення по зборці та висоті сердечника додаткового полюса рівним $\pm 0,15$ мм. Допуск на розточення остова під полюсами становить $\pm 0,2$ мм, креслярський допуск на висоту зубців якоря $\pm 0,07$ мм. Крім того, можлива відмінність у розмірах діелектричних прокладок в «другому» повітряному зазорі між додатковим полюсом і станиною, а також їхнє нещільне прилягання друг до друга й до станини. Кожна діелектрична прокладка має креслярський допуск $\pm 0,15$ мм, а у випадку застосування двох прокладок повітряний зазор під додатковим полюсом $\delta_{\text{д}}$ може змінитися на $\pm 0,3$ мм. З огляду на ці фактори повітряний зазор може змінитися на $\pm 0,72$ мм.

Магнітна індукція в зоні комутації дорівнює:

$$B_k = \frac{\Phi_k}{l_{\text{я}} \cdot b_{\delta\text{д}}}, \quad (5)$$

де Φ_k – магнітний потік у зоні комутації, Вб; $b_{\delta\text{д}}$ – розрахункова дуга наконечника додаткового полюса, м;

$$b_{\delta\text{д}} = b_{\text{д}} + 2\delta_{\text{д}}, \quad (6)$$

де $\delta_{\text{д}}$ – повітряний зазор під, м; $b_{\text{д}}$ – ширина наконечника додаткового полюса, м.

Відповідно до методики, що викладена в [5], визначимо на скільки зміниться величина магнітного потоку в комутаційній зоні при зміні величини повітряного зазору.

Використовуючи вищевикладене одержимо при $\delta_{\text{д1}} = 5,72$ мм

$$b_{\delta\text{д1}} = 0,012 + 2 \cdot \delta_{\text{д1}} \cdot 10^{-3} = 0,0234 \text{ м},$$

$$B_{\text{к1}} = \frac{\Phi \cdot 0,94 \cdot 10^{-3}}{l_{\text{я}} \cdot b_{\delta\text{д1}}} = 0,084 \text{ Тл}.$$

Множник $2l_{\text{я}} \cdot w_c \cdot v_{\text{я}}$ у виразі для визначення $e_{\text{к}}$ не змінюється і дорівнює 22,13. У такий спосіб

$$e_{\text{к1}} = B_{\text{к1}} \cdot 22,13 = 1,8 \text{ В},$$

$$i_{\text{дод1}} = \frac{(2,1 - 1,8) + k_p \cdot 2,1}{r_{\text{щ}} + r_c} = 12,7 \text{ А},$$

при $\delta_{\text{д2}} = 4,28$ мм

$$b_{\delta\text{д2}} = 0,012 + 2 \cdot \delta_{\text{д2}} \cdot 10^{-3} = 0,021 \text{ м},$$

$$B_{\text{к2}} = \frac{\Phi \cdot 1,06 \cdot 10^{-3}}{l_{\text{я}} \cdot b_{\delta\text{д2}}} = 0,108 \text{ Тл},$$

$$e_{\text{к2}} = B_{\text{к2}} \cdot 22,13 = 2,39 \text{ В},$$

$$i_{\text{дод2}} = \frac{(2,1 - 2,39) + k_p \cdot 2,1}{r_{\text{щ}} + r_c} = 1,57 \text{ А}.$$

Оскільки для даного випадку всі величини у формулі (4), крім $i_{\text{дод}}$, не залежать від зміни параметрів додаткових полюсів, то незалежний множник дорівнює:

$$\left(\frac{0,4}{D_k} \right)^{1,5} \frac{L_c \cdot v_k}{2t_k \cdot L_{\text{щ}} \cdot 10^2} = 1,68 \cdot 10^{-3},$$

тоді фактор іскріння

$$\Phi_{\text{и}} = 1,68 \cdot 10^{-3} \cdot i_{\text{дод}}^2,$$

при $\delta_{\text{д1}} = 5,72$ мм

$$\Phi_{\text{и}} = 1,68 \cdot 10^{-3} \cdot i_{\text{дод1}}^2 = 0,14.$$

З характеристики, наведеної в [2], знаходимо ступінь іскріння, що дорівнює $1\frac{1}{2}$. При

$\delta_{\text{д2}} = 4,28$ мм $\Phi_{\text{и}} = 1,68 \cdot 10^{-3} \cdot i_{\text{дод2}}^2 = 1,5 \cdot 10^{-2}$, де ступінь іскріння дорівнює 1.

Оскільки при номінальному струмі якоря приймається $e_{\text{к}} = -e_p$, то через вплив допусків для номінального навантаження ступінь іскріння збільшиться й буде дорівнює $1\frac{1}{2}$. Зі збільшен-

ням навантаження Δe зростає і ступінь іскріння буде істотно перевищувати припустимі норми.

Досвід експлуатації тягових електричних машин постійного струму показав, що при ступені іскріння більше $1\frac{1}{2}$ можливе виникнення спалаху від провідних містків між суміжними ламелями. Спалах потім може перерости в колловий вогонь.

Ступінь іскріння також залежить від правильного визначення зони безискрової роботи. Вона, у свою чергу, залежить від значення небалансової ЕРС, що може змінитися в міру зміни повітряного зазору. Отже, використовуючи формулу В. Т. Касьянова [4], у якій відображається залежність зміни повітряного зазору від середньої точки області струмів додаткового живлення обмотки додаткових полюсів, можна розглянути вплив допусків на зону, при якій комутація буде залишатися безискровою.

Таким чином, після визначення зони безискрової роботи можна визначити нове значення повітряного зазору δ' або ж величину струму підживлення ΔI .

Значення «першого» повітряного зазору становить $\delta_{д1} = 5$ мм, а «другого» (діамагнітна прокладка) – $\delta_{д2} = 9$ мм. При цьому потрібно врахувати, що дія немагнітних прокладок можна вважати вдвічі більше сильним, чим дії «першого» зазору. Тоді фактичний зазор у додаткових полюсів складе 23 мм, а вплив допусків «другого» зазору теж буде збільшено вдвічі.

$$\delta' = \frac{\delta}{1 + \frac{\Delta I}{I} \cdot \frac{\Theta}{\Theta - 1}}, \text{ звідси} \quad (7)$$

$$\Delta I = (\delta' - \delta) \cdot \frac{I \cdot (\Theta - 1)}{\delta' \cdot \Theta}, \quad (8)$$

де δ – значення повітряного зазору, мм; I – струм навантаження, А; ΔI – відповідна струму I середня точка області струмів додаткового живлення додаткових полюсів для забезпечення безискрової роботи, А; Θ – відношення намагнічувальної сили додаткових полюсів і компенсаційної обмотки до сили, що намагнічує валову реакцію якоря:

$$\Theta = \frac{8pa \cdot (w_d + w_k)}{N \cdot a_d}, \quad (9)$$

У формулі (9) p – число пар полюсів; a – число пар паралельних гілок обмотки якоря; w_d – число витків на одному додатковому полюсі; w_k – число витків компенсаційної обмот-

ки навколо одного додаткового полюса; N – загальне число провідників у якорі; a_d – число паралельних гілок обмотки додаткових полюсів і компенсаційної обмотки.

У розглянутому випадку

$$\Theta = \frac{8 \cdot 3 \cdot 3 \cdot (7 + 9)}{984 \cdot 1} = 1,17.$$

Згідно (8) ΔI рівні:

- при $\delta_{д1} = 24,02$ мм

$$\Delta I_1 = (24,02 - 23) \cdot \frac{380 \cdot (1,17 - 1)}{24,02 \cdot 1,17} = 2,34 \text{ А},$$

- при $\delta_{д2} = 21,98$ мм

$$\Delta I_2 = (21,98 - 23) \cdot \frac{380 \cdot (1,17 - 1)}{21,98 \cdot 1,17} = -2,72 \text{ А}.$$

Таким чином, видно, на скільки змінюється необхідна величина струмів додаткового живлення через вплив допусків на виготовлення деталей магнітного ланцюга додаткових полюсів, і як наслідок, їхнє посилення або ослаблення для забезпечення прийняттого ступеня іскріння на колекторі. Зміна повітряного зазору в ланцюгу ДП приводить до відхилення середньої лінії та звуженню зони безискрової роботи.

Висновок: отримані результати показують, що технологічні та виробничі відхилення в розмірах магнітного ланцюга додаткових полюсів можуть призвести до розбіжностей у величинах струмів підживлення ΔI . Ці розбіжності можуть бути зменшені на 45%, якщо допуски на виготовлення будуть зменшені вдвічі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Безрученко В. М., Варченко В. К., Чумак В. В. Тягові електричні машини електрорухомого складу. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. – 252с.
2. Иоффе А. Б. Тяговые электрические машины. – М. – Л.: издательство «Энергия», 1965. – 232с.
3. Проектирование тяговых электрических машин. Под ред. М. Д. Находкина. Учебное пособие для вузов ж.-д. трансп. М., «Транспорт», 1976. 624с. Авт.: Находкин М. Д., Василенко Г. В.,
4. Бочаров В. И., Козорезов М. А.
5. Жерве Г. К. Промышленное испытание электрических машин. – М.: издательство «Энергия», 1959. – 463с.
6. Исаев И. П. Допуски на характеристики электрических локомотивов. – М.: «Транспорт», 1958. – 369 с.

Надійшла до редколегії 14.05.2007.

ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ И ИЗНОС ПЯТНИКОВОГО УЗЛА ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Приведені методика розрахунку зносу і результати розрахунку динамічною напруженості елементів п'ятникового вузла вантажного вагону.

Приведены методика расчета износа и результаты расчета динамической нагруженности элементов пятникового узла грузового вагона.

The method of wear calculation and calculation results of dynamical loading of elements in freight wagon center plate arrangement are present.

Узел пятник-подпятник является одним из ответственных и быстро изнашивающихся узлов трения. Значительный износ наблюдается уже через 1-2 года эксплуатации [1]. Замена или восстановление изношенных деталей связана с большими затратами материальных и трудовых ресурсов, поэтому все исследования, направленные на снижение износа являются актуальными. Для разработки более долговечных конструкций необходимо уметь прогнозировать износ такого узла на стадии проектирования методами компьютерного моделирования.

Прямое моделирование износа требует в конкретный момент времени задавать (статистически) массу вагона, скорость движения, состояние пути – (кривая – прямая и т.п.) оценивать положение кузова относительно тележки и действующие силы. Для этого положения и нагрузок нужно определять контактные давления и величины скольжений и удалять материал с трущихся поверхностей в соответствии с принятой теорией износа. Наиболее трудоемким здесь является решение контактной задачи, которое может потребовать для одной реализации нескольких часов, что делает прямое моделирование трудноrealizuemым.

Можно предположить, что относительные перемещения деталей и усилия в пятниковом узле не зависят от формы пятника и степени его износа, а определяются массой кузова, динамикой экипажа, скоростью, типом тележки, состоянием пути и т.п. В подобных задачах, как правило, принимают, что величина износа на поверхности контакта пропорциональна работе сил трения, т.е. определяется распределением контактных давлений, коэффициентом трения и величиной относительных перемещений поверхностей контакта.

Повторные расчеты по этой схеме должны привести к форме изношенного пятника. Время и пробег в процессе моделирования зависят от коэффициента, связывающего работу сил трения с износом, и могут быть определены экспериментально или методами идентификации по данным эксплуатации.

Поэтому первой частной задачей при моделировании процессов износа становится определение работы сил трения и траекторий относительного движения при различных положениях пятника относительно подпятника при движении вагона. Это можно сделать с помощью программного комплекса «Универсальный механизм», предназначенного для моделирования динамики системы твердых тел (www.umlab.ru) [2].

В моделях вагонов для «Универсального механизма» кузов, как правило, представляет собой твердое тело, имеющее инерциальные характеристики реального кузова. Для исследования различных задач упругие свойства кузова не играют заметной роли, однако для исследования процессов износа пятника, важно сохранить условия взаимодействия кузова и с подпятником и со скользящими на обеих тележках. В этих процессах крутильная жесткость кузова может оказать существенное влияние.

Для оценки влияния крутильной жесткости кузова на взаимодействие кузова с тележками модель грузового вагона в УМ была модифицирована. Кузов представлен двумя телами, связанными цилиндрическим шарниром, позволяющим поворот частей кузова относительно продольной оси, и пружиной, жесткость которой соответствует крутильной жесткости кузова. Таким образом, модель вагона в ПК УМ (рис. 1) включает в себя две тележки и кузов из двух соединенных частей. В тележке смодели-

рованы колесные пары, центральное подвешивание с клиновым гасителем и наддрессорная балка, все зазоры между конструктивными элементами учтены.

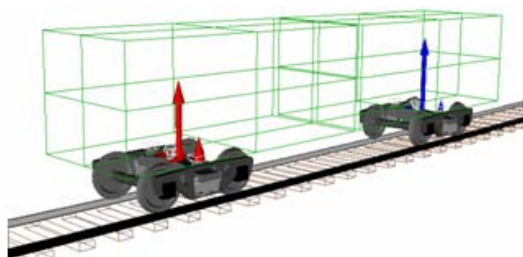


Рис. 1. Модель вагона в ПК UM

Для определения крутильной жесткости была подготовлена конечноэлементная модель кузова в программном комплексе DSMFem (www.dssoft.ru) [3] (рис. 2). Разбивка кузова включает около 120000 элементов. Расчеты для различных кузовов показали, что крутильная жесткость кузовов меняется в широких пределах, для полувагона она составила $1,24 \cdot 10^6$ Н·м/рад, для минераловоза – $1,28 \cdot 10^7$ Н·м/рад (влияние груза на жесткость не учитывалось).

Проведено моделирование движения полувагона на участке пути для различных профилей пути и скоростей движения. Моделировалось также движение вагона в составе электро-механической модели поезда при разгоне состава тепловозом с максимальной силой тяги. В качестве примера (рис. 3) приведены результаты моделирования движения полувагона со скоростью 30 км/ч в кривой.

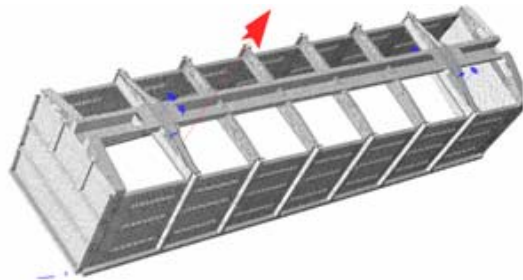


Рис. 2. Конечно-элементная модель кузова

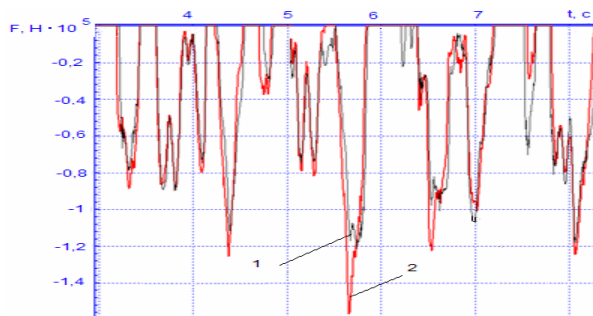


Рис. 3. Результаты расчета в UM вертикальной силы на скользуне:
1 – без учета крутильной жесткости;
2 – с учетом крутильной жесткости

Моделирование показывает, что в случае учета податливости кузова при кручении зависимости сил и углов поворота от времени качественно принципиально не изменяются, но количественно значения сил и углов отличаются на 15...25 %. Вертикальная сила на скользуне оказывает заметное влияние на извилистое движение тележки и, соответственно, на износ пятникового узла и учитывается при определении работы сил трения и прогнозировании износа пятникового узла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блохин, Е. П. Расчет грузовых вагонов на прочность при ударах. Учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп./ Е. П. Блохин, И. Г. Барабас, Л. А. Манашкин и др. – М.: Транспорт, 1989. 230 с.
2. Погорелов Д. Ю. Введение в моделирование динамики систем тел. – Брянск: БГТУ, 1997. - 156 с.
3. Sakalo V., Olshevsky A., Shevchenko K. RSFEM Program Package for Contact Units Investigation/Consideration of Railway Transport Problems. Proceedings of the 4th International Conference on Railway Bogies and Running Gears, Budapest, Hungary, 1998, pp. 162–164.

Поступила в редколлегию 22.05.2007.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ТЯГОВЫХ УСИЛИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫМ МАНЕВРОВЫМ ТЕПЛОВОЗОМ С ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Представлені методика і результати комп'ютерного моделювання нестационарних режимів асинхронного тягового приводу перспективного маневрового тепловоза з автономним інвертором напруги і векторним управлінням.

Представлены методика и результаты компьютерного моделирования нестационарных режимов асинхронного тягового привода перспективного маневрового тепловоза с автономным инвертором напряжения и векторным управлением.

The computer modeling method and results of dynamical modes in asynchronous traction drive on perspective diesel locomotives with voltage inverters and vector control are present

Применение на тепловозах асинхронных тяговых двигателей (АТД) позволяет повысить реализуемые тяговые усилия. В рамках стратегии ОАО РЖД по созданию и эксплуатации локомотивов нового поколения на 2005-2008 годы намечены разработка и создание опытных образцов тепловозов с асинхронным тяговым приводом (АТП). Доля маневровых тепловозов составляет 30,6 % общего локомотивного парка России, поэтому проектирование новых маневровых тепловозов с высокой реализацией сил сцепления весьма актуально.

На опытном образце маневрового тепловоза ТЭМ21, разработанном Брянским машиностроительным заводом (БМЗ) совместно с Всероссийским научно-исследовательским и конструкторско-технологическим институтом подвижного состава (ВНИКТИ МПС), используются асинхронные двигатели ДАТ305, питаемые от автономного инвертора тока (АИТ). В перспективе планируется производить тепловозы с питанием АТД от автономного инвертора напряжения (АИН), обладающего более высокими динамическими свойствами. Исследование на стадии проектирования различных динамических режимов работы привода, особенно аварийных и нестационарных, которые могут сопровождаться повышенными нагрузками, как в электрической, так и в механической подсистемах привода, наиболее целесообразно вести на основе компьютерного моделирования. Для уточненного анализа нестационарных режимов, например таких распространенных как буксование, одноосной или двухосной модели тягового привода [1] недостаточно, необходима электромеханическая мо-

дель тепловоза с учетом особенностей конструкции ходовой части и перераспределения нагрузки по осям тепловоза в режиме тяги. Поэтому для расчета динамики механической подсистемы тепловоза использован программный комплекс (ПК) «Универсальный механизм» (УМ) [2]. Моделировалась механическая часть маневрового тепловоза ТЭМ21. На тепловозе применена двухосная тележка с двухступенчатым рессорным подвешиванием и наклонными тягами, модель которой (рис. 1) входит в общую модель тепловоза.

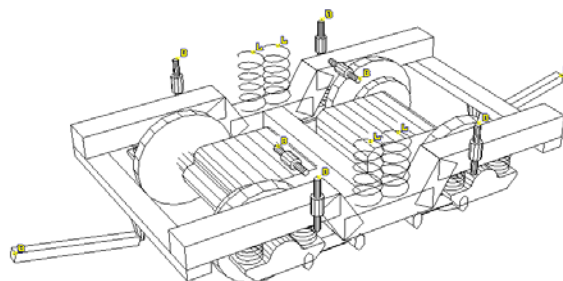


Рис. 1. Модель тележки тепловоза ТЭМ21 в УМ

Для моделирования режимов буксования и юза в четвертую версию ПК УМ заложены аппроксимации кривой сцепления по методу Д. К. Минова [3].

Моделирование электрической части выполнялось в двух вариантах: с использованием программы расчета электромеханических процессов в тяговых электроприводах локомотивов при нестационарных и аварийных режимах (ПРЭП) [4], разработанной в среде Delphi, и с применением ПК MatLab/Simulink, причем модели MatLab интегрируются в модели ПК УМ при помощи специального интерфейса.

Для обеспечения высоких динамических качеств в АТП применяются системы векторного управления. Существуют различные разновидности векторного управления, но в самом общем случае их можно разделить на системы с классическими алгоритмами управления (классические) и системы нового поколения, использующие методы разрывного управления.

Наибольшее распространение в современных электроприводах с классическим векторным управлением получили системы с поддержанием на заданном уровне вектора потокосцепления ротора Ψ_r . Векторное управление в данном случае основано на принудительной ориентации тока статора по потокосцеплению ротора. Это достигается за счет пространственного разделения на взаимно перпендикулярные составляющие векторов тока и потокосцепления. Чтобы обеспечить такое разделение необходимо при отработке алгоритма регулирования преобразовать трехфазную систему координат в двухфазную, выполнить преобразование величин из неподвижной системы координат во вращающуюся, сравнить полученные сигналы с заданными, произвести коррекцию, а затем осуществить обратное координатное и двухфазно-трехфазное преобразование. В результате названных преобразований, а также с учетом необходимой развязки контуров регулирования, удастся получить независимые каналы управления моментом и скоростью, при которых система управления асинхронным приводом аналогична системе управления двигателем постоянного тока. В качестве силового преобразователя в рассмотренных системах векторного управления принято использовать автономные инверторы на базе широтно-импульсной модуляции (ШИМ) (Pulse Width Modulation - PWM).

Иллюстрацией дальнейшего развития систем векторного управления может служить современная разработка с использованием методов разрывного управления, впервые реализованная фирмой ABB, и получившая в мировой практике название системы «прямого управления моментом» (Direct Torque Control - DTC). Такое управление является разновидностью векторного управления, т.к. тоже использует информацию о векторе (модуле и угле) потока. Данные системы в силу ряда характерных особенностей [5] наиболее предпочтительны в тяговых электроприводах. Структуры прямого управления моментом также позволяют получать качественные динамические и статические показатели, но в отличие от классических схем векторного управления, не требуют преобразований во вращающуюся систему

координат, а используют релейный принцип формирования управляющих сигналов. В качестве силового преобразователя в DTC обычно применяются автономные инверторы напряжения с пространственно-векторной модуляцией (Space Vector Modulation - SVM). В модели перспективного маневрового тепловоза использована система DTC.

Принцип DTC поясним на основе математической модели асинхронного двигателя (АД) в неподвижных координатных осях α - β [5]:

$$\begin{aligned}\frac{d\psi_{s\alpha}}{dt} &= -\frac{R_s}{\sigma L_s} \psi_{s\alpha} + \frac{R_s L_\mu}{\sigma L_s L_r} \psi_{r\alpha} + U_\alpha, \\ \frac{d\psi_{s\beta}}{dt} &= -\frac{R_s}{\sigma L_s} \psi_{s\beta} + \frac{R_s L_\mu}{\sigma L_s L_r} \psi_{r\beta} + U_\beta, \\ \frac{d\psi_{r\alpha}}{dt} &= \frac{R_r L_\mu}{\sigma L_s L_r} \psi_{s\alpha} - \frac{R_r}{\sigma L_r} \psi_{r\alpha} - p_n \omega \psi_{r\beta}, \\ \frac{d\psi_{r\beta}}{dt} &= \frac{R_r L_\mu}{\sigma L_s L_r} \psi_{s\beta} - \frac{R_r}{\sigma L_r} \psi_{r\beta} + p_n \omega \psi_{r\alpha}, \\ M &= \frac{3}{2} p_n \frac{L_\mu}{\sigma L_s L_r} (\psi_{s\beta} \psi_{r\alpha} - \psi_{s\alpha} \psi_{r\beta}),\end{aligned}\quad (1)$$

где $\sigma = 1 - \frac{L_\mu^2}{L_s L_r}$ – коэффициент рассеяния двигателя; L_μ – приведенная взаимная индуктивность обмоток статора и ротора; L_s – собственная индуктивность обмотки статора; L_r – приведенная собственная индуктивность обмотки ротора; R_s , R_r – активные сопротивления обмоток статора и ротора соответственно; $\psi_{s\alpha}$, $\psi_{s\beta}$ – потокосцепления обмоток статора; $\psi_{r\alpha}$, $\psi_{r\beta}$ – потокосцепления обмоток ротора; U_α , U_β – напряжения статора; ω – скорость ротора; p_n – число пар полюсов двигателя; M – электромагнитный момент двигателя.

Момент АД пропорционален мнимой части произведения векторов потокосцепления статора и ротора, или, что одно и то же, пропорционален произведению их модулей и значению синуса угла между ними. Модуль потокосцепления ротора меняется медленно, так как постоянная времени ротора достаточно велика. Модуль потокосцепления статора, если рассматривать небольшой отрезок времени, можно принять постоянным. Поэтому управление электромагнитным моментом двигателя осуществляется в основном путем изменения угла между потокосцеплениями. Это достигается за счет выбора вектора напряжения, вызывающего такое изменение положения потокосцепления статора относительно потокосцепления ротора,

которое обеспечивает необходимый знак приращения электромагнитного момента и одновременно – необходимый знак приращения модуля потокосцепления. В каждом из шести секторов, на которые разбивается координатная плоскость, существует определенный набор векторов напряжения для всех возможных комбинаций требуемых знаков изменения модуля потокосцепления и момента [5]. В результате, несмотря на то, что векторные преобразования в системе DTC отсутствуют, а используются только релейные регуляторы, вращение вектора потокосцепления статора обеспечивается с требуемой частотой при поддержании модуля вектора потокосцепления на заданном уровне.

Поскольку непосредственное измерение момента и потокосцеплений связано с известными практическими трудностями (отсутствие достаточно простых и точных датчиков момента и потока), то необходимо косвенное измерение этих величин (вычисление значений по модели). Модель асинхронного двигателя можно реализовать согласно уравнениям [6]

$$\begin{aligned} \frac{d\psi_{s\alpha}}{dt} &= U_{\alpha} - i_{s\alpha} R_s, \\ \frac{d\psi_{s\beta}}{dt} &= U_{\beta} - i_{s\beta} R_s, \\ M &= \frac{3}{2} p_n (\psi_{s\alpha} i_{s\beta} - \psi_{s\beta} i_{s\alpha}), \end{aligned} \quad (2)$$

где $i_{s\alpha}$, $i_{s\beta}$ – токи статора.

Так как сопротивление статора изменяется в функции температуры, модель для повышения точности целесообразно сделать адаптивной.

После получения информации о текущем состоянии проекций потокосцеплений на оси α и β необходимо определить, в каком секторе находится вектор ψ_s . Сделать это можно разными способами: с применением логического автомата, FUZZY – логики, нейронной сети [5].

Вариант принятой для моделирования структурной схемы АТП тепловоза с системой прямого управления моментом представлен на рис. 2. Используется индивидуальное регулирование осей, схема DTC приведена для одной оси.

Входным сигналом для системы управления является свободная мощность на тягу $P_{св}$, которая на каждой позиции контроллера машиниста КМ вычисляется регулятором мощности РМ дизеля дизель-генераторной установки Д-СГ и поступает в блок вычисления задания момента БВМ. Заданный момент M_3 получается путем деления свободной мощности на число осей тепловоза и среднюю частоту вращения $\omega_{ср}$ роторов АД, вычисляемой в блоке вычисления

средней скорости БВСС (при наличии датчика скорости тепловоза следует делить на скорость локомотива, приведенную к валу ротора ω_l). При пуске БВМ ограничивает значение момента на требуемом уровне (пуск при постоянном моменте), задается также темп нарастания момента. После выхода на полную для данной позиции контроллера мощность дизеля двигателя, работая при постоянстве мощности, автоматически переходит в режим ослабления поля. Для этого сигнал $\omega_{ср}$ (ω_l) подается в блок вычисления задания потокосцепления БВП, представляющий собой электронную таблицу зависимости потокосцепления статора ψ_s от $\omega_{ср}$ для данной позиции КМ, при этом можно задать поток с учетом минимизации потерь. На участках без ограничения скорости работает только контур момента (с защитой от буксования) и тепловоз разгоняется до установившейся скорости, при которой тяговый момент равен моменту сопротивления движению.

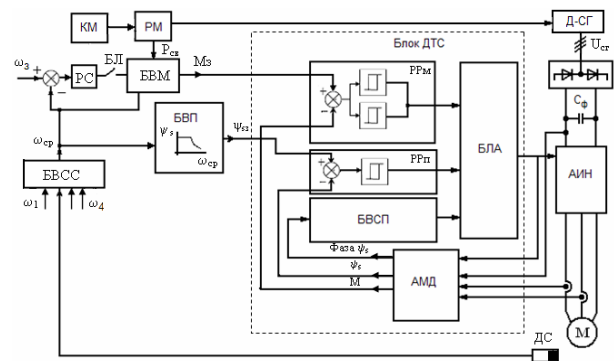


Рис. 2. Структурная схема АТП тепловоза

Если для определенного перегона требуется ограничить скорость на заданном значении ω_3 , то по сигналу машиниста блоком логики БЛ подключается контур регулирования скорости, и сигнал с выхода регулятора скорости РС становится входным для внутреннего контура момента. В этом случае БВМ ограничивает задание на момент, если оно становится больше предела по сцеплению или по мощности дизеля. Сформированные задания на момент (M_3) и потокосцепление (ψ_{s3}) подаются в блок ДТС, в котором они сравниваются с фактическими значениями момента и потокосцепления (M и ψ_s), вычисленными адаптивной моделью двигателя АМД. По сигналам рассогласования в блоках релейного регулирования момента РРМ и потока РРП, представляющих собой трехпозиционное и двухпозиционное реле соответственно производится регулирование в скользящем режиме момента и потока двигателя.

В блоке АД осуществляется вычисление потока статора (модуля и фазы вектора ψ_s) и момента по введенной в него информации: токам двух фаз статора АД, напряжению цепи постоянного тока и положению ключей АИН; может производиться также вычисление скорости АД и частоты выходного тока АИН. Таким образом, модель АД осуществляет организацию обратных связей по регулируемым переменным в системе автоматического регулирования. По значению фазы вектора ψ_s блок определения сектора потока БВСП определяет, в каком из секторов находится вектор ψ_s .

Далее сигналы с РРм, РРп и БВСП поступают в модуль быстродействующего логического автомата БЛА, переключающего ключи автономного инвертора в зависимости от оптимизации вектора выходного напряжения АИН по предельным отклонениям момента и потока статора. Частота коммутации ключей зависит от величины гистерезисного допуска релейных регуляторов момента и потокосцепления. Для защиты от буксования выполняется стабилизация скольжения колес, сигнал пропорционально-интегрального регулятора скольжения (РСк) подключается в БВМ при срабатывании защиты от буксования для формирования M_3 (при вычислении скольжения используется сигнал линейной скорости локомотива). Модель позволяет также выполнить пуск тепловоза под контролем регулятора скольжения с максимально возможной при данных условиях сцепления силой тяги.

Адекватность моделирования подтверждается удовлетворительным совпадением результатов, полученных в различных программных комплексах (UM-ПРЭП, UM-MatLab, MatLab/Simulink/SimPowerSystems) на уточненных и упрощенных электромеханических моделях.

Маневровый тепловоз обычно работает с низкими скоростями, но часто при максимальных тяговых нагрузках. Поэтому целесообразным является моделирование режима, когда до выхода на максимальную мощность разгон на 8-й позиции контроллера машиниста осуществляется под контролем РСк (с предельным по условиям сцепления M_3), далее происходит переход к вычислению M_3 делением свободной мощности на скорость и по мере разгона автоматически реализуется режим ослабления поля. В качестве примера на рис. 3, 4 приведены результаты моделирования в UM-MatLab разгона маневрового тепловоза с составом 2000 т на 8-й позиции контроллера машиниста при использовании тяговых двигателей ДАТ305. По-

тенциальный коэффициент сцепления (рис. 3) в ПК UM ступенчато снижается с 0,33 до 0,1 в интервал времени $9 \leq t \leq 14$ с. Графики электромагнитного момента (M) и линейной скорости на ободе правого колеса (V_k) приведены для третьей оси четырехосного тепловоза; V_l – скорость тепловоза, t – время.

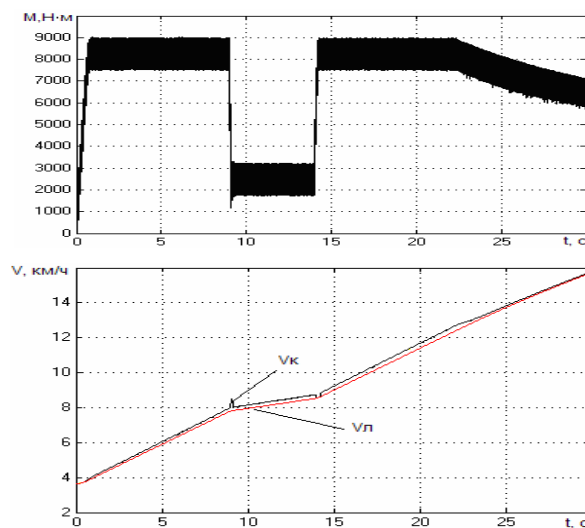


Рис. 3. Результаты моделирования разгона тепловоза при ухудшении условий сцепления

При ухудшении условий сцепления РСк автоматически снижает задание на момент так, чтобы сохранить скольжение на заданном уровне (2,2 %). При пуске под контролем РСк реализуется максимально возможная сила тяги каждой оси (и тепловоза в целом), но при хороших условиях сцепления из-за неравномерного распределения вертикальных нагрузок двигателя наиболее нагруженных осей оказываются перегруженными по току (рис. 4). Графики электромагнитного момента (M) и тока (I) приведены для первой (1) и четвертой (4) осей.

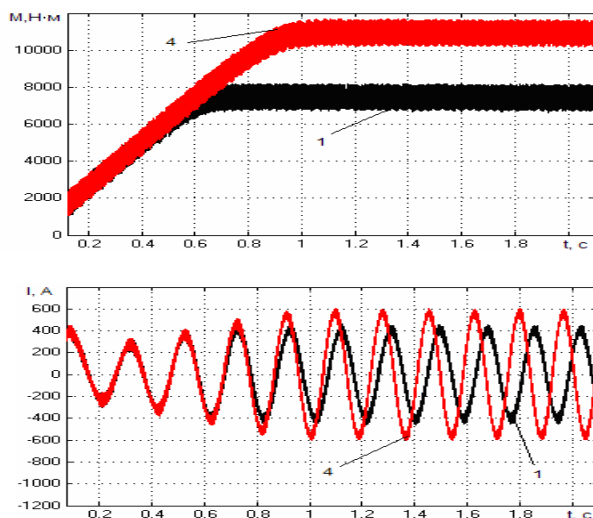


Рис. 4. Результаты моделирования разгона тепловоза

Выводы. 1. Разработана электромеханическая модель перспективного маневрового тепловоза с векторным управлением АТП, позволяющая рассчитывать динамические нагрузки в электрической и механической подсистемах при нестационарных режимах.

2. Система векторного управления с регулятором скольжения позволяет при различных профилях и состоянии пути реализовать использование потенциальных условий сцепления на уровне свыше 90 %, но при пуске в хороших условиях сцепления и реализации максимальных тяговых усилий наблюдаются перегрузки по току АТД 2-й и 4-й осей до 25...30 %.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 05-01-00756.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федяева Г.А., Федяев В.Н. Математическое моделирование электромеханических процессов в

асинхронном тяговом приводе тепловоза ТЭМ21 // Вестник ВНИИЖТ. – 2005. – № 6. – С. 39–45.

2. Погорелов Д.Ю. Введение в моделирование динамики систем тел. – Брянск: БГТУ, 1997. – 156 с.
3. Минов Д. К. Повышение тяговых свойств электровозов и тепловозов с электрической передачей. – М.: Транспорт, 1965. – 267 с.
4. Федяева Г. А., Федяев В. Н. Программный комплекс для расчета электромеханических процессов в тяговых электроприводах локомотивов при нестационарных и аварийных режимах // Вест. Брянского техн. ун-та. Изд-во БГТУ, 2004. – № 2. – С. 117–123.
5. Козярук А. Е., Рудаков В. В., Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов, Санкт-Петербургская электротехническая компания, 2004. – 128 с.

Поступила в редколлегию 27.04.2007.

Г. А. ФЕДЯЕВА, В. Н. ФЕДЯЕВ (Брянский государственный технический университет, Россия)

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ПЕРСПЕКТИВНОГО МАГИСТРАЛЬНОГО ТЕПЛОВОЗА

Виконано комп'ютерне моделювання електромеханічної системи магістрального тепловоза 2ТЭ25К з індивідуальним регулюванням осей, приведені результати розрахунку режимів буксування

Выполнено компьютерное моделирование электромеханической системы магистрального тепловоза 2ТЭ25К с индивидуальным регулированием осей, приведены результаты расчета режимов буксования.

The computer modeling of trunk diesel locomotive 2TE25K electromechanical system with separately axle regulation is carry out, results of skidding modes calculation are present.

Российский локомотивный парк требует качественного и количественного обновления. Разрабатываемые новые магистральные и маневровые тепловозы должны иметь улучшенные тяговые качества. Повышение тяговых свойств требует реализации предельных тяговых усилий для всех осей локомотива. Движение на пределе по сцеплению каждой оси достигается при индивидуальном управлении приводом осей за счет формирования тяговых характеристик с регулируемой жесткостью. Проектирование новых магистральных машин 2ТЭ25К с традиционными тяговыми двигателями постоянного тока (ДПТ) ЭДУ133 и индивидуальным (поосным) регулированием, повышающим жесткость электромеханических характеристик двигателей последовательного возбуждения при буксовании, делает весьма актуальным исследование влияния электрической и механической подсистем магистрального тепловоза на реализацию предельных тяговых усилий.

Для анализа нестационарных режимов разработана электромеханическая модель магистрального тепловоза. Моделирование механической подсистемы выполнено в программном комплексе (ПК) «Универсальный механизм» (УМ) [1]. Расчетная схема механической части составлена с использованием подсистем (колесно-моторный блок, тележка и т.д.) и включает 85-90 степеней свободы. Модель позволяет производить расчеты с учетом динамического перераспределения нагрузок по осям тепловоза в нормальных и нестационарных режимах тяги для различных конструкций ходовой части. Тепловоз 2ТЭ25К имеет трехосные тележки с опорно-осевым подвешиванием тяговых двигателей. Для оценки тяговых качеств тепловоза при различных конструкциях ходовой части рассмотрены варианты экипажа с серийной тележкой тепловоза 2ТЭ116 и тележками с двухступенчатым рессорным подвешиванием: с низко опущенным шкворнем (рис. 1) или наклонными тягами.

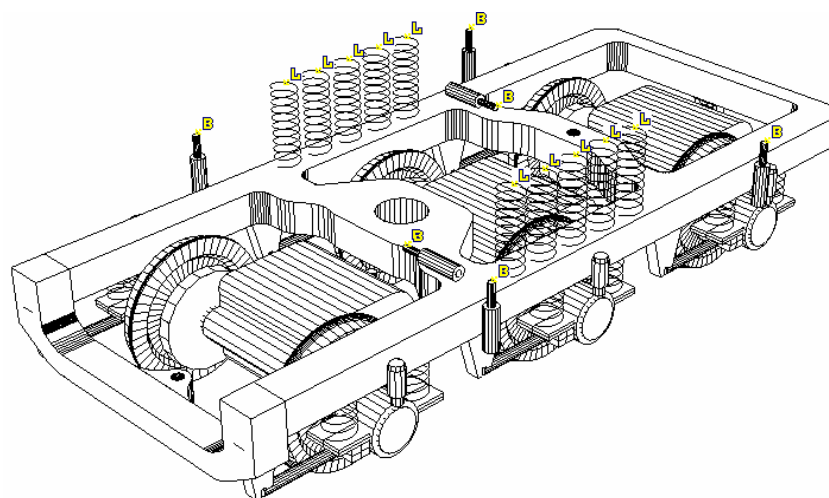


Рис. 1. Модель подсистемы «тележка» в ПК УМ

Модель электрической части включает модели контроллера машиниста; тягового агрегата; шести ДПТ с учетом вихревых токов; системы автоматического регулирования (САР), в том числе системы поосного регулирования. Моделирование электрической части выполнялось в двух вариантах: с использованием программы расчета электромеханических процес-

сов в тяговых электроприводах локомотивов при нестационарных и аварийных режимах (ПРЭП) [2], разработанной в среде Delphi, и с применением ПК MatLab/Simulink.

Моделируемая принципиальная схема силовой электрической части тепловоза приведена на рис. 2.

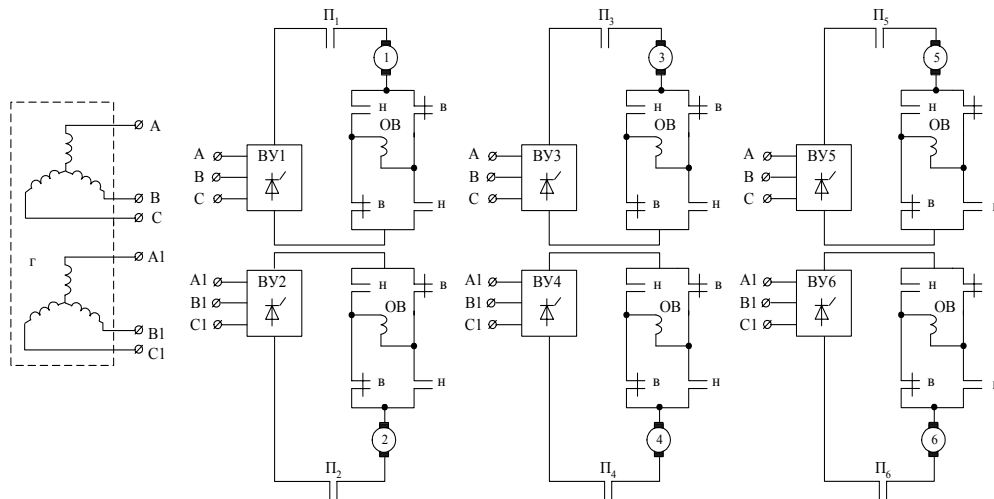


Рис. 2. Силовая электрическая схема тепловоза с индивидуальным регулированием осей

При использовании MatLab моделирование дизель-генераторной установки тепловоза и системы управления двигателями выполняется на основе приведения динамических процессов в синхронном генераторе Г (рис. 2) и выпрямительных установках (ВУ1-ВУ6) к звену постоянного тока (к выходу тягового модуля). Для каждой позиции контроллера машиниста (КМ) задается величина мощности дизеля $P_{Ди}$, приведенная к звену постоянного тока. При переключении позиций контроллера инерционность процессов в дизеле учитывается введением инерционного звена первого порядка. Далее формируются внешние характеристики генератора, приведенные к звену постоянного тока, по уравнениям

$$\begin{cases} U_{d3} = k_1 (I_{огр} - \sum I_{M_n}) + \frac{1}{T_1} \int (I_{огр} - \sum I_{M_n}) dt, \\ \text{если } (U_{d3} \cdot \sum I_{M_n}) < P_{Ди}; \text{ иначе } U_{d3} = \frac{P_{Ди}}{\sum I_{M_n}}; \\ \text{если } U_{d3} \geq U_{d \max_i}, \text{ то } U_{d3} = U_{d \max_i}; \\ U_d = \frac{1}{T_2} \int (U_{d3} - U_d) dt, \end{cases} \quad (1)$$

где $P_{Ди}$ – мощность дизеля на i -й позиции КМ ($i = 1 \dots 15$), приведенная к звену постоянного тока; U_{d3} – заданное выходное напряжение ге-

нератора, приведенное к звену постоянного тока; k_1 – коэффициент усиления пропорционально-интегрального регулятора (ПИИ-регулятора); T_1 – постоянная времени ПИИ-регулятора; $I_{огр}$ – ограничение по току на заданной позиции КМ; I_{M_n} – ток двигателя n -й оси секции тепловоза ($n = 1 \dots 6$); U_d – выходное напряжение генератора, приведенное к звену постоянного тока; T_2 – постоянная времени цепи генератора.

В системе (1) первое уравнение отражает работу электропривода в зоне ограничения по току (до выхода на заданную для соответствующей позиции КМ мощность), второе – соответствует работе тепловоза при постоянстве мощности, третье – описывает работу в зоне ограничения по напряжению. Четвертое уравнение системы (1) учитывает инерционность процессов в системе автоматического регулирования (САР) генератора.

При нормальных условиях сцепления напряжение U_d , вычисленное в соответствии с (1), подается непосредственно на инерционное звено первого порядка, включенное перед каждым двигателем и учитывающее динамические процессы в выпрямителе, и далее – на тяговые двигатели. Следовательно, напряжение U_{dn} , идущее на небуксующий двигатель, равно U_d .

При увеличении скорости проскальзывания колес выше заданного порогового значения

срабатывает защита от буксования и напряжение, подаваемое на звено, учитывающее инерционность выпрямителя и подводимое далее к буксующему двигателю, регулируется по закону [3]

$$U_{dn} = U_{d0n} - k_{1b} \cdot \Delta V_n - k_{2b} \cdot a_n, \quad (2)$$

где U_{dn} – напряжение на буксующем двигателе; U_{d0n} – напряжение на буксующем двигателе в момент, предшествующий буксованию; k_{1b} – коэффициент усиления по разности скоростей; $\Delta V_n = V_n - V_l$ – разность между линейной скоростью обода колеса буксующей оси (V_n) и скоростью локомотива (V_l); a_n – ускорение обода колеса буксующей оси; k_{2b} – коэффициент усиления по ускорению.

Исследовался также вариант управления, когда в формулу (2) вместо величины U_{d0n} подставлялось напряжение U_d , вычисленное по выражению (1). Коэффициенты k_{1b} и k_{2b} , нелинейно зависящие от ΔV_n и a_n , задаются таблично с интерполяцией промежуточных значений, их величина подбирается при моделировании.

Для уточнения модели двигателя последовательного возбуждения в нормальных, и особенно в аварийных и нестационарных режимах следует, учесть влияние вихревых токов, наводимых в магнитопроводе при изменении потока двигателя. При моделировании тягового двигателя с учетом вихревых токов в данной работе применен упрощенный подход [4, 5], при котором реальный контур вихревых токов заменяют фиктивным (с числом витков W_0 и сопротивлением R_0), расположенным по продольной оси β обобщенной машины (рис. 3), и связанным с потоком Φ по данной оси коэффициентом связи, равным единице. При этом в фиктивном контуре течет ток I_0 , обмотки якоря и возбуждения двигателя обтекаются одним и тем же током I_μ (ослабление поля в данном случае не учитывается). В цепь якоря входят суммарная индуктивность L_μ и суммарное сопротивление R_μ , включающие индуктивности и сопротивления обмоток якоря, дополнительных полюсов и компенсационной соответственно; собственная индуктивность обмотки возбуждения L_σ ; сопротивление обмотки возбуждения R_σ и противо-ЭДС двигателя E_μ . Система уравнений двигателя в неподвижных осях α, β имеет вид

$$\left. \begin{aligned} \frac{dI_\mu}{dt} (L_\mu + L_\sigma(I_\mu)) + \frac{dI'_0}{dt} L_\mu &= U - I_\mu (R_\mu + R_\sigma) - c \cdot \Phi(I_\mu) \cdot \omega \\ \frac{dI_\mu}{dt} L_\mu + \frac{dI'_0}{dt} L_\mu &= -I'_0 \cdot R'_0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $I_\mu = I_\mu + I'_0$ – ток намагничивания;

$I'_0 = I_0 \frac{W_0}{W_\mu}$ – вихревой ток, приведенный к об-

мотке возбуждения; W_μ – число витков обмот-

ки возбуждения; $R'_0 = \frac{W_\mu^2}{W_0^2} R_0$ – приведенное

сопротивление контура вихревых токов; $L_\mu(I_\mu)$ – индуктивность обмотки возбуждения, рассчитываемая на основе кривой намагничивания; $L_\mu = L_\mu(I_\mu) - L_\sigma$ – приведенная взаимная индуктивность обмотки возбуждения и контура вихревых токов; L_σ – индуктивность рассеяния главных полюсов; $\Phi(I_\mu)$ – магнитный поток двигателя, определяемый по характеристикам машины; c – постоянная двигателя; ω – угловая скорость вращения ротора. Параметры контура вихревых токов W_0, R_0 уточняются по экспериментальным данным [4].

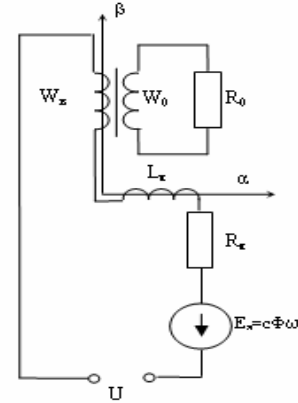


Рис. 3. Принципиальная схема модели ДПТ

Выражая из системы (3) производные токов, получаем уравнения двигателя в форме Коши.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dI_\mu}{dt} &= \left\{ L_\mu [U - I_\mu (R_\mu + R_\sigma) - c \cdot \Phi(I_\mu) \cdot \omega] + \right. \\ &\quad \left. + L_\mu \cdot I'_0 \cdot R'_0 \right\} / \left\{ L_\mu (L_\mu + L_\sigma(I_\mu)) - L_\mu^2 \right\} \\ \frac{dI'_0}{dt} &= \left\{ -I'_0 \cdot R'_0 (L_\mu + L_\sigma) - \right. \\ &\quad \left. - L_\mu [U - I_\mu (R_\mu + R_\sigma) - c \cdot \Phi(I_\mu) \cdot \omega] \right\} / \left\{ L_\mu (L_\mu + L_\sigma(I_\mu)) - L_\mu^2 \right\} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Выходными параметрами для электрической подсистемы тепловоза и входными для механической являются электромагнитные моменты двигателей

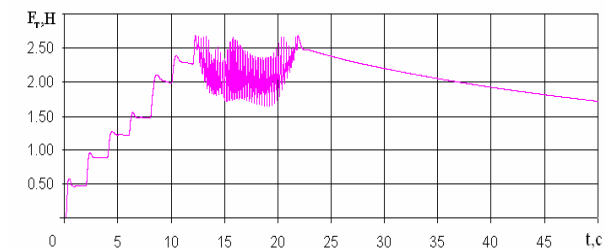
$$M = c \cdot \Phi(I_{\mu}) \cdot I_{\gamma}.$$

Скорости роторов ω , входящие в уравнения (4), определяются при расчете механической части в ПК UM. Кривые $\Phi(I_{\mu})$ и $L_{\nu}(I_{\mu})$ в MatLab задаются таблично с интерполяцией промежуточных значений.

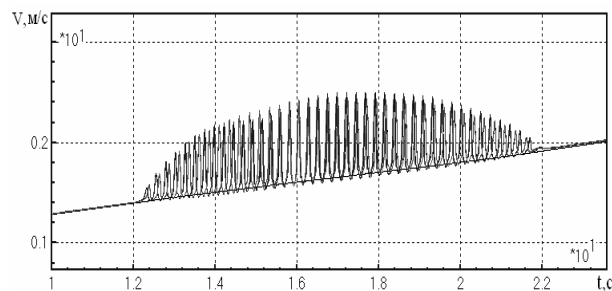
При использовании для моделирования электрической подсистемы ПРЭП моделирование силовой электрической части ведется на основе контурных топологических уравнений в матричной форме с учетом работы тиристорных выпрямителей [3].

Адекватность модели подтверждена удовлетворительным совпадением результатов расчета нестационарных режимов при буксовании всех осей с осциллограммами эксплуатационных испытаний, полученными ВНИКТИ МПС [3]. Количественно расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 15 %.

Для иллюстрации работы локомотива при ухудшенных условиях сцепления приведем результаты моделирования разгона тепловоза с составом 4000 т при пониженном потенциальном коэффициенте сцепления: $\psi_0 = 0,2$ (рис. 4). После вывода 7-й позиции контроллера машиниста происходит срыв сцепления, начинает работать система поосного регулирования и позиции КМ дальше не выводятся (продолжается работа на 7-й позиции).



а) сила тяги секции тепловоза



б) скорости колес и поезда (увеличено)

Рис. 4. Результаты расчета разгона секции тепловоза 2ТЭ25К с составом 4000 т

Как видно из графиков, регулируются все оси, и суммарная сила тяги снижается при этом на 20 %, но тепловоз продолжает разгоняться. Постепенное увеличение скорости ведет к уменьшению силы тяги в соответствии с тяговой характеристикой, и примерно через 10 с буксование прекращается.

Выводы. 1. Разработана модель, обеспечивающая возможность прогнозирования динамических режимов в электромеханической системе тепловозов на базе совмещения ПК UM с ПК MatLab и ПРЭП.

2. На тепловозе 2ТЭ25К с тяговыми двигателями ЭДУ133 при буксовании всех осей локомотива быстроедействие замкнутой системы тягового привода недостаточно для получения коэффициента использования сцепного веса более 0,8.

3. На величину силы тяги при поосном регулировании очень существенно влияет инерционность выпрямителя, хотя она более, чем на порядок ниже инерционности якорной цепи тяговых двигателей. В целом, моделирование показывает, что дискретные элементы системы регулирования очень существенно влияют на качество регулирования, так как двигатель, являющийся аналоговым звеном, можно форсировать, а изменение параметров дискретных звеньев имеет задержку, как минимум, на интервал дискретности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 05-01-00756.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Погорелов Д.Ю. Введение в моделирование динамики систем тел. – Брянск: БГТУ, 1997. – 156 с.
2. Федяева Г.А., Федяев В.Н. Программный комплекс для расчета электромеханических процессов в тяговых электроприводах локомотивов при нестационарных и аварийных режимах//Вест. Брянского техн. ун-та. Изд-во БГТУ, 2004. – № 2. – С. 117–123.
3. Клименко Ю.И. Моделирование электропривода с изменяемой жесткостью тяговой характеристики: Дис. ... канд. техн. наук.- Коломна: ВНИКТИ, 2004. – 171 с.
4. Захарченко Д. Д., Ротанов Н. А., Горчаков Е. В. Тяговые электрические машины и трансформаторы. – М.: Транспорт, 1979. – 303 с.
5. Ключев В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 704 с.

Поступила в редколлегию 17.05.2005.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ОПЫТНЫХ ТЕЛЕЖКАХ

Визначені динамічні характеристики вантажних вагонів з візками моделі 18-1711. Виконані порівняльні розрахунки по дослідженню впливу конструкції візків на основні нормовані динамічні показники.

Определены динамические характеристики грузовых вагонов с тележками модели 18-1711. Выполнены сравнительные расчеты по исследованию влияния конструкции тележек на основные нормируемые динамические показатели.

The dynamic behaviour of the freight stocks with car truck, analog 18-1711, has been defined. It has been made the comparative calculations and investigations of the impact the car truck construction upon the basic standard dynamic parameters.

Снижение динамической нагруженности экипажей во время движения является одним из основных резервов оптимизации технико-экономических показателей железнодорожных перевозок и повышения их конкурентоспособности, позволяющих ускорить доставку и улучшить условия транспортировки грузов.

В последнее время, с ростом объемов грузовых перевозок и в связи с поэтапным переходом к подвижному составу нового поколения актуальной стала задача по созданию новой тележки для грузовых вагонов.

Практически все вагоностроительные заводы Украины и России параллельно разрабатывали принципиально новые конструкции тележек с использованием последних достижений науки и техники. Одной из наиболее удачной конструкций стала новая тележка модели 18-1711 производства ОАО «Азовмаш».

Оценка динамических качеств грузовых вагонов с тележками модели 18-1711 производилась по нормированным динамическим показателям: коэффициент вертикальной динамики рамы тележки $K_{дв}$, коэффициент горизонтальной динамики рамы тележки $K_{дг}$, коэффициент запаса устойчивости от схода вагона с рельсов K_y .

При проведении теоретических исследований и решении задач оптимизации использовался пакет прикладных программ DYNRAIL [1-3].

Буксовый узел тележки 18-1711 имеет упругую прокладку, работающую как упругий элемент во всех трех направлениях, и, несмотря на то, что вертикальная жесткость достаточно велика (15000 кН/м), можно считать тележку 18-1711 как имеющую две степени подвешивания. Предельно допустимые величины основных динамических показателей для грузовых вагонов с тележкой имеющей надбуксовое подвешивание приведены в табл. 1.

Таблица 1

Предельно допустимые величины основных динамических показателей для грузовых вагонов с тележкой модели 18-1711

Показатель	Порожний	Груженный
Коэффициент вертикальной динамики рамы тележки ($K_{дв}$)	0,75	0,7
Коэффициент горизонтальной динамики рамы тележки ($K_{дг}$)	0,4	0,38
Коэффициент запаса устойчивости от схода вагона с рельсов при доверительной вероятности 0,001 (K_y)	1,45	1,45

Для корректного сравнения динамических показателей качества груженых и порожних полувагонов на тележках типовой модели 18-100 и новой тележки модели 18-1711 были заданы одинаковые возмущений (неровности) для груженых и порожних вагонов на рассматри-

ваемых тележках. Выбраны параметры неровностей были так, чтобы при установленных на железных дорогах Украины скоростях движения грузовых вагонов (не более 80 км/ч для порожних и не более 90 км/ч для груженых) вышеперечисленные динамические показатели не

выходили за допустимые значения. Такие возмущения со стороны пути будут, конечно, несколько завышенными, однако помогут выявить преимущества тележки модели 18-1711.

При выполнении расчетов по определению неровностей учитывалось то, что тележка 18-100 не имеет надбуксового подвешивания и предельные значения динамических показателей здесь другие (табл. 2).

Таблица 2

Предельно допустимые величины основных динамических показателей для грузовых вагонов с тележкой модели 18-100

Показатель	Порожний	Груженный
Коэффициент вертикальной динамики рамы тележки ($K_{дв}$)	0,95	0,8
Коэффициент горизонтальной динамики рамы тележки ($K_{дг}$)	0,4	0,38
Коэффициент запаса устойчивости от схода вагона с рельсов при доверительной вероятности 0,001 (K_y)	1,45	1,45

Результаты выбора возмущений, действующих на порожний и груженный полувагон на тележках 18-100, показаны на рис. 1-6. Здесь видно, что все три динамических показателя выходят из допустимого диапазона значений при скоростях, близких к 80 км/ч для порожнего и 90 км/ч для груженого полувагона.

Далее выполнены расчеты, моделирующие движение порожнего и груженого полувагонов на тележках 18-1711 по пути, имеющем такие же неровности, как и в предыдущих случаях. Результаты расчетов представлены на рис. 7-12.

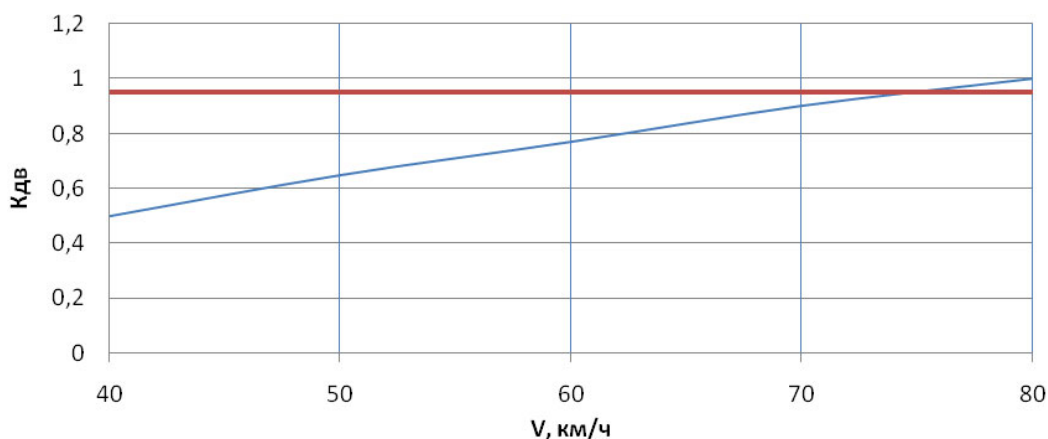


Рис. 1. Коэффициент вертикальной динамики порожнего полувагона (тележки модели 18-100)

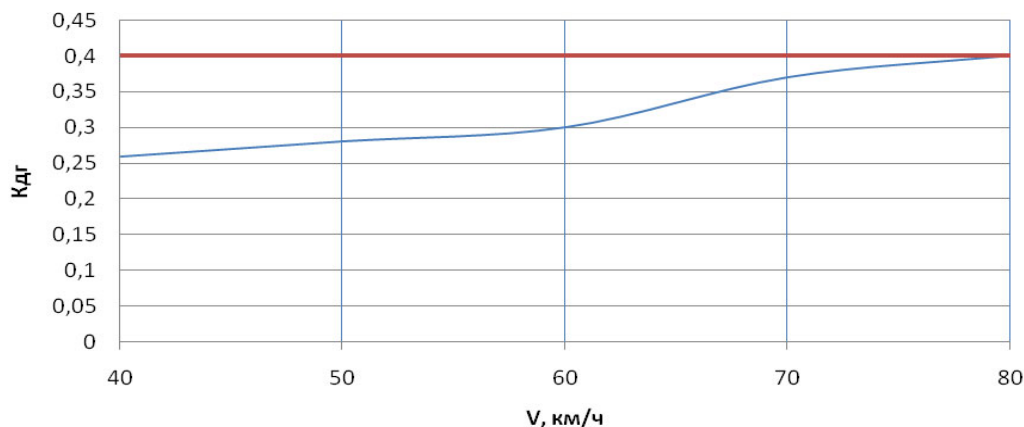


Рис. 2. Коэффициент горизонтальной динамики порожнего полувагона (тележки модели 18-100)

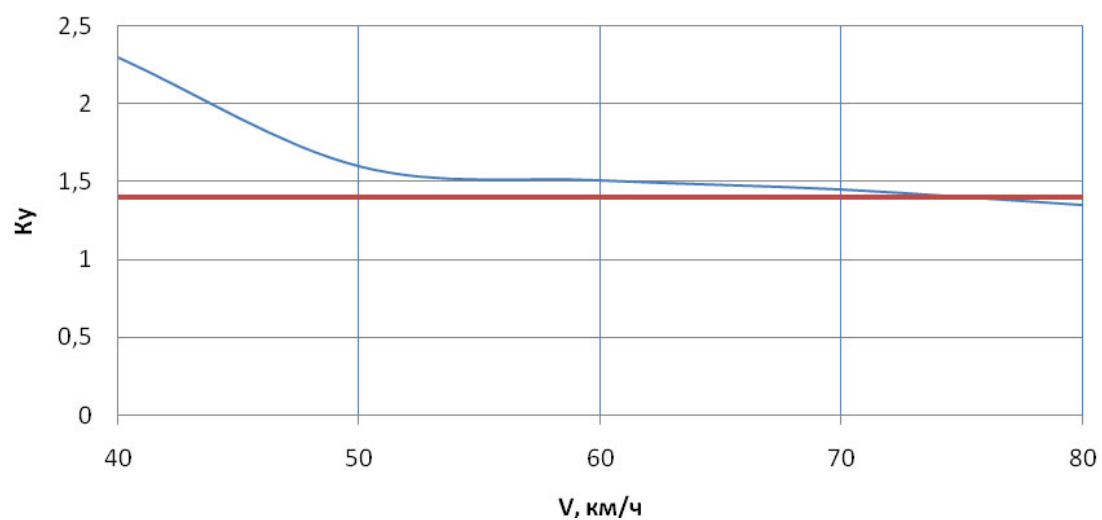


Рис. 3. Коэффициент устойчивости порожнего полувагона (тележки модели 18-100)

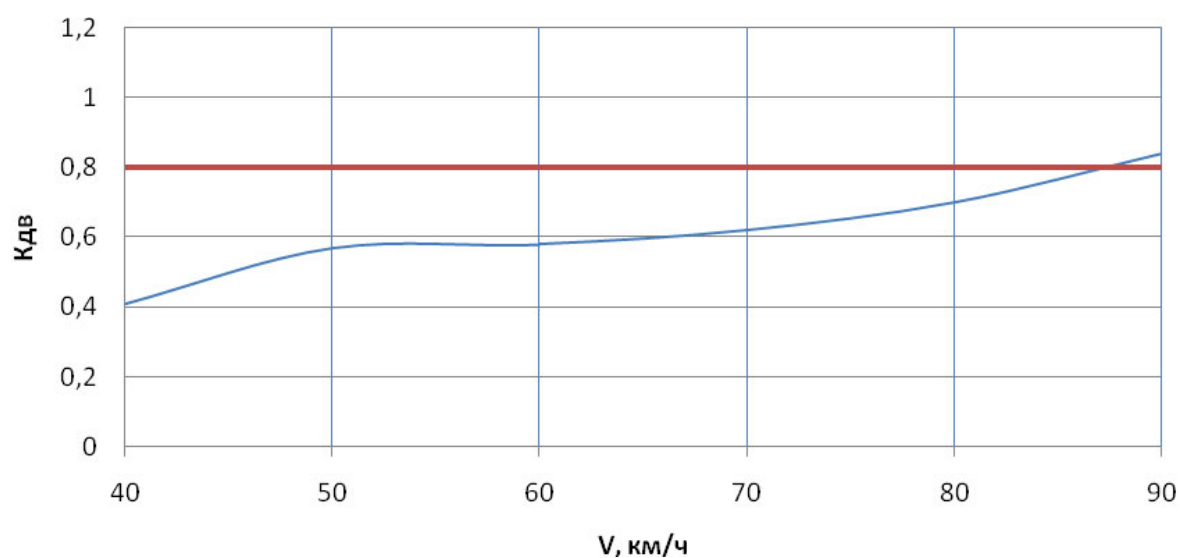


Рис. 4. Коэффициент вертикальной динамики груженого полувагона (тележки модели 18-100)

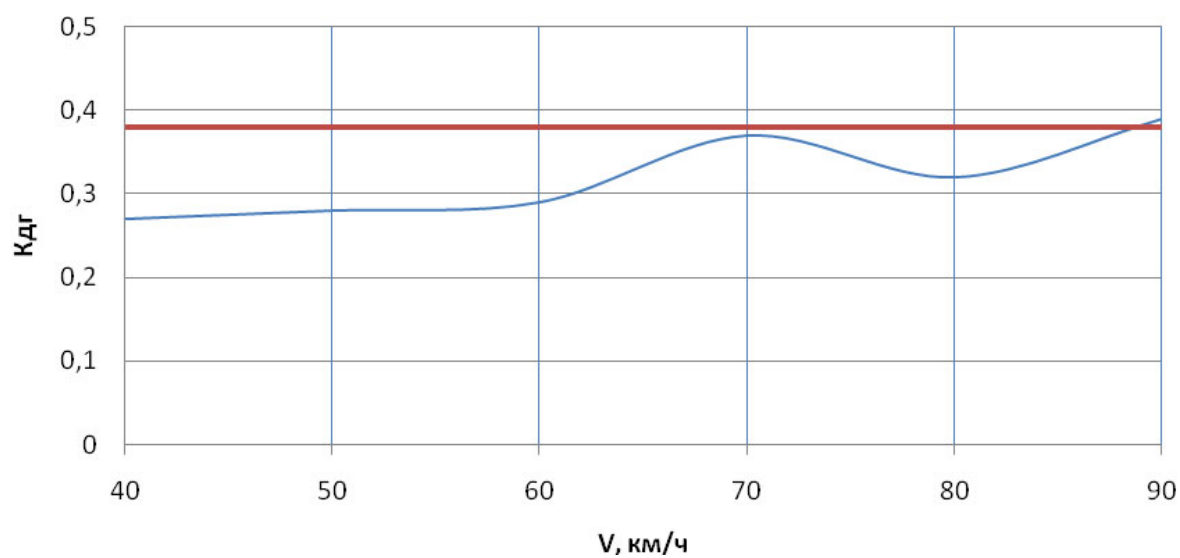


Рис. 5. Коэффициент горизонтальной динамики груженого полувагона (тележки модели 18-100)

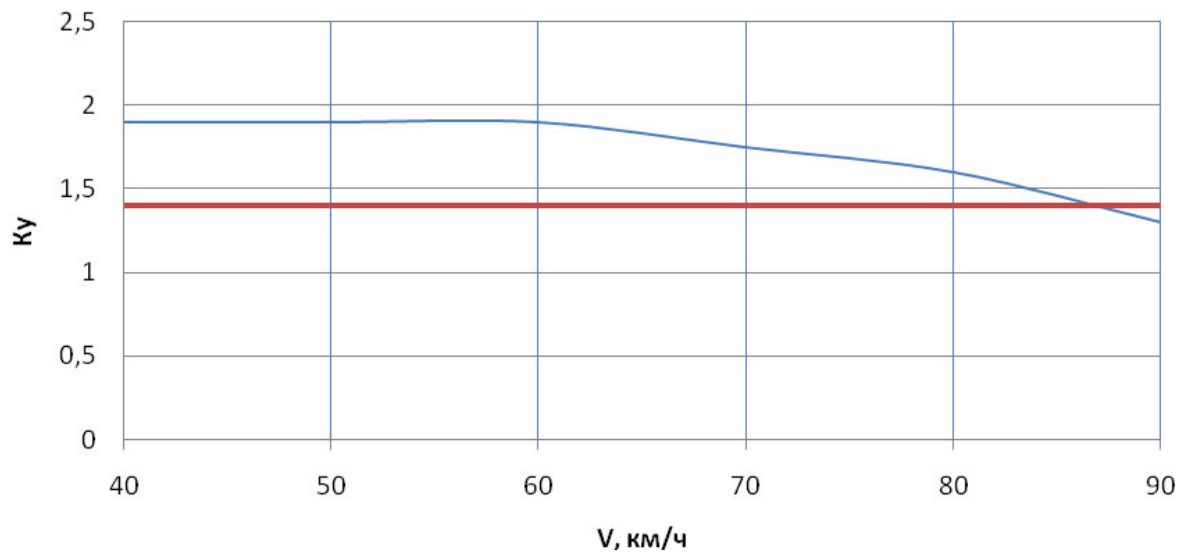


Рис. 6. Коэффициент устойчивости груженого полу вагона (тележки модели 18-100)

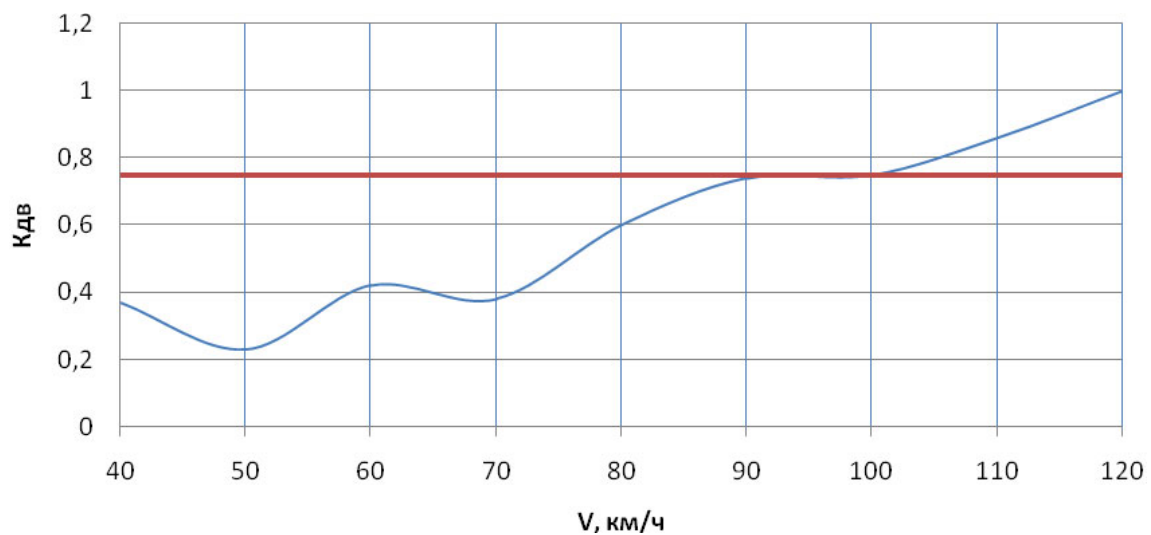


Рис. 7. Коэффициент вертикальной динамики порожнего полувагона (тележки модели 18-1711)

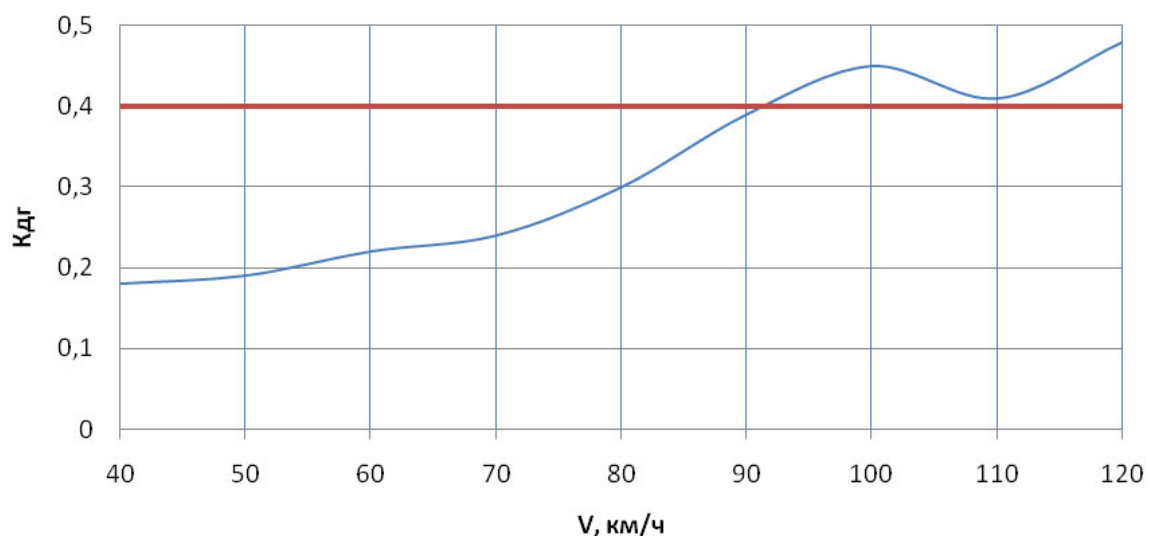


Рис. 8. Коэффициент горизонтальной динамики порожнего полувагона (тележки модели 18-1711)

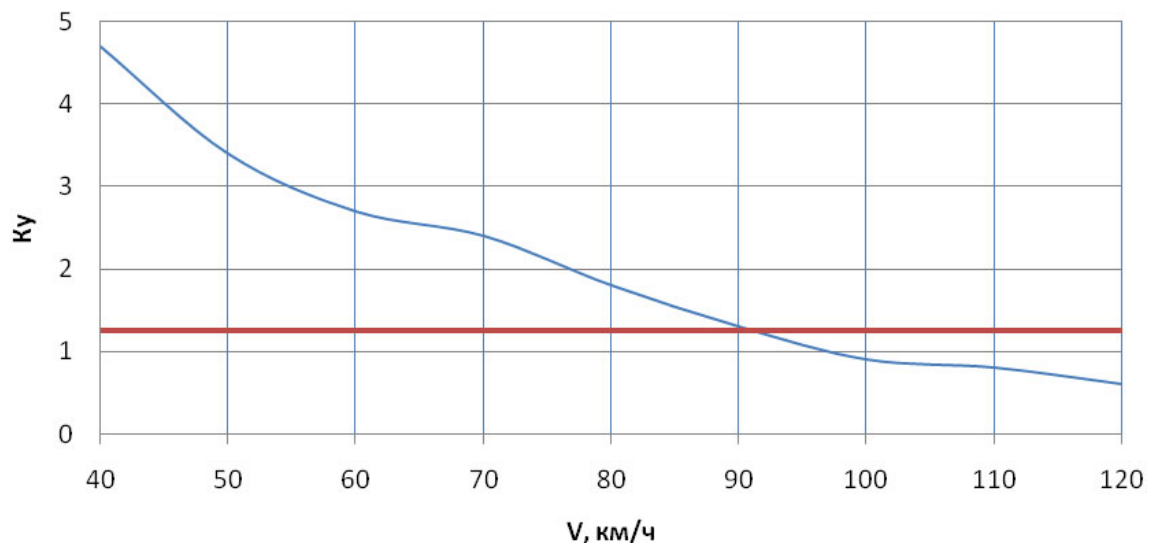


Рис. 9. Коэффициент устойчивости порожнего полувагона
(тележки модели 18-1711)

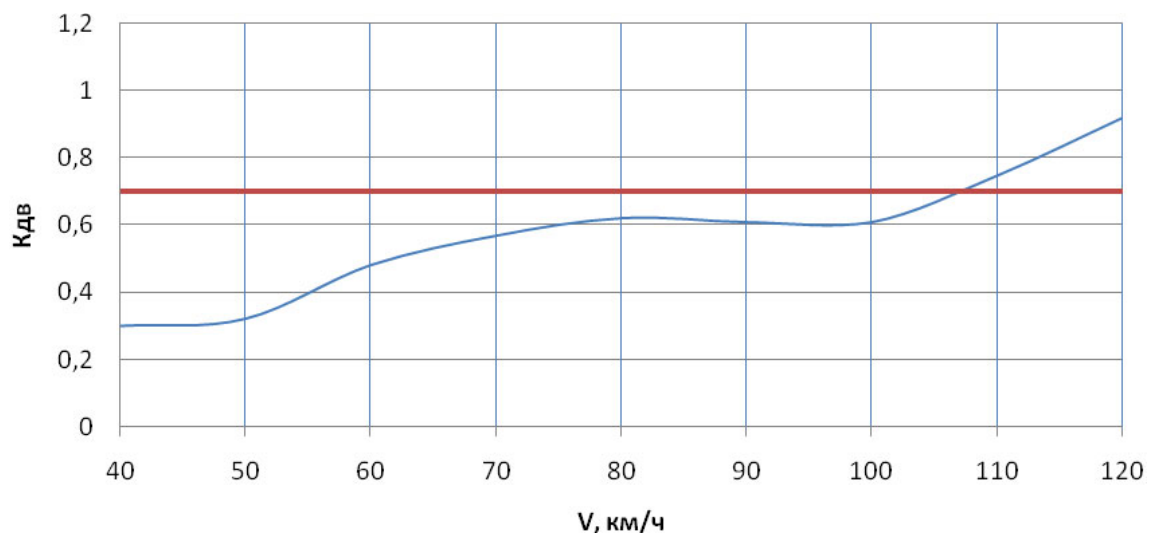


Рис. 10. Коэффициент вертикальной динамики груженого полу вагона
(тележки модели 18-1711)

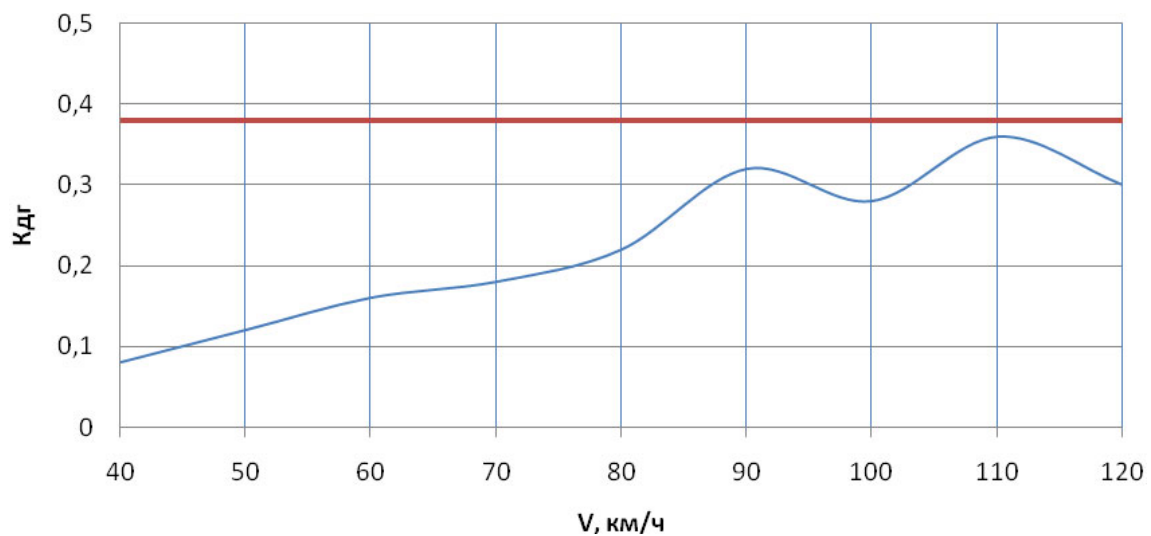


Рис. 11. Коэффициент горизонтальной динамики груженого полувагона
(тележки модели 18-1711)

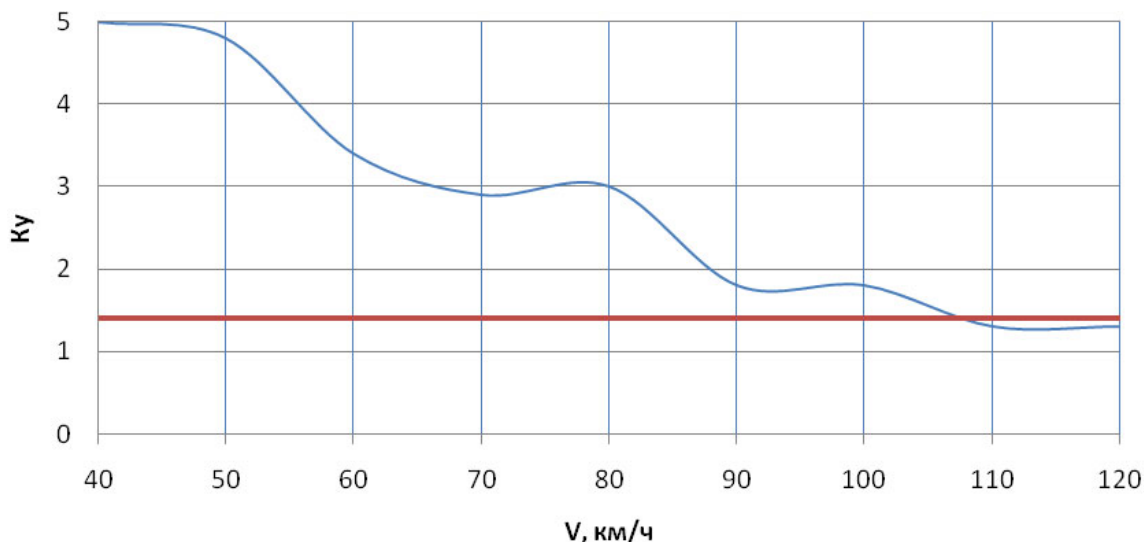


Рис. 12. Коэффициент устойчивости груженого полу вагона (тележки модели 18-1711)

Результаты расчетов показывают, что полувагоны (порожный и груженный) на тележках 18-1711 имеют, для тех же возмущений, выше предельные скорости движения по сравнению с полувагонами на тележках модели 18-100.

Для порожнего полувагона на тележках 18-1711 для заданных неровностей рельсовых нитей величина $K_{дв}$ выходит за допустимый предел при скорости 110 км/ч, а величины $K_{дг}$ и K_y – при скорости 100 км/ч, таким образом, допустимая скорость движения увеличилась с 70 до 90 км/ч.

Для груженого полувагона величина $K_{дг}$ остается в допустимых пределах во всем рассмотренном диапазоне скоростей, а величины $K_{дв}$ и K_y выходят за допустимые пределы при скорости 110 км/ч, таким образом, и в этом случае допустимая скорость движения увеличилась с 80 км/ч до 100 км/ч.

Таким образом, в результате теоретических исследований динамической нагруженности грузовых вагонов выполнены сравнительные расчеты по изучению влияния конструкции тележек на основные нормируемые динамические показатели.

На примере полувагона получен вывод о том, что тележки перспективной конструкции способствуют снижению динамической нагруженности вагона. Для увеличения преимуществ по динамическим качествам следует в дальнейшем подобрать оптимальные параметры рессорного подвешивания для перспективной тележки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мямлин С. В. Моделирование динамики рельсовых экипажей. – Д.: Новая идеология, 2002. – 240 с.
2. Мямлин С. В., Недужая Л. А., Письменный Е. А., Яловой А. И. Оценка динамических качеств различных конструкций тележек грузовых вагонов // Труды IV Междунар. научно-технич. конф. «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». – СПб. – 2005. – С. 229–235.
3. 3. Свідомство про реєстрацію авторського права на твір № 7305. Комп'ютерна програма - Dynamics of Rail Vehicles- (-DYNRAIL-) / Мямлін С.В.; Зареєстр. 20.03.2003.

Поступила в редколлегию 15.05.2007.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Стаття присвячена актуальним питанням підвищення безпеки руху на залізничному транспорті, а саме впровадження навчально-тестувального програмного комплексу. Програмний комплекс дає можливість навчання, перевірки знань працівників залізниці з подальшою перевіркою засвоєного матеріалу, а також можливість своєчасної організації здачі атестацій.

Статья посвящена актуальным вопросам повышения безопасности движения на железнодорожном транспорте, а именно внедрение обучающе-тестирующего программного комплекса. Программный комплекс дает возможность обучения, проверки знаний работников железной дороги с последующей проверкой усвоенного материала, а также возможность своевременной организации сдачи аттестаций.

The article is devoted the actual questions of increase of safety of motion on a railway transport, namely introduction of education-testing programmatic complex. A programmatic complex is given by teaching possibility, verifications of knowledges of workers of railway with subsequent verification of the mastered material, and also possibility of timely organization of handing over of attestations.

Тенденции развития железнодорожного транспорта в Украине, направленные на модернизацию эксплуатируемых и введение новых технических средств железнодорожной техники, повышение безопасности перевозок ставят перед собой цель поиска более новых подходов в обучении и контроля знаний специалистов Укрзализныци.

В настоящее время основными требованиями в мире к обучающе-тестирующим программным комплексам предъявляются высокие требования по легкости сопровождения, простоте и доступности пользовательского интерфейса, а так же надежной и своевременной технической поддержке. Подобного рода программное обеспечение позволяет экономить на временных затратах по обучению персонала подразделений, дает возможность быстро, а самое главное качественно преподнести учебный материал. Кроме того, из учебного процесса исключен «человеческий» фактор оценки результатов, что позволяет достаточно точно оценить уровень знаний персонала.

Сотрудниками НИИ подвижного состава Днепропетровского университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна были разработаны программные комплексы, предназначенные для обучения и тестирования работников железнодорожного транспорта.

В разработке программных продуктов участвуют ведущие специалисты НИИ подвижного состава совместно с профессорско-преподавательским составом ДИИТа.

Среди последних разработок можно выделить программно-тестирующий комплекс по проверке знаний базовых инструкций. Данный программный комплекс, включает в себя три базовые инструкции по безопасности движения:

- «Инструкция по сигнализации»;
- «Правила технической эксплуатации»;
- «Инструкция по движению поездов».

Данное программное обеспечение предоставляет возможность проводить обучение работников железной дороги с последующей проверкой усвоенного материала.

Разработан специальный алгоритм сдачи экзамена, учитывающий:

- количество задаваемых вопросов
- количество правильных ответов, необходимых для успешной сдачи экзамена
- возможность сделать выборку задаваемых вопросов, зависящую от специальности экзаменуемого
- время на сдачу экзамена

Все инструкции сопровождаются изображениями для облегчения восприятия.

В программном комплексе предусмотрена возможность экзаменационной проверки результатов обучения и тренировочный режим обучения.

Программный интерфейс разработанных нашим университетом обучающе-тестирующих программных комплексов предельно прост и интуитивно понятен, пользователи могут приступать к работе с программой без дополнительных временных на обучение пользование программой (рис. 1).



Рис. 1. Главная форма тестирующего модуля

В качестве хранилища данных используется СУБД MS Access, благодаря чему предельно упрощена установка программы, настройка и ее сопровождение. При этом учтен фактор платности программного обеспечения. Ведь на сегодняшний день большинство предприятий Украины использует в качестве операционной системы программное обеспечение Microsoft Windows в пакет которого входит СУБД MS Access. Таким образом предприятию, использующему обучающе-тестирующие программные комплексы, разработанные нашим университетом, нет необходимости покупать дополнительное программное обеспечение по СУБД.

База данных ведется персонализировано по каждому сотруднику, которому присваиваются пароли для вхождения в тестирующую часть программного комплекса. Это делает возможным контролировать прохождение экзаменов всех сотрудников и делать произвольные выборки для ведения статистики и контроля знаний сотрудниками инструкций по безопасности движения (рис.2).



Рис. 2. Форма авторизации пользователя

В программном комплексе имеется возможность выводить на печать результаты экзаменов

в виде протокола с указанием места и времени сдачи экзамена, фамилии, должности и места работы экзаменуемого, заданных ему вопросов и ответов, которые он дал. Отдельно ведется база по членам комиссий, которые принимают экзамены.

Сотрудник, прошедший экзамен также может просмотреть свой билет: заданные в нем вопросы, полученные на них ответы и правильные ответы на эти вопросы, а также вывести эти данные на печать (рис. 3).

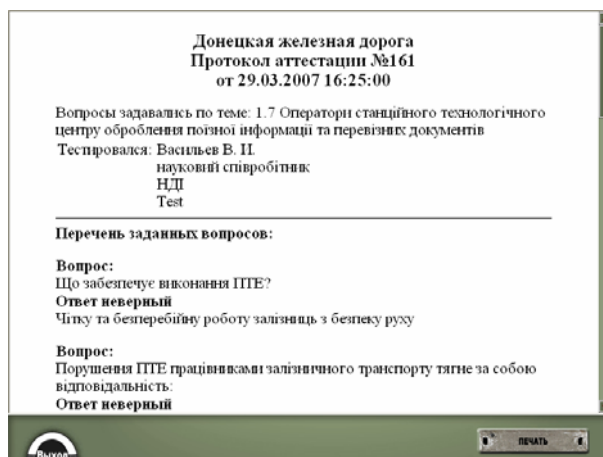


Рис. 3. Протокол результатов экзаменов

В программном комплексе реализована возможность вывода результатов в отдельный файл, для передачи данных на магнитном носителе или электронной почтой в центральную базу данных, что дает возможность пользоваться программой для проведения удаленного обучения и тестирования сотрудников. Это повышает информативность программного комплекса на всех уровнях контроля знаний от отделов предприятий до руководителя управления дороги.

В программном комплексе реализовано разделение на клиентскую часть и административную. При этом клиентская часть максимально упрощена, что дает возможность использования ее компьютерным пользователем практически любого уровня. Административная часть более насыщенная и функционально дает возможность настраивать программный комплекс в соответствии с потребностями специалистов по безопасности движения (рис. 4).

Административная часть является универсальным инструментом для редактирования и наполнения базы данных с вопросами и вариантами ответов, составления тестов для различных профессий и специальностей, редактирования данных, которые войдут в протокол тестирования, редактирования пользователей,

добавления новых документов в базу, привязывания вопросов к документам, просмотра результатов тестирования.

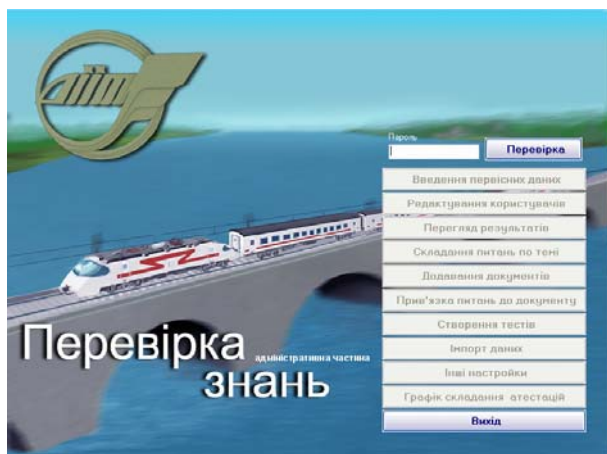


Рис. 4. Главная форма административного модуля

При помощи административной части ведется дополнение комплекса новыми тестами, документами, причем это легко выполняется без участия разработчиков силами персонала предприятия. Результаты тестирований могут помимо просмотра и отправки на печать экспортируются в офисные приложения. При этом можно задавать выборки по различным параметрам: название подразделения, специальность, отдел и т.д.

Разработана и внедрена программа напоминания по предстоящим экзаменам, предназначенная для руководителей. Она имеет гибкую систему настройки, что позволяет устанавливать срок или периодичность экзаменов у персонала, который определит момент напоминания. Таким образом автоматически отслеживается график сдачи и появляется возможность заранее предупредить сотрудников о предстоящих экзаменах, разослать соответствующие телеграммы по подразделениям и своевременно организовать сдачу экзаменов.

Программный комплекс прошел этап тестирования и в данный момент внедрен и активно используется на Одесской, Донецкой и Приднепровской железных дорогах. Ведутся работы по внедрению данного комплекса на других железных дорогах Украины, стран СНГ и Балтии.

Для ознакомления с каждым программным комплексом предоставляется демонстрационная версия с неограниченным сроком использования, но с ограниченной функциональностью.

В настоящее время разработаны и проходят бэта-тестирование следующие программы:

- «Поглощающие аппараты»: проект включает в себя общие сведения о конструкции поглощающих аппаратах, типах поглощающих аппаратов, эксплуатации и ремонт;

- «Колесные пары»: проект включает в себя общие сведения о колесных парах, сборке, установке и эксплуатации. Приведена большая база данных по неисправностям колесных пар.

Также ведётся изготовление видеороликов и интерактивных элементов обучения, что улучшит наглядность изучаемого материала.

Все программные комплексы просты в установке, обслуживании и сопровождении. Работают на любой платформе Windows (95/98/ME/2000/XP). В случаях появления новых версий программного обеспечения, предусмотрен выпуск сервисных пакетов, включающих себя вышедшие обновления, которые можно заказать по почте или скачать с сайта.

Таким образом в университете разработаны методы обучения специалистов железнодорожного транспорта в области безопасности движения с использованием возможностей вычислительной техники и программного обеспечения, которые позволяют не только обучать но и контролировать знания в соответствии с существующим регламентом.

Поступила в редколлегию 15.05.07.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

На прикладі шкворневої балки пасажирського вагона вирішується задача оптимізації з допомогою системи просторового моделювання Solid Works з інтегрованим модулем кінцево-елементного аналізу Cosmos Works.

На примере шкворневой балки пассажирского вагона решается задача оптимизации с помощью системы пространственного моделирования Solid Works с интегрированным модулем конечно-элементного анализа Cosmos Works.

The task of optimization by the system of the spatial design Solid Works with the integrated module of the eventual-element analysis Cosmos Works decides on the example of pivot beam of passenger carriage

Одной из задач, которая стоит перед конструкторами подвижного состава железных дорог, является задача оптимизации конструкции основных несущих элементов. Поэтому выбор метода оптимизации является очень важным этапом предпроектных исследований.

Задачи оптимизации – это любые задачи, в которых необходимо найти экстремум функций или функционалов: локальные, глобальные или абсолютные на множествах, которые определяются некоторыми ограничениями (условиями) [1]. Для постановки задачи оптимизации строят математическую модель. В модель входят: выбор функции $f(x)$, что описывает процесс, область ее определения (в виде уравнений и неравенств), ограничения, которые накладываются на функцию, а также целевая функция, которую необходимо оптимизировать.

К наиболее простым и часто используемым методам решения задачи оптимизации относятся:

- метод деления отрезка пополам;
- метод золотого сечения;
- метод случайных испытаний (Монте-Карло);
- классический метод Ньютона.

Ниже приведено краткое описание перечисленных методов. Подробно суть этих и других методов оптимизации изложена в [1–3].

Метод деления отрезка пополам

Простейшим методом минимизации функции одной переменной, не требующей вычисления производной, является метод деления отрезка пополам. Предполагается, что минимизируемая функция $J(u)$ унимодальна на отрезке $J(u)$. Поиск минимума $J(u)$ на $[a, b]$ начинается с выбора двух точек $u_1 = (a + b - \delta)/2$ и

$u_1 = (a + b + \delta)/2$, где δ – постоянная, являющаяся параметром метода, $0 < \delta < b - a$. Величина δ выбирается вычислителем и может определяться целесообразным количеством верных десятичных знаков при задании аргумента u . Точки u_1 и u_2 расположены симметрично на отрезке $[a, b]$ относительно его середины и при малых δ делят его почти пополам – этим и объясняется название метода. После выбора точек u_1 и u_2 вычисляются значения $J(u_1)$, $J(u_2)$ и сравниваются между собой. Если $J(u_1) \leq J(u_2)$, то полагают $a_1 = a, b_1 = u_2$; если же $J(u_1) \geq J(u_2)$, то $a_1 = u_1, b_1 = b$. Так как $J(u)$ унимодальна на $[a, b]$, то, ясно, что отрезок $[a_1, b_1]$ имеет общую точку со множеством U^* точек минимума $J(u)$ на $[a, b]$ и его длина $b_1 - a_1 = \frac{(b - a - \delta)}{2} + \delta$.

Повторные вычисления производят до достижения необходимого уровня точности.

Метод золотого сечения

Данный метод минимизации унимодальной функции на отрезке, столь же простой, как метод деления отрезка пополам, но позволяет решить задачу с требуемой точностью при меньшем количестве вычислений значений функции.

Как известно, золотым сечением отрезка называется деление отрезка на две неравные части так, чтобы отношение длины всего отрезка к длине большей части равнялось отношению длины большей части к длине меньшей части

отрезка. Золотое сечение отрезка $[a, b]$ производится двумя точками

$$u_1 = a +$$

$$+ (3 - \sqrt{5})(b - a)/2 = a + 0,38196...(b - a)$$

и

$$u_2 = a + (\sqrt{5} - 1)(b - a)/2 = a + 0,61803...(b - a),$$

расположенными симметрично относительно середины отрезка, причем

$$a < u_1 < u_2 < b,$$

$$(b - a)/(b - u_1) =$$

$$= (b - u_1)/(u_1 - a) = (b - a)/(u_2 - a) =$$

$$= 1,61803.$$

Точка u_1 в свою очередь производит золотое сечение отрезка $[a, u_2]$, а точка u_2 – отрезка $[u_1, b]$. Опираясь на это свойство золотого сечения можно предложить следующий метод минимизации унимодальной функции на отрезке $[a, b]$.

Положим $a_1 = a$, $b_1 = b$ на отрезке $[a_1, b_1]$ возьмем точки u_1 , u_2 производящие золотое сечение, и вычислим значения $J(u_1)$, $J(u_2)$. Далее, если $J(u_1) \leq J(u_2)$, то примем $a_2 = a_1$, $b_2 = u_2$, $u_2^* = u_1$; если же $J(u_1) > J(u_2)$, то $a_2 = u_1$, $b_2 = b_1$, $u_2^* = u_2$. Так как функция $J(u)$ унимодальна на $[a, b]$, то отрезок $[a_2, b_2]$ имеет хотя бы одну общую точку со множеством U^* точек минимума $J(u)$ на $[a, b]$. Кроме того,

$$b_2 - a_2 = (\sqrt{5} - 1)(b - a)/2,$$

и весьма важно то, что внутри $[a_2, b_2]$ содержится точка u_2^* с вычисленным значением

$$J(u_2^*) = \min\{J(u_1); J(u_2)\},$$

которая производит золотое сечение отрезка $[a_2, b_2]$.

Число вычислений значений $J(u)$ ограничивается необходимой точностью.

Метод случайных испытаний (Монте-Карло)

Алгоритмы решения многоэкстремальных задач, которые относятся к классу методов случайных испытаний, характеризуются отсутствием каких-либо итераций локального спуска. При этом точка $x^{(k+1)}$ очередного испытания выбирается из соотношения $x^{(k+1)} = x^{(k)} + \xi^{(k)}$, где $\xi^{(k)}$ – реализация случайного вектора, распределение вероятностей которого определяется конкретным типом алгоритма случайного поиска.

Характерной чертой таких алгоритмов является ограниченность нормы вектора $\xi^{(k)}$, то есть точка $x^{(k+1)}$ находится в сравнительно малом окружении точки $x^{(k)}$, и изменение свойств механизма порождения векторов $\xi^{(k)}$, в зависимости от результатов предыдущих испытаний (адаптация случайного поиска). Таким образом, последовательность $\{x^{(k)}\}$, которая генерируется по вышеприведенному соотношению, можно рассматривать как реализацию случайного процесса, которая при возрастании величины k , должна пересекаться с заданным окружением точки глобального минимума. При чем желательно, чтобы алгоритм обеспечивал достаточно высокую вероятность нахождения точки $x^{(k)}$, начиная с некоторого шага k_0 , в этом окружении. Последнее требование предусматривает существование такой вероятности.

Классический метод Ньютона

Если целевая функция $f(x)$ в задаче безусловной минимизации дважды непрерывно дифференцирована и частные производные первого и второго порядка определяются достаточно просто, то для нахождения решений этой задачи целесообразно применять методы минимизации, которые используют квадратичную часть разложения функции $f(x)$ в ряд Тейлора. Такие методы называют методами второго порядка. Они, как правило, являются более эффективными, чем градиентные методы. Это обуславливается тем, что квадратичная функция локально точнее аппроксимирует функцию $f(x)$, чем линейная.

Последовательность точек $x^{(0)}, x^{(1)}, \dots, x^{(k)}, \dots$, которая генерируется по методу Ньютона, строится, исходя из следующих соображений.

Пусть функция $f(x)$ выпуклая и дважды дифференцирована на R^n . Тогда в окрестности точки $x^{(k)}$ имеет место выражение

$$f(x) = f(x^{(k)}) + \langle f'(x^{(k)}), x - x^{(k)} \rangle + \frac{1}{2} \langle f''(x^{(k)})(x - x^{(k)}), x - x^{(k)} \rangle + o(\|x - x^{(k)}\|^2),$$

где

$$x = (x_1, \dots, x_n)^T, x^{(k)} = (x_1^{(k)}, \dots, x_n^{(k)})^T,$$

$$f'(x^{(k)}) = \left(\frac{\partial f(x^{(k)})}{\partial x_1}, \dots, \frac{\partial f(x^{(k)})}{\partial x_n} \right)^T.$$

Для определения следующей точки $x^{(k+1)}$ итерационного процесса метода Ньютона целевую функцию $f(x)$ аппроксимируют квадратичной формой

$$f_k(x) = f(x^{(k)}) + \langle f'(x^{(k)}), x - x^{(k)} \rangle + \frac{1}{2} \langle f''(x^{(k)})(x - x^{(k)}), x - x^{(k)} \rangle.$$

Рассмотрим задачу оптимизации выпуклой функции $f_k(x)$ на R^n . Как известно такая функция имеет одну точку минимума, а необходимое и достаточное условие оптимальности для нее имеет вид

$$f'_k(x) = f'(x^{(k)}) + f''(x^{(k)})(x - x^{(k)}) = O_n.$$

Решив полученную систему линейных уравнений в матричном виде и приняв найденную точку минимума за $x^{(k+1)}$, имеем

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - (f''(x^{(k)}))^{-1} f'(x^{(k)}).$$

Это соотношение и выражает итерационный процесс метода Ньютона в его классической форме.

Таким образом, метод Ньютона является методом последовательного поиска точек минимума квадратичных аппроксимирующих функций.

Современный уровень развития ЭВМ позволяет решать задачи оптимизации настолько быстро, что основные затраты времени приходится на создание математической модели, а разнообразные программные комплексы с

удобным интуитивно понятным интерфейсом позволяют свести это время к минимуму.

Одним из таких комплексов является система пространственного моделирования Solid Works с интегрированным модулем конечно-элементного анализа Cosmos Works.

Для примера рассмотрим задачу оптимизации конструкции шкворневой балки пассажирского вагона (рис. 1).

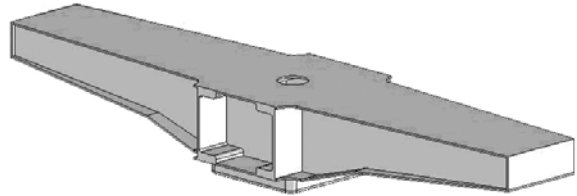


Рис. 1. Модель шкворневой балки вагона

Местами закрепления выбраны зоны скользунов и пятниковый узел (рис. 2).

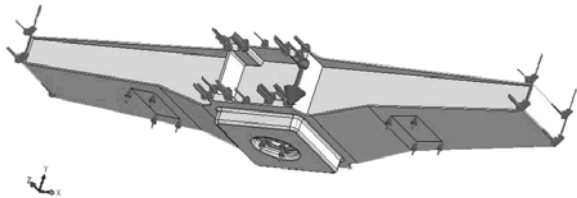


Рис. 2. Ограничения и нагрузки

Приложим следующие нагрузки (см. рис. 2):

- **в продольном направлении:**
 - в зоне хребтовой балки – 175 т;
 - по торцам (зона нижней обвязки) – 37,5 т;
- **в вертикальном направлении:**
 - по торцам (зона нижней обвязки) – 8,7 т;
 - собственный вес.

Нагрузки приблизительно соответствуют I-му расчетному режиму.

Следующим шагом является автоматическая разбивка на объемные конечные элементы. Пользователь может задавать размеры элементов, влияя тем самым на плотность сетки. Зададим свою сетку конечных элементов для рассматриваемой шкворневой балки пассажирского вагона (рис. 3).

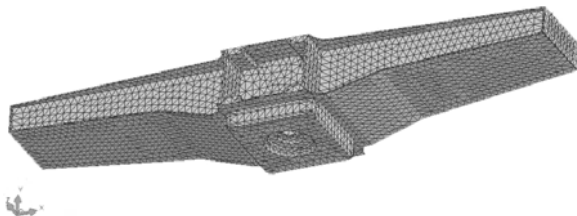


Рис. 3. Сетка конечных элементов

Вычисление эквивалентных напряжений выполняется по теории Мизеса [4].

Результаты расчета приведены на рис. 4. Поскольку максимальные напряжения превышают допустимые для Ст3, то ставится задача оптимизации конструкции шкворневой балки. Ограничением выступают максимальные эквивалентные напряжения. Задано значение 250 МПа. Параметрами для оптимизации являются толщины вертикальных и торцевых листов. Исходная толщина составляет 8 мм, максимальное увеличение толщины – 20 мм. Эти исходные данные нами задаются, как пользователями.

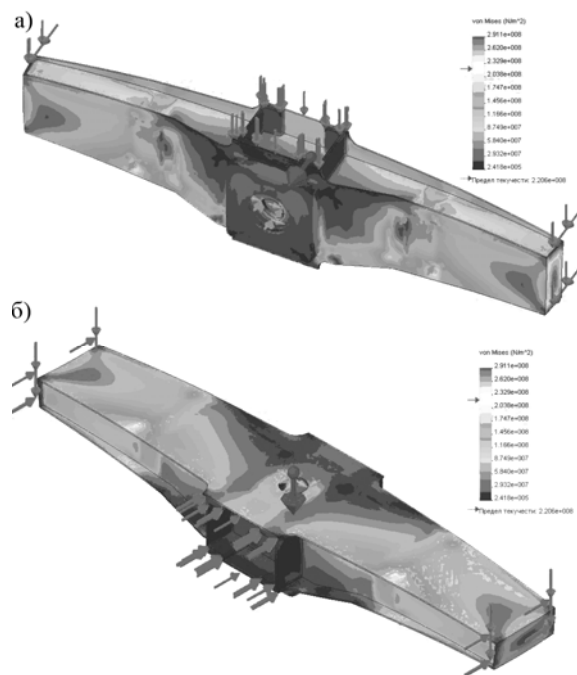


Рис. 4. Напряженно-деформированное состояние шкворневой балки:
а – вид снизу; б – вид сверху

После выполнения расчета выдаются рекомендуемые значения толщин листов: для вертикальных – 15,75 мм, для торцевых – 11,67 мм. Округляем значения до 16 мм и 12 мм соответственно, и производим статический расчет с новыми толщинами листов. Результат показан на рис. 5.

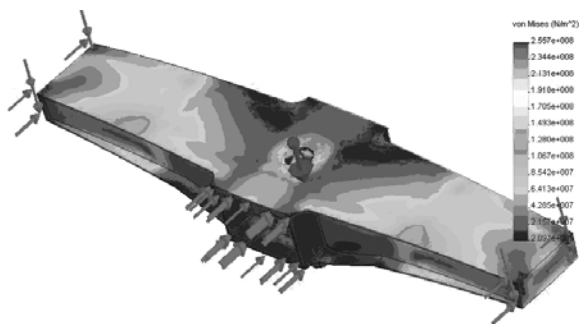


Рис. 5. Напряженно-деформированное состояние шкворневой балки после оптимизации

Максимальные напряжения практически соответствуют заданному значению 250 МПа. Последующие решения задачи оптимизации с откорректированными исходными данными позволят добиться желаемого результата.

Естественно, задачу оптимизации шкворневой балки пассажирского вагона правильно было бы решать, используя модель кузова. Но цель данного примера заключается в том, чтобы показать возможности современных программных комплексов, а не добиться конкретного результата при оптимизации конструкции. Поэтому, в результате выполнения расчетов подтверждается возможность применения стандартных пакетов прикладных программ для оптимизации конструкции основных несущих элементов пассажирских вагонов и кузова в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Овчинников П. П. Вища математика: Підручник. У 2 ч. Ч. 2. – К.: Техніка, 2000. – 792 с.
2. Жалдак М. І. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник. – Черкаси: Брама-Україна / М. І. Жалдак, Ю. В. Триус, 2005, – 608 с.
3. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980, – 520 с.
4. Алямовский А. А. Solid Works/ COSMOS Works. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМКПресс, 2004. – 432 с.

Поступила в редколлегию 31.05.2007.

С. В. БОРЩЕВСКИЙ, К. Н. ЛАБИНСКИЙ, С. Ю. ГАЛЕЧКО (Донецкий национальный технический университет)

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ГИДРОСТОЙКОСТИ БЕТОННОЙ КРЕПИ

Розглянуті основні напрямки щодо підвищення міцностних та гідростійких властивостей бетонного кріплення, що сприяє організації водоприливів при розробці ресурсозберігаючих технологій проходки вертикальних стволів шахт. Розглянуті питання щодо підвищення гідроізоляційних властивостей бетонного кріплення.

Рассмотрены основные направления по повышению прочностных и гидростойких свойств бетонной крепи, способствующих организации водопритоков при разработке ресурсосберегающих технологий проходки вертикальных стволов шахт. Рассмотрены вопросы повышения гидроизоляционных свойств бетонной крепи стволов.

The basic ways on increase durability and hydroproof properties concrete fastening, promoting organization waterleaks are considered at shaft vertical sinking of mines by development resources-protect technologies of shaft sinking. The questions of increase of waterproofing properties concrete of shafts are considered. The results of laboratory researches are submitted and the directions of perfection of technology shaft sinking in conditions raised water flows are offered.

При проходке вертикальных стволов шахт в условиях повышенных водопритоков приходится сталкиваться с решением ряда сложных технических и технологических задач. Решение этих задач необходимо выполнять уже на этапе составления проектов производства работ до начала самой проходки. При этом существует несколько направлений такого решения: тампонаж горных пород с поверхности по периметру будущего ствола в соответствии с данными геологоразведки; тампонаж из забоя ствола при подходе к водоносным горизонтам и организация водопритоков. Первые два направления широко применяются в шахтопроходческой практике, а организации водопритоков уделяется очень мало внимания, но в этом кроются большие резервы и перспективы. Одним из элементов является создание высокопрочной гидравлически стойкой монолитной крепи вертикального ствола, в которой учтены «узкие места», а именно стыковка старого бетона с новым при выполнении работ по возведению монолитной бетонной крепи стволов.

Вертикальные стволы, отнесены к первому классу горных выработок по важности [1], так как их отказ в работе приводит к остановке работы всей шахты. Поэтому эксплуатационная надежность стволов должна быть высокой, а принимаемые конструктивно технические решения по креплению и управлению горным давлением должны обеспечить безремонтную их эксплуатацию.

На наш взгляд, будущее, что подтверждается и зарубежным опытом (ЮАР), за стволами больших диаметров (8...10 м), когда стволы при наличии перемычек могут быть одновременно и вентиляционными и воздухоподающими. При сооружении подобных стволов имеется ряд специфических проблем и особенностей, которые уже проявились на шахте «Красноармейская-Западная № 1» и имени А. Ф. Засядько.

Под влиянием воды понижаются прочностные и повышаются реологические свойства приконтурных пород, к примеру, представленных на ВПС № 2 ш. А. Ф. Засядько в основном аргиллитами и песчаниками, подверженными размоканию. Согласно геологическим характеристикам, на ВПС № 2 происходит снижение прочности песчаников за счет водонасыщения в 2,5...3,0 раза (63,0...20,0 МПа), что соответствует снижению крепости пород забоя по шкале Протодяконова с 6 до 2 и влечет за собой значительные объемы вывалообразования, а при малых водопритоках на ВВС № 2 реологическая прочность песчаников достаточно высока и колеблется в пределах 65...95 МПа, т.е. стенки ствола устойчивые, вывалообразование минимальное. Наряду с усиленным вывалообразованием на ВПС № 2 ввиду слабых размокших пород, устойчивость стен ствола с увеличением диаметра уменьшается из-за того, что большой диаметр создает большие плоскости обнажения. При этом забой, представляющий собой в плане многоугольник, на малых диаметрах имеет меньшую длину граней, которые более аппроксимированы к кругу, и, следовательно, стенки ствола более устойчивы.

Обильные водопритоки на ВПС № 2 не просто осложняли организацию работ, но исходя из того, что сооружение ствола приводит к изменению водообмена в водоносных горизонтах, вызванного дренирующим влиянием формирующейся полости ствола, провоцируется развитие в продуктивной толще новых областей гидроразгрузки зон водопонижения, в результате чего водоприток в ствол интенсифицируется, прочность пород и, особенно, устойчивость обнаженных стен забоя ствола падают, а это, в свою очередь, приводит к вывалам и удлинению во времени II фазы уборки породы, когда разлагающиеся песчаники размягчаются до «тестообразного» состояния. По данным ГОАО «Трест Донецкшахтопроходка» [2] влияние водопритоков более 15 м³/час на скорость проходки составляет 15...20 %. Вопросы разработки ресурсосберегающих технологий проходки вертикальных стволов в условиях повышенных водопритоков неразрывно связаны с решением ряда сложных технических и технологических задач уже на этапе составления проектов производства работ, до начала самой проходки. При этом существует несколько направлений такого решения: тампонаж горных пород с поверхности по периметру будущего ствола в соответствии с данными геологоразведки; тампонаж из забоя ствола при подходе к водоносным горизонтам и организация водопритоков как в приконтурном массиве, так и по стволу. К сожалению, в этом вопросе еще нет единого мнения. В последние годы нашими учеными и практиками совместно с ПО «Спец-тампонажгеология» отработана технология комплексного метода тампонажа пород с целью охраны стволов [3], в которой гидроизоляция водоносных горизонтов осуществляется с поверхности через наклонно-направленные скважины. Создано новое научное направление по физико-механике тампонируемых трещиноватых, пористых и нарушенных пород (Кипко Э. Я., Полозов Ю. А., Фотиева Н. Н., Должиков П. Н., Трупак Н. Г. и др.). Первые два направления широко применяются в шахтопроходческой практике, а организации водопритоков уделяется очень мало внимания, а ведь в этом кроются большие резервы и перспективы. Одним из элементов является создание высокопрочной гидравлически стойкой монолитной крепи вертикального ствола, в которой учтены «узкие места», а именно:

- стыковка старого бетона с новым при выполнении работ по возведению монолитной бетонной крепи стволов;

- увеличение гидростойкости бетонной крепи в процессе изготовления бетона при помощи всевозможных химических добавок;

- обеспечение водонепроницаемости, защиты и улучшения свойств бетонной крепи после набора бетоном проектной прочности за счет обмазочной гидроизоляции;

- создания системы «породный массив-гидроизоляция-крепь» за счет обмазочной или торкрет-бетонной изоляции обнаженного породного массива и добавок в бетон в процессе его изготовления и укладки за опалубку.

Этим направлениям и посвящены наши разработки.

Прежде всего, необходимо уточнить, что понимать под определением «высокопрочный и гидростойкий бетон». Создание высокопрочного бетона осуществляется в основном за счет повышения активности цемента и применения более совершенной технологии изготовления бетона. При этом совершенно не учитываются реологические свойства компонентов, входящих в состав бетонной смеси на прочностные характеристики бетона [1]. Так, немецкий исследователь А. Хуммель предлагал считать высокопрочным бетон прочностью в 70 МПа и выше [2]. С. А. Миронов считал высокопрочными бетоны марок 300...500 [3]; А. Е. Десов, В. М. Москвин и Б. Г. Скрамтаев предлагали считать бетоны высокопрочными, если предел их прочности при сжатии выше 60 МПа и, кроме того, другие показатели (прочность при растяжении, морозостойкость) должны быть, по их мнению, также соответственно высоки [4]. Международная комиссия по высокопрочному бетону предлагает считать высокопрочными бетоны прочностью выше 100 МПа. Можно было бы продолжить подобные примеры, однако разница будет только в предлагаемой цифре – марке бетона, определяющей понятие «высокопрочный». Таким образом, несмотря на различие в величине прочности бетона, все эти предложения объединяет одно: в качестве определяющего фактора принимается лишь показатель марочной прочности бетона.

По нашему мнению, это не совсем верно, так как количественные характеристики прочности не учитывают целого ряда особенностей высокопрочных бетонов, качественно отличающих их от обычных. Поэтому, несмотря на одинаковую прочность, следует отдать предпочтение бетону более плотному, и, следовательно, более морозостойкому, водонепроницаемому и долговечному. Однако следует учитывать тот факт, что приготовить и уложить такой бетон труднее.

Связывать понятие о высокопрочном гидростойком бетоне с конкретными показателями его прочности без учета марки исходного цемента и технологии приготовления бетона принципиально неверно, так как при этом искажается сам смысл термина «высокопрочный бетон». В это понятие, по нашему мнению, следует вкладывать физический смысл, а не регламентировать его цифровыми различиями. Высокопрочные бетоны следует рассматривать так же как и «высокоплотные».

Работа проводилась в направлении установления доли вклада химических добавок и цементосодержащих гидростойких расширяющихся смесей для гидроизоляции тела бетонной крепи вертикальных стволов и стыков бетонной крепи по методике Донецкого Промстройинипроекта [7]. Для этого выполнялось сравнительное испытание стандартных бетонных образцов, полученных во время возведения монолитной бетонной крепи скипового ствола ш. «Красноармейская-Западная № 1» на поверхности путем отбора в приствольном БРУ и после прохода бетонной смеси по бетонопроводу непосредственно в забое ствола. Прочность контрольных бетонных образцов на сжатие определялась на образцах размером 10х10х10 см по ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». Испытания проводились на прессе П-125 в стройлаборатории кафедры «Строительство шахт и подземных сооружений» Донецкого национального технического университета. В продолжение ранее проведенных исследований по влиянию реологических характеристик заполнителей бетона [4], выполнялись сравнительные испытания образцов обычного тяжелого бетона, образцов этого же бетона с нанесением на их поверхность гидроизоляционного состава «SLURRY» и образцов бетона с введением в его состав добавки «SLURRY ADMIX» СПД – ФЛ Али Фарадж, а также сухой цементной смеси «Пенетрон» [8] для выяснения влияния этих смесей на повышение гидростойкости бетона.

Для сравнительных испытаний перечисленных бетонов приготавливались бетонные смеси. Компонентами бетонных смесей являлись портландцемент марки М400 производства ОАО Краматорского цементно-шиферного комбината «ПУШКА», щебень гранитный фракции 5...20 мм Караньского карьера, песок кварцевый Краснолиманского месторождения, материал химической обработки для обеспечения водонепроницаемости, защиты и улучшения свойств бетонов

добавкой «SLURRY ADMIX» в количестве 1,5% от массы цемента.

Расход компонентов в кг на 1 м³ бетона составлял: 1) портландцемент М400 – 450 кг; 2) щебень гранитный фракции 5...20 мм – 1220 кг; 3) песок Краснолиманский – 580 кг; 4) вода – 200 л; 5) Добавка «SLURRY ADMIX» – 7 кг.

Такой же расход компонентов, но без добавки имел контрольный состав бетона и состав для нанесения на поверхность состава «SLURRY». Нанесение этого состава на поверхность бетонных образцов производилось в соответствии с «Инструкцией по применению гидроизоляционного состава «SLURRY». Этот состав применялся в виде жидкого водного раствора, включающего 3 части сухого состава «SLURRY» на 2 части воды. Бетонная поверхность образцов перед нанесением состава увлажнялась. Добавка «SLURRY ADMIX» применялась в соответствии с «Инструкцией по применению добавки «SLURRY ADMIX». Эта добавка замешивалась в бетонную смесь в количестве 1,5 % от массы цемента, необходимого на замес.

Расчетное количество сухой добавки «SLURRY ADMIX» перемешивалось с песком, щебнем и частью воды затворения, затем в смесь добавлялись цемент и остальное количество воды и снова составляющие тщательно перемешивались.

Из приготовленных бетонных смесей изготавливались стандартные образцы для изучения следующих показателей бетонов: прочности на сжатие и водонепроницаемости.

Все образцы подвергались пропариванию в лабораторной пропарочной камере по режиму 4+4+8+3 при температуре изотермического прогрева + 85 °С.

Для приведения прочности бетона в образцах размером 10х10х10 см к прочности бетона в образцах базового размера применялся коэффициент 0,95.

Результаты испытаний образцов бетона на прочность при сжатии приведены в табл.1.

Лабораторные испытания бетонных образцов на водонепроницаемость производились 2 способами: а) ускоренным методом в соответствии с ГОСТ 12730.5-84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости» с использованием фильтратометра ФМ-3 по методике, изложенной в «Руководстве по эксплуатации фильтратометра ФМ-3 и методу определения водонепроницаемости бетона», г. Донецк, 1985 год. и б) с использованием лабораторной установки, разработанной на кафедре «Строительство шахт и подземных сооружений» Донецкого национального технического университета (рис.1).

Результаты испытаний образцов бетона на прочность

Вид бетона	№ п/п	Размеры образцов, см	Масса образцов, г	Плотность, кг/м ³		Разрушающая нагрузка, Н	Предел прочности на сжатие, МПа	
				ед.	среднее		един.	среднее
Обычный тяжелый	1	10×10×10	2419	2420	2422	371250	34,32	34,68
	2	10×10,1×10	2446	2422		368750	34,68	
	3	10×10×10,1	2449	2425		372500	34,43	
Обычный тяжелый с поверхностью, покрытой «SLURRY»	1	9,9×10×10	2426	2450	2437	385000	36,94	37,86
	2	10×10,1×10	2456	2432		402500	38,62	
	3	10×10,1×10,1	2479	2430		396250	38,02	
Обычный тяжелый с добавкой «SLURRY ADMIX»	1	10×9,9×10,1	2427	2427	2431	417000	39,96	39,81
	2	10×10,1×10	2454	2430		409750	39,27	
	3	10×10,1×10,1	2484	2435		426500	40,21	
Обычный тяжелый с поверхностью, покрытой «Пенетрон»	1	10×10×10	2420	2420	2422	375000	35,94	36,59
	2	10×10,1×10	2446	2422		382500	36,76	
	3	10×10×10,1	2449	2425		386250	37,07	
Обычный тяжелый с добавкой «Пенетрон»	1	9,9×10×10	2416	2440	2434	395000	37,95	38,98
	2	10×10,1×10	2456	2432		406750	38,98	
	3	10×10,1×10,1	2479	2430		417500	40,01	

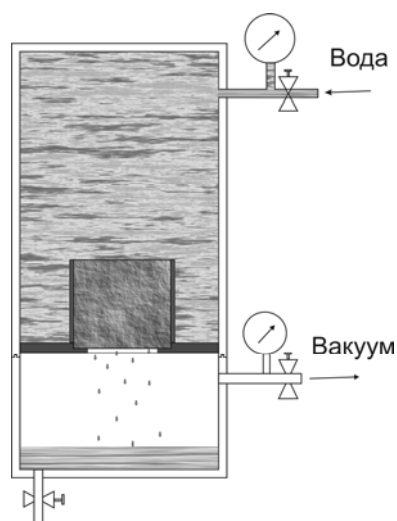


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной установки

В первом случае, фильтратометр устанавливали на нижнюю (при формировании) поверхность образца и закрепляли. Затем поднимали давление воды в камере фильтратометра до 10 МПа вращением ручки насоса и оценивали скорость падения давления. При медленном

падении давления отмечали положение ручки насоса, а время соответствующее этому моменту принимали за начало испытания.

Ручкой насоса делали шесть полных оборотов, поддерживая давление в пределах (10±5) МПа и испытания прекращали. Это время принимали за окончание испытания.

По числу оборотов определяли вес воды, поглощенной бетоном, из расчета, что один полный оборот ручки насоса равен $9,63 \times 10^{-3}$ Н, а так же измеряли диаметр D затемненного круга.

Коэффициент фильтрации бетона K_f (см/с) определяли по формуле:

$$K_f = \left(\mu \cdot \delta^2 / 240 \cdot \tau \cdot P \right)^{1,31},$$

где μ – коэффициент водопоглощения, Н/см³; δ – путь фильтрации, равный $D/2$, см; τ – время испытания образцов, см; P – избыточное давление в фильтратометре, МПа.

Коэффициент водопоглощения M определяли по формуле:

$$M = \frac{Q}{1,08 \cdot V},$$

где Q – вес воды поглощенной бетоном, Н; V – объем бетона, насыщенного водой.

$$V = \pi \cdot D^3 / 12,$$

Среднее значение коэффициента фильтрации бетона определяли по данным шести испытаний.

Во втором случае для испытания также использовался бетонный кубик размером 100×100×100 мм, приготовленный из бетона, предназначенного для возведения монолитной бетонной крепи скипового ствола шахты «Красноармейская-Западная №1». Стенки образца покрывались небольшим слоем аэрозольной краски, во избежание проникновения воды

с боковых сторон. Верхняя же часть образца оставалась непокрытой краской, для возможности проникновения воды в поры образца. Нижние кромки бетонного образца, которые в последствии будут контактировать с днищем установки, покрывали слоем силикона, во избежание проникновения воды между образцом и днищем в приемный лоток. Затем к лабораторной установке с помощью гибких шлангов под давлением 4 атм. нагнетали воздух в верхнюю камеру и создавали вакуум в 2 атм. в нижнем приемном лотке. В течение 6 часов с интервалом в 30 мин производились замеры количества воды, прошедшей через образец в нижний приемный лоток. Результаты испытаний на водонепроницаемость приведены в таблице 2. Результаты обрабатывались статистическими методами и анализировались.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов бетона на водонепроницаемость

Вид бетона	№ образцов	Коэффициент фильтрации бетона, см/с	Среднее значение	Марка бетона по водонепроницаемости	Среднее значение
Обычный тяжелый	1	$2,34 \times 10^{-9}$	$1,74 \times 10^{-9}$	W4	W6
	2	$1,38 \times 10^{-9}$		W6	
	3	$1,44 \times 10^{-9}$		W6	
	4	$2,1 \times 10^{-9}$		W4	
	5	$1,24 \times 10^{-9}$		W6	
	6	$1,9 \times 10^{-9}$		W6	
Обычный тяжелый с поверхностью, покрытой «SLURRY»	1	$0,42 \times 10^{-11}$	$0,52 \times 10^{-11}$	W20	W20
	2	$0,34 \times 10^{-11}$		W20	
	3	$1,07 \times 10^{-11}$		W16	
	4	$0,41 \times 10^{-11}$		W20	
	5	$0,36 \times 10^{-11}$		W20	
	6	$0,47 \times 10^{-11}$		W20	
Обычный тяжелый с добавкой «SLURRY ADMIX»	1	$3,17 \times 10^{-11}$	$2,17 \times 10^{-11}$	W16	W16
	2	$1,56 \times 10^{-11}$		W12	
	3	$3,22 \times 10^{-11}$		W16	
	4	$2,17 \times 10^{-11}$		W16	
	5	$1,14 \times 10^{-11}$		W12	
	6	$1,77 \times 10^{-11}$		W16	
Обычный тяжелый с поверхностью, покрытой «Пенетрон»	1	$2,97 \times 10^{-11}$	$2,05 \times 10^{-11}$	W16	W16
	2	$1,56 \times 10^{-11}$		W12	
	3	$2,89 \times 10^{-11}$		W16	
	4	$2,07 \times 10^{-11}$		W16	
	5	$1,24 \times 10^{-11}$		W18	
	6	$1,67 \times 10^{-11}$		W16	
Обычный тяжелый с добавкой «Пенетрон»	1	$0,40 \times 10^{-11}$	$0,51 \times 10^{-11}$	W20	W20
	2	$0,36 \times 10^{-11}$		W20	
	3	$1,08 \times 10^{-11}$		W18	
	4	$0,38 \times 10^{-11}$		W20	
	5	$0,36 \times 10^{-11}$		W20	
	6	$0,47 \times 10^{-11}$		W20	

Таким образом, в результате испытаний установлено, что применение состава «SLURRY» для нанесения его на поверхность бетона увеличивает прочность последнего на 9,17 %, водонепроницаемость увеличилась с марки W6 до марки W20.

Бетон с добавкой «SLURRY ADMIX» по сравнению с бетоном без добавки увеличил прочность на 14,79 %, водонепроницаемость бетона увеличилась с марки W6 до марки W16.

Из табл. 1, 2 следует, что покрытие поверхности бетона составом «Пенетрон» увеличивает его прочность при сжатии на 5,51 %, водонепроницаемость бетона увеличилась с марки W6 до марки W16. Бетон же с добавкой «Пенетрон» увеличивает его прочность на 12,39 % по сравнению с прочностью бетонов, где эти добавки не применяются, водонепроницаемость увеличилась с марки W6 до марки W20.

Следовательно, «Пенетрон», состоящий из портландцемента, очень тонко измельченного кремниевго песка и различных активных химических добавок, является уникальным материалом химической обработки для обеспечения водонепроницаемости, защиты и улучшения свойств бетона вертикального ствола. Эти активные добавки вступают в реакцию с влагой в только что приготовленном бетоне с побочными продуктами гидратации цемента, вызывая каталитическую реакцию, в результате которой создается нерастворимая кристаллическая структура в порах и капиллярных каналах бетона и вмещающих ствол породах. «Пенетрон» становится составной частью бетона, формируя с ним единое целое. Гидроизоляционная и защитная система «Пенетрон» на 100 процентов совместима с бетоном, а кристаллические новообразования «Пенетрона» блокируют проникновение воды. Таким образом, бетон становится герметичным от проникновения воды или жидкостей с любой стороны. Бетон также защищается от коррозии при воздействии окружающей среды.

Для герметизации стыков старого и нового бетона возможно применение «Пенекрита» [8] – цементной водостойкой укрепляющей строительной сухой смеси, применяемой для гидроизоляции стыков и примыканий, швов и трещин, имеющих в бетонных конструкциях. Она состоит из портландцемента, специально обработанного кварцевого песка и набора активных химических элементов. «Пенекрит» является вспомогательным, безусадочным, шовным материалом, однако о применении его в шахтном и подземном строи-

тельстве можно говорить только после лабораторной стендовой и шахтной экспериментальной проверки.

Самокритично отметим: пока ещё разнообразие условий строительства стволов не позволило создать универсальный метод изоляции обводненных пород с различными фильтрационными свойствами и надежно защищающий ствол, который бы базировался на единых технологических особенностях и в этом плане нашим специалистам надо много поработать. Представляется, что поиск новых технических решений по креплению стволов в обводненных породах должен ликвидировать недостатки технологии крепления при наличии водопритокков путем возведения заходок временной крепи с нагнетанием тампонажного раствора и образованием противофильтрационного ограждения перед сооружением крепи постоянной с последующим устройством закрепных гидроизоляционных завес современными материалами. Такие технологии обеспечат существенное снижение трудоемкости работ и повышение качества.

Подчеркивая важность литолого-геомеханических и горнотехнологических характеристик при сооружении стволов, укажем, что базисными здесь являются: масштабность и глубина управляющих воздействий, предопределяемых энергетической компонентой. Это прежде всего извлечение пород при проходке, привнос массы строительных материалов для создания конструкции крепи, перенос потоков воды и растворов в ней солей за счет её фильтрации через породы и крепи, перераспределение массы пород в связи с деформационными и геофильтрационными процессами вблизи стволов. Интенсивность этих процессов, их взаимосвязь и взаимовлияние возрастает при организациях скоростных проходок – квинтэссенции принятых проектных, технологических и производственных решений.

Это достаточно убедительно прослеживается, например, на выборе видов крепления и увязке с планированием темпов проходки и представлениями о геомеханических процессах, имеющих место в породах вблизи стволов в зависимости от скорости их проведения, с выбором рациональных параметров погрузки породы, ведения БВР, типа и конструкции крепи, места заложения стволов.

Выводы

1. Вопросам организации водопритокков как в приконтурном массиве, так и по стволу при

разработке технологий проходки вертикальных стволов необходимо уделять особое внимание.

2. Сооружение стволов больших диаметров требует новых подходов к проектированию как видов крепей, так и их конструкций, совершенствования организации проходки (точный геологический прогноз, повышенная надежность оснащения, усовершенствованные методы водоподавления и водоотлива, уточненная нормативная база). Доказано, что диаметр ствола – это комплексный системный показатель, влияющий на скорость проходки с точки зрения ее организации и учета геомеханических условий.

3. Необходимо максимальное использование новых нетрадиционных материалов и технологий, позволяющих повышать механические свойства бетонной крепи, в том числе их гидроизолирующую способность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи / ВНИМИ, ВНИИОМШС Минуглепрома СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 272 с.
2. Звягильский Е. Л., Байсаров Л. В., Ильяшов М. А., Новик Е. Б., Левит В. В. Геомеханические и организационные особенности проходки стволов большого диаметра // Уголь Украины, 2003. – № 7. – С. 3–8.
3. Кипко Э. Я. Исследование и тампонаж обводненных трещиноватых горных пород через скважины, пробуренные с поверхности, при сооружении капитальных горных выработок: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.15.04 / ДГИ. – Днепропетровск. – 1989. – 33 с.
4. Шевцов Н. Р., Борщевский С. В., Антоневич Ю. И., Бабичев В. А., Новиков С. А. Влияние реологических характеристик заполнителей на получение сверхпрочной бетонной крепи // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Гірничо-геологічна». Випуск 72. – Донецьк, ДонНТУ, 2004. – С. 97–102.
5. Хуммель А. О технологии высокопрочного бетона / Сборник иностранных переводов, 1955. – № 2.
6. Миронов С. А., Аробелидзе Г. А. Вопросы технологии высокопрочного бетона. «Бетон и железобетон», 1955. – № 4.
7. Заключение Донецкого Промстройинипроекта о результатах определения основных сравнительных параметров гидроизоляционных составов. Договор №7/110-05 от 12.03.2005г.
8. <http://www.syrina.com>.

Поступила в редколлегию 03.04.2007.

Б. Г. КЛОЧКО, А. В. КРАСНЮК, В. А. МОМОТ (ДИИТ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ ДЛЯ БЕТОНИРОВАНИЯ ПОД ВОДОЙ

В статті наведено дослідження фізико-механічних властивостей розчинів для бетонування під водою. По результатах досліджень реологічних та міцностних характеристик розроблено оптимальні суміші для ін'єктування при ремонті бетонних транспортних споруд під водою.

В статье приведены исследования физико-механических свойств растворов для бетонирования под водой. По результатам исследований реологических и прочностных характеристик разработаны оптимальные составы для инъектирования при ремонте бетонных транспортных сооружений под водой.

In the article researches of physics-mechanical properties of solutions are resulted for concreting under water. On results researches reologicheskikh and prochnostnykh descriptions optimum compositions are developed for yn'ektyrovanyya at repair of concrete transporting buildings under water.

Введение. Актуальность вопросов связанных с восстановлением транспортных сооружений под водой подтверждена проведенными раньше предварительными исследованиями [1, 2, 3].

Основными нерешенными вопросами являются вопросы оптимизации разработанных растворов по реологическим и прочностным характеристикам, исследование эксплуатационных свойств и технологические особенности применения разработанных составов.

Цель исследований. Основной целью исследований описанных в статье является оптимизация реологических и прочностных свойств разработанных растворов.

Результаты исследований. С целью разработки оптимальных составов для проведения инъекционных работ был составлен ортогональный план, где варьируемыми факторами являлись количество цемента, пластификатора и наполнителя в растворе табл. 1.

После назначения составов растворов согласно данным табл. 1 проводились исследования подвижности растворной смеси, прочности на сжатие и изгиб растворного камня и выбирались оптимальные составы.

Готовились растворные смеси, на которых определялась подвижность прочности на сжатие и изгиб растворного камня по стандартным методикам. На основании экспериментальных данных были рассчитаны параметры принятой модели, отражающие свойства растворной смеси и растворного камня.

На основании полученных моделей были построены графики для анализа и выбора оптимальных составов для дальнейших исследований. Один из графиков приведен на рис. 1.

Сравнение экспериментальных данных с данными изолиний построенных по моделям, показали, что их отклонение находится в

пределах 4...8 %, что позволяет считать полученные модели адекватными.

Таблица 1

Варьируемые факторы первого планированного эксперимента

№ состава	X ₁ /Ц, кг/м ³	X ₂ /ПКМ, кг/м ³	X ₃ /ПГВФ, кг/м ³
1	-1/450	-1/0	-1/0
2	+1/650	-1/0	-1/0
3	-1/450	+1/16	-1/0
4	+1/650	+1/16	-1/0
5	-1/450	-1/0	+1/90
6	+1/650	-1/0	+1/90
7	-1/450	+1/16	+1/90
8	+1/650	+1/16	+1/90
9	0/550	0/8	0/45
10	0/550	0/8	-1/0
11	0/550	0/8	+1/90
12	0/550	-1/0	0/45
13	0/550	+1/16	0/45
14	-1/450	0/8	0/45
15	+1/650	0/8	0/45

В табл. 2 приведены предельные значения составляющих и свойств растворов с пластификатором ПКМ, полученным на основании анализа графиков, построенных благодаря разработанным моделям.

Проведенные эксперименты позволили получить достаточно полное представление о реологических и прочностных характеристиках растворной смеси и камня. Однако для того чтобы утверждать о целесообразности их применения для восстановления бетона транспортных сооружений способом инъектирования под водой целесообразно произвести дополнительные исследования растворного камня в различных условиях эксплуатации.

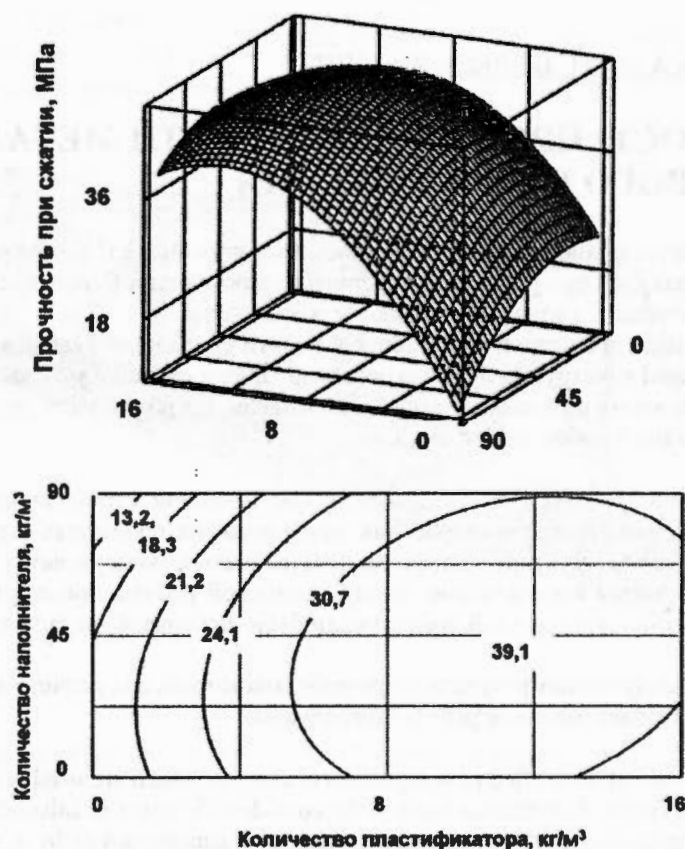


Рис. 1. Влияние количества пластификатора ПКМ и наполнителя на прочность при сжатии растворного камня в возрасте 28 суток, твердевшего в воде, при постоянном количестве цемента равном 450 кг/м^3

Таблица 2

Предельные значения составляющих и свойств растворов с пластификатором ПКМ

Наименование показателя	Показатели
Количество цемента, кг/м^3	470...566
Количество пластификатора, кг/м^3	7...15
Количество наполнителя-ПГПФ, кг/м^3	35...75
Количество воды-ПГПФ, кг/м^3	290...370
Количество песка, кг/м^3	остальное
Подвижность, см	12...19
Прочность при сжатии в возрасте 28 суток при твердении в воде, МПа	28...39

Выводы

В результате проведенных исследований:
 - оптимизированы реологические прочностные свойства разработанных растворов. На основании проведенного анализа результатов экспериментов выбраны оптимальные составы по реологическим и прочностным показателям;
 - разработаны модели, отражающие реоло-

гические и прочностные характеристики растворов и позволяющие их оптимизировать.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Краснюк А. В. Дослідження матеріалів для ремонту бетонних та залізобетонних транспортних споруд / А. В. Краснюк, Ю. Л. Заєць, В. П. Лисяк, В. О. Момот // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Вып. № 30. – Д.: ПГАСА, 2004. – С. 148-152.
2. Момот В. А. Анализ вопросов применения монолитного бетона в гидротехническом строительстве / Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 11. – Д.: ДПТ, 2006. – С. 217-219.
3. Момот В. О. Розробка високорухливих розчинів для ремонту бетонних та кам'яних транспортних споруд способом підводного ін'єктування / Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 12. – Д.: ДПТ, 2006. – С.137-139.

Надійшла до редколегії 11.05.2007 р.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВОЇ РОБОТИ МЕТАЛЕВИХ ФЕРМ ВІД ВІТРОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

На сьогодні актуальною є проблема надзвичайної спрощеності розрахункових моделей, що використовуються при розрахунку та проектуванні металевих прогонових будов з наскрізними фермами з їздом низом. Часто це призводить до значних похибок у розрахунках.

В роботі виконано дослідження просторової роботи прогонової будови методом скінченних елементів. У якості досліджуваної конструкції було використано типову прогонову будову (типовий проект №690/2).

На основі отриманих результатів розроблена модель для розрахунку додаткових зусиль в поясах ферми, яка відповідає реальній роботі конструкції.

На сегодняшний день существует проблема чрезвычайной упрощенности расчетных моделей, которые используются при расчете и проектировании металлических пролетных строений со сквозными фермами с ездой понизу. Часто это приводит к значительным погрешностям в расчетах.

В работе выполнены исследования пространственной работы пролетного строения методом конечных элементов. В качестве исследуемой конструкции было использовано типовое пролетное строение (типовой проект №690/2).

На основании полученных результатов разработана модель для расчета дополнительных усилий в поясах фермы, которая отвечает реальной работе конструкции.

There is a problem of simplified of computational models, which are used at calculation and designing of metal superstructures as a frame. Sometime it leads to the considerable errors in calculations.

In this work researches of dimensioned behavior of a superstructure by a finite element method was implemented. In the capacity of calculated construction the standard superstructure (a type project №690/2) has been used.

Ground obtained results the model for calculation of supplemental forces in chords was designed, which simulate a behavior of constructional.

Металеві прогонові будови з наскрізними фермами – це складні просторові конструкції з великою кількістю елементів.

Як особливість роботи даної конструкції можна відзначити складну просторову взаємодію всіх елементів конструкції при прийнятті тих чи інших навантажень. У відповідності з чинними нормами та правилами розрахунку прийнято спрощувати прогонову будову до плоских моделей, та за цими розрахунковими схемами проводити всі обчислення.

Подібні методики добре висвітлені у вітчизняній літературі [1; 2; 4].

Ці спрощення розрахункових моделей призводять до суттєвих похибок при визначенні внутрішніх зусиль в елементах. Безперечно, дані методики розрахунку мають свою область використання і можуть бути застосовані для попереднього розрахунку елементів прогонової будови, але колосальні запаси, що закладені у припущеннях, можуть суттєво збільшувати вартість конструкції. Тому оптимальним буде певний компроміс між спрощеними методами розрахунку і більш точними новітніми методами комплексних розрахунків конструкції, які

дозволяють враховувати практично всі особливості напруженого стану всіх елементів мосту.

Особливу увагу привертає до себе методика спрощеного розрахунку прогонової будови на горизонтальні навантаження, викладена у літературі [1]. У відповідності з цією методикою зусилля від тиску вітру на елементи ферми розподіляється між верхніми та нижніми вітровими в'язями у співвідношенні 60 та 60 %.

Тільки одне дане припущення вже збільшує навантаження на ферму на 20 %, що є не зовсім коректним при сучасному розвитку методів розрахунку.

У даній роботі наведена спроба визначення більш точних співвідношень між навантаженнями, які прикладені на верхні та нижні вітрові ферми.

Всі численні розрахунки, що представлені у цій роботі, було проведено в програмному комплексі Selena 4.1.1.

Ця програма заснована на методі скінченних елементів, дозволяє розраховувати конструкцію будь-якої складності, з кількістю кінцевих елементів до 64000, чого достатньо для проведення даних розрахунків.

У якості моделі було прийнято рішення використовувати тривимірну стержневу конструкцію, геометричні характеристики якої відповідають прогоновій будові з наскрізними фермами з їздою низом, $l_p = 55$ м (Проектування ПСК типовий проект №690/2). Створену модель можна побачити на рис. 1.

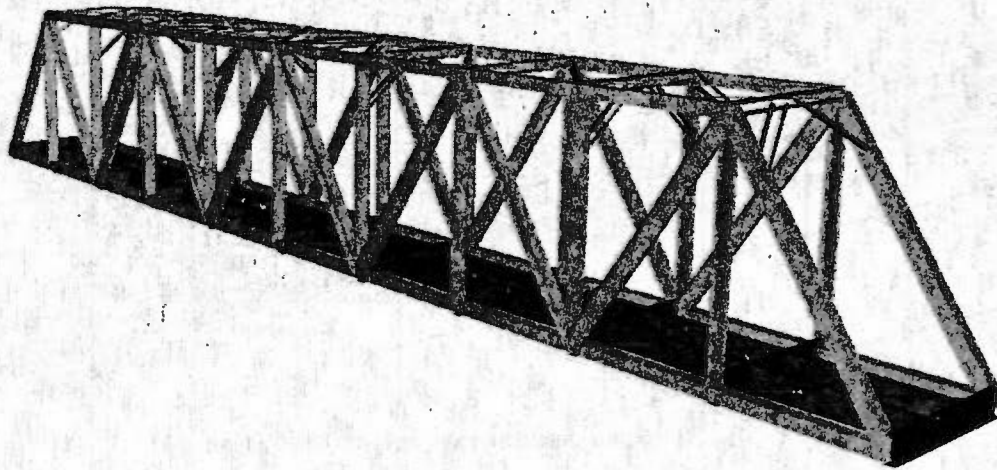


Рис. 1. Модель прогонової будови

На початку досліджень було проведено тестування даної моделі на відповідність її натурним характеристикам.

Тиск вітрового навантаження на прогонову будову було визначено у відповідності з методикою, викладеною в роботі [3], за якою величина тиску вітрового навантаження була визначена з виразу:

$$W^p = W_n \gamma_{fw},$$

де $\gamma_{fw} = 1,5$ – коефіцієнт надійності, W_n – нормативна інтенсивність вітрового навантаження в кН/м^2 .

Для кожного елемента величина інтенсивності погонного навантаження визначалася окремо за формулою:

$$q = W^p h,$$

де h – висота елемента.

Величина інтенсивності була визначена для наступних елементів:

- поздовжня балка:

$$q = 2760 \cdot 0,88 = 2428,8 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

- нижній пояс, верхній пояс, опорний розкіс:

$$q = 2760 \cdot 0,45 = 1242 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

- розкоси:

$$q = 2760 \cdot 0,42 = 1159,2 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

ми з їздою низом, $l_p = 55$ м (Проектування ПСК типовий проект №690/2). Створену модель можна побачити на рис. 1.

- стійки, підвіски:

$$q = 2760 \cdot 0,26 = 717,6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Дані інтенсивності навантажень були прикладені до відповідних кінцевих елементів, як показано на рис. 2.

Метою даного розрахунку є підтвердження або спростування наступних припущень:

- на верхню та нижню вітрову ферму діє по 60 % від вітрового навантаження, що діє на елементи наскрізних ферм;
- на верхню та нижню вітрову ферму припадає відповідно 40 та 80 % навантаження, що діє на рухомий склад;
- на поздовжню балку на верхню та нижню вітрову ферму припадає відповідно 40 та 80 % навантаження, що діє на поздовжню балку.

В результаті розрахунку було отримано зусилля від прикладеного навантаження в кожному елементі, але це не можна вважати за кінцевий результат, оскільки за ними не можна оцінити ступінь розподілення вітрового навантаження між двома фермами.

У відповідності з роботою [2; 4] прийнято визначати зусилля в елементах ферми за допомогою балочних моментів в залежності від інтенсивності навантаження.

Ці величини знаходяться у відповідності з розрахунковою схемою, зображеною на рис. 3.

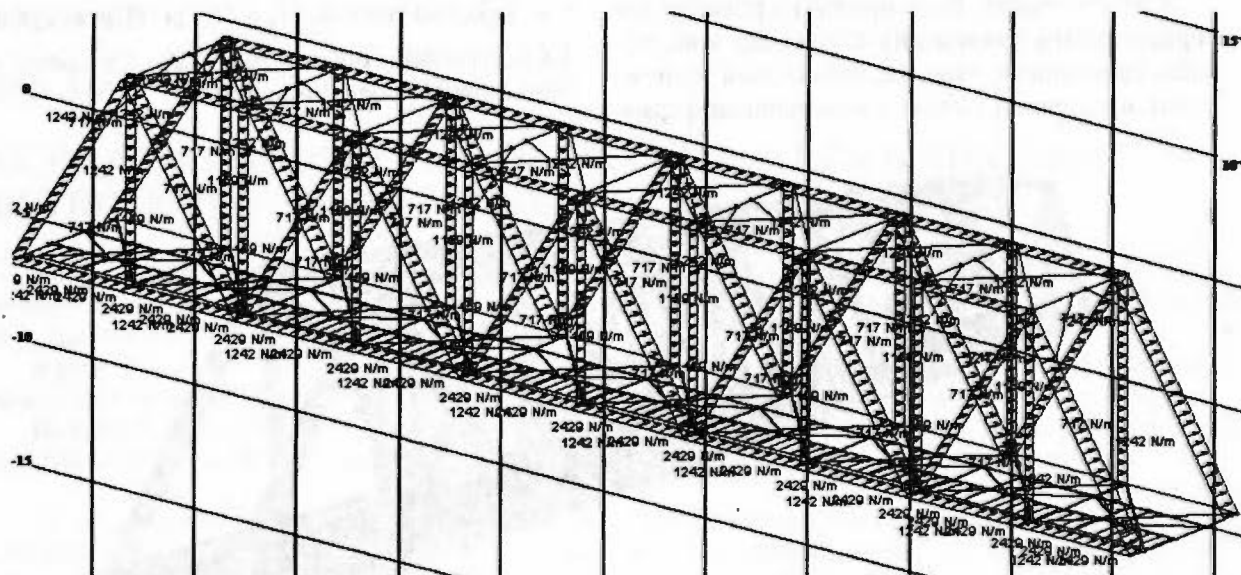


Рис. 2. Схема завантаження прогонової будови

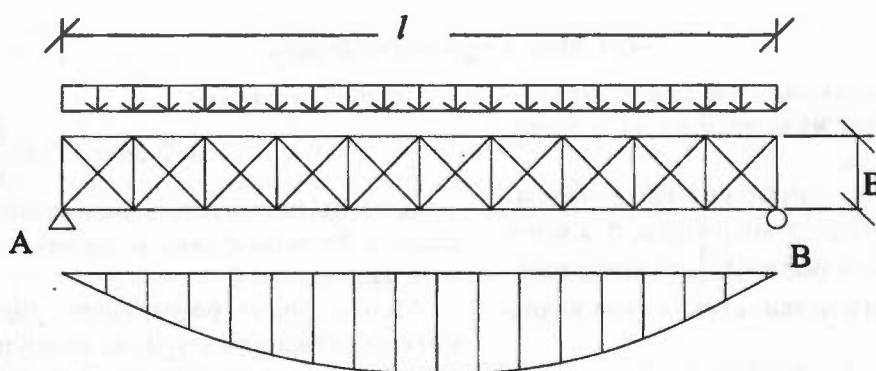


Рис. 3. Епюра балочних моментів

Зусилля визначається за формулою:

$$S = \frac{M}{B},$$

де B – відстань між осями, M – балочний момент, що визначається з виразу

$$M = \frac{ql^2}{8} - \frac{ql^2}{4},$$

де l – довжина вітрової ферми, q – інтенсивність вітрового навантаження на відповідну ферму.

В даному випадку потрібно виконати обернену задачу: знайти інтенсивність погонного навантаження знаючи зусилля в елементах.

Як показали розрахунки даної моделі, результати яких представлені на рис. 4, а, б, епюра балочних моментів представлена схематично на рис. 4, в.

Дана епюра суттєво відрізняється від епюри, що зазвичай використовується для розрахунків

у відповідності з роботами [2; 4], та представлена на рис. 3.

Для визначення інтенсивності навантаження потрібно скласти рівняння рівноваги для балки, та з нього визначити інтенсивність вітрового навантаження.

Запишемо рівняння рівноваги відносно точки В

$$\Sigma M_B = 0;$$

$$W_{\text{в}} \frac{l_p^2}{2} - M_{\text{он1}} + M_{\text{он2}} - R_A l_p = 0.$$

Після перетворень маємо:

$$W_{\text{в}} = \frac{\frac{M_{\text{он1}}}{l_p} X - \frac{M_{\text{он2}}}{l_p} X + M_{\text{он2}} + M_{\text{MAX}}}{\frac{l_p}{2} X - \frac{X^2}{2}};$$

У відповідності з цією формулою знаходимо інтенсивність погонного навантаження від тиску вітру на певні елементи, що розподіляється на верхню та нижню ферми.

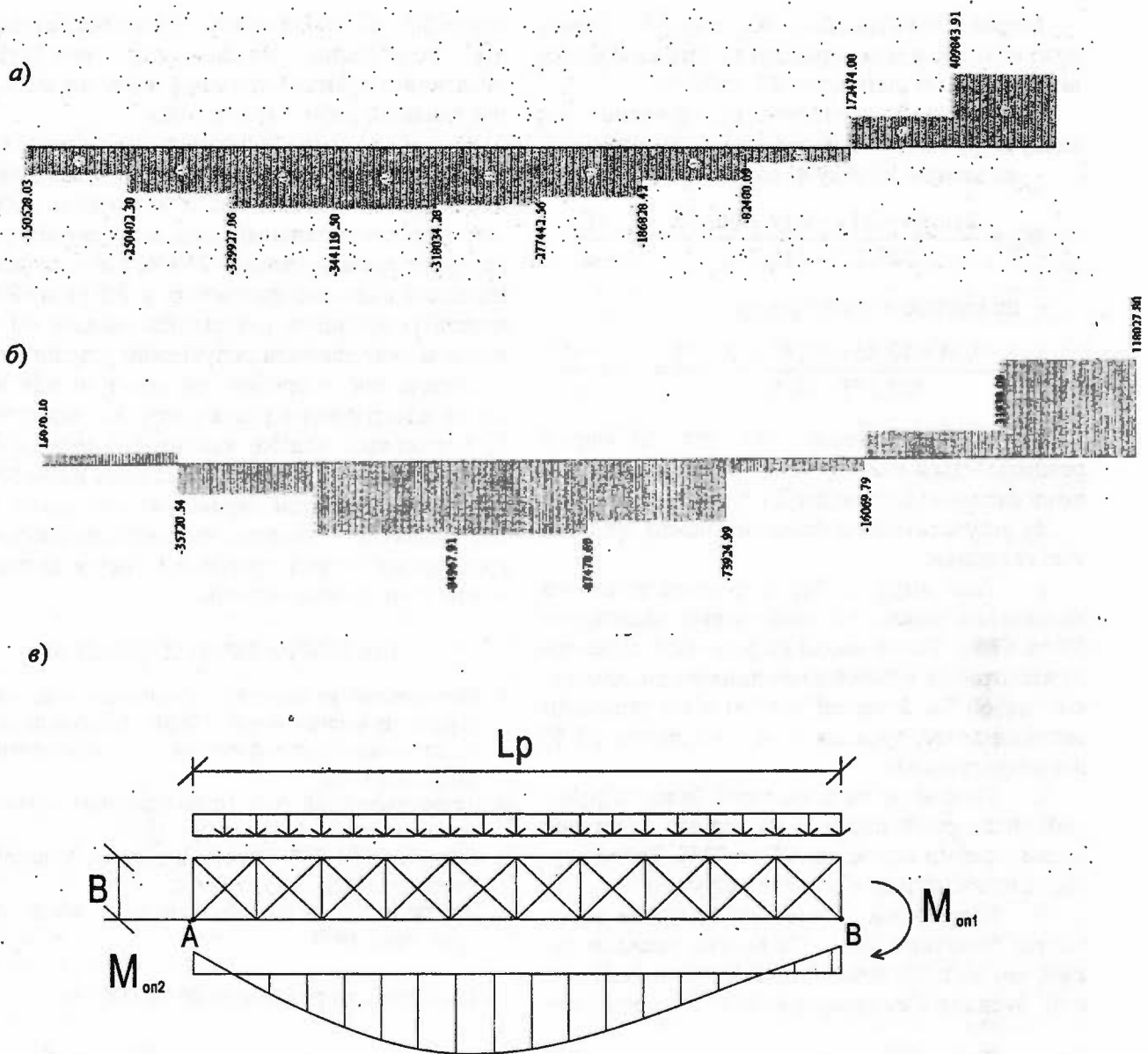


Рис.4. Епюра зусиль та розрахованих балочних моментів:

а – нижній пояс; б – верхній пояс; в – уточнена розрахункова схема

Інтенсивність погонного навантаження від тиску вітру на ферму буде рівна:

- на нижню вітрову ферму

$$W_{38}^n = \frac{1054,16 + 200,7 - 573,42 + 1961,37}{529,375 - 185,281} = 7,68 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

- на верхню вітрову ферму

$$W_{38}^a = \frac{429,92 - 161,1 + 368,22 + 248,52}{423,5 - 15,281} = 3,72 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Вітрове навантаження від тиску на ферму розподіляється між верхніми та нижніми вітровими фермами відповідно 33 до 67 %.

Інтенсивність погонного навантаження від тиску вітру на рухомий склад буде рівна:

- на нижню вітрову ферму

$$W_{38}^n = \frac{731 - 31,7 + 90,63 + 1202,13}{529,375 - 185,28} = 5,79 \frac{\text{кН}}{\text{м}};$$

- на верхню вітрову ферму

$$W_{38}^a = \frac{-32,06 + 129,50 - 414,39 + 760,95}{309,375 - 94,531} = 2,14 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Вітрове навантаження від тиску на ферму розподіляється між верхніми та нижніми вітровими фермами відповідно 27 та 73 %.

Інтенсивність погонного навантаження від тиску вітру на поздовжню балку буде рівна:

- на нижню вітрову ферму

$$W_{3a}^n = \frac{216,66 - 3,19 + 9,12 + 361,95}{529,375 - 185,28} = 1,7 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

- на верхню вітрову ферму

$$W_{3a}^B = \frac{-0,71 + 30,46 - 97,47 + 201,21}{309,375 - 94,531} = 0,64 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Вітрове навантаження від тиску на ферму розподіляється між верхніми та нижніми вітровими фермами відповідно 27 до 73 %.

За результатами досліджень можна зробити такі висновки:

1. Тиск вітру на ферму розподіляється на верхню та нижню вітрові ферми відповідно 33 та 67 %. Тобто нижні вітрові в'язі перенапружені, так як в загальному випадку розраховуємо на 60 %, а верхні вітрові в'язі отримали великий запас, зусилля в них складають 55 % від розрахункових.

2. Тиск вітру на поздовжню балку та рухомий склад розподіляється на верхню та нижню вітрову ферми відповідно 27 та 73 %. Тобто верхні та нижні вітрові в'язі недонапружені.

3. Розрахунок додаткових зусиль за допомогою балочних моментів можна вважати таким, що не відповідає реальній роботі конструкції. Зусилля в елементах виявилися завищени-

ми на 50...60 %. На основі отриманих результатів розроблена модель для розрахунку додаткових зусиль в поясах ферми, яка відповідає реальній роботі конструкції.

4. Якщо скласти похибку, що закладена на етапі розподілу навантажень та на етапі визначення зусиль в елементах, то відносна похибка, наприклад, у верхньому поясі від тиску вітру на наскрізну ферму складає 260 %, тобто зусилля завищені відносно фактичних у 2,6 рази. Найменша розбіжність результатів складає 60 %, що не можна вважати допустимим результатом.

Задача про розробку достатньо точних методик аналітичного розрахунку, що дозволили б прорахувати подібні конструкції, може бути поставлена, але на сьогодні, єдиним рішенням, як можна уникнути перевитрат матеріалів на непередбачених запасах, є повний розрахунок просторової моделі прогонової будови за допомогою ітераційних методів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Технические условия проектирования ж/д, а/д и городских мостов и труб (СН 200-62). Всесоюзное издательско-полиграфическое объединение МПС. М.: 1962.
2. Петропавловский А.А. Проектирование металлических мостов. М.: Транспорт, 1982.
3. СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы». Минстрой России.: ГП ЦПП, 1996. 214 с.
4. Протасов К.Г. и др. Металлические мосты. М.: Транспорт, 1973.

Надійшла до редколегії 06.04.2007.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ОЧИЩЕННЯ І УТИЛІЗАЦІЇ ЗАБРУДНЕНОГО БАЛАСТНОГО ЩЕБЕНЮ

Розглянуто основні аспекти проблеми утилізації відпрацьованого баластного щебеню, який накопичується у значних об'ємах при реконструкції та поточному утриманні колій на Придніпровській залізниці. Встановлено, що найкращим напрямком утилізації відпрацьованого баластного щебеню є повторне його використання в колійному господарстві, при наявності технічних можливостей та економічної доцільності. Як показали попередні дослідження вирішення цієї проблеми буде мати значний екологічний та економічний ефект.

Рассмотрены основные аспекты проблемы утилизации отработанного балластного щебня, который накапливается в значительных объемах при реконструкции и текущем содержании путей на Приднепровской железной дороге. Установлено, что наилучшим направлением утилизации отработанного балластного щебеню есть повторное его использование в путевом хозяйстве, при наличии технических возможностей и экономической целесообразности. Как показали предварительные исследования решения этой проблемы будет иметь значительный экологический и экономический эффект.

The basic aspects of problem of utilization of exhaust ballast to the macadam which accumulates in considerable volumes at reconstructions and current maintenance of tracks on the Pridneprovscaya rail way are considered. It is set that by the best direction of utilization of exhaust ballast to the macadam there is repeated his use in the travel economy, at presence of economic feasibilities and financial viability. How rotined previous researches of decision of this problem will have a considerable ecological and economic effect.

Загальна довжина колії Придніпровської залізниці складає близько 7498 кілометрів. На кожен кілометр колії укладається до 2000 м³ баластного щебеню. Вартість баластного щебеню в Придніпровському регіоні коливається від 37 до 170 гривень за 1 м³. Планова заміна баластного щебеню відбувається через кожні 10 років його експлуатації, при цьому замінюється від 50000 до 70000 м³ баластного щебеню.

На сьогоднішній день існує проблема ефективної утилізації відпрацьованого баластного щебеню, який накопичується у значних об'ємах при реконструкції та поточному утриманні колій на Придніпровській залізниці. Як показали попередні дослідження вирішення цієї проблеми буде мати значний екологічний та економічний ефект.

Встановлено, що найкращим напрямком утилізації відпрацьованого баластного щебеню є повторне його використання в колійному господарстві, при наявності технічних можливостей та економічної доцільності.

Найбільш забрудненим вважається баластний щебінь, що експлуатується безпосередньо під дерев'яними або залізобетонними шпалами, а також у місцях, що інтенсивно забруднюються внаслідок специфіки умов експлуатації, таких, як стрілочні переводи, завантажувально-вивантажувальні шляхи, шляхи відстою рухо-

мого складу і т.п..

Як показав літературний аналіз, сьогодні в Україні не існує нормативного документу, що регламентує способи утилізації відпрацьованого баластного щебеню. Але існують державні стандарти, які регламентують властивості щебеню для його використання в транспортному будівництві. Тому основною метою досліджень є розробка технології, яка дозволить ефективно проводити очищення забрудненого баластного щебеню до моменту, коли його можна буде повторно використовувати у транспортному будівництві.

Згідно з законом про охорону навколишнього середовища, **забруднений баластний щебінь** це відходи, які утворюються безпосередньо на проїжджій частині залізничної колії внаслідок спочатку використаних матеріалів та допоміжних речовин, які застосовуються при ремонтних роботах, а також внаслідок дії «специфічного залізничного» забруднення та звичайних забруднень. Ці відходи є супутнім явищем при перебудуванні, реставрації та новому будівництві залізничних шляхів.

На рис. 1 показано відвали забрудненого баластного щебеню Трудівського щебеневого заводу.

Під **баластним щебенем** розуміється тверде ломане каміння, що використовується для баластування залізничного шляху, яке відповідає

високим будівельно-технічним вимогам. При цьому мова йде про чисте ломане природне каміння з особливими вимогами щодо якості каменю, форми та розмірів (як правило, між 25 та 45 (60) мм). Товщина шару щебеню до нижньої поверхні шпал складає 30 см, відповідно розрахунковій швидкості руху та передбачуваного навантаження на залізничний шлях.



Рис. 1. Відвали забрудненого баластного щебеню

За механічного навантаження внаслідок руху потягів та при періодично проводимих ремонтних роботах, а також внаслідок вивітрювання щебінь змінює свою форму. Через це, а також через накопичення інших порід (зверху пилу та бруду, знизу дрібні частинки, які утворюються під час земних коливань із нижньої будови колії) баластний щебінь поступово втрачає свої будівельно-технічні характеристики, тому через 15...30 років його треба реставрувати чи замінити. Забруднений щебінь при реставрації або перебудові часто видаляється разом з частиною нижньої будови колії. Крупний щебінь, розмір якого 25 мм (інколи після просіювання до 30 мм), який залишився після просіювання на місці робіт, може бути знову застосований разом з новим щебенем. Відсіяні після очищення щебеню частинки, які є меншими ніж 30мм (22мм залежно від сита), а також найдрібніші частки та відпрацьований щебінь вивозяться для утилізації відходів.

При визначенні раціональних з будівельно-технічної точки зору та дозволених з точки зору охорони навколишнього середовища шляхів утилізації відходів треба принципово враховувати наступні елементи:

- забруднення відходів («речовинне» забруднення через небажані дрібні частки) і перервантя шкідливими речовинами («хімічне» перервантя);

- можливості, по-різному забруднені матеріали за спеціальних будівельних умов підприємств залізниці окремо для покращеного використання реєструвати і переправляти далі;

- запобігання недопустимого забруднення навколишнього середовища через гарантію належної якості будівельних матеріалів і дотримання обмежень під час застосування матеріалів.

Отже треба намагатися застосовувати високоякісні після повторного використання будівельні матеріали, щоб специфічні якості матеріалу можна було б використовувати найкращим чином і гарантувати можливість нового використання.

Для здійснення цих принципів треба проводити на будівельних майданчиках розподіл матеріалів (рис. 2), що дозволяє розрізняти відходи згідно наступних пріоритетів:

1. Безпосереднє повторне використання або використання окремих фракцій на будівельних майданчиках (перш за все крупного щебеню після його очищення).

2. Використання відходів в якості незабрудненої виїмки ґрунту на інших будівельних майданчиках або як заміну сировини.

3. Вивезення відходів для збагачення (сухе просіювання або промивання) у спеціальних пристроях, якщо потужність цього пристрою потребує попереднього сортування для покращення роботи. Метою є – подальша обробка матеріалів, таким чином їх можна буде як незабруднену сировину без обмежень використовувати і залишки обробляти далі або захоронити.

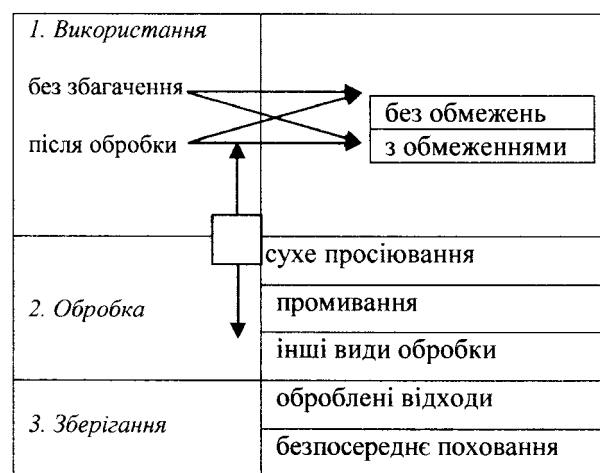


Рис. 2. Шляхи утилізації залізничного баласту

При аналізі вітчизняної, закордонної літератури виявлені наступні відомі способи очищення забрудненого щебеню (в залежності від ступеня забруднення).

Сухе грохочення

Технологія сухого грохочення покращує механічні характеристики баластного матеріалу, але лише трохи зменшує ступінь його забруднення [1-3].

Промивка

Технологічний процес і устаткування для промивки відпрацьованого баластного матеріалу схематично показані на рис. 3.

часток баластного матеріалу з гуркоту і осадженого з води мула ущільнюється і пресується; при цьому утворюються брикети, які використовують як фільтрувальні.

Вміст залишкових забруднень в промитому і висушеному баластному матеріалі не повинен перевищувати заданої величини. Найважливішим параметром забруднення шкідливими речовинами є вміст поліциклічних і мінеральних вуглеводнів; вміст важких металів, як правило, допускається. Найбільша кількість забруднювачів звичайно залишається в піску.

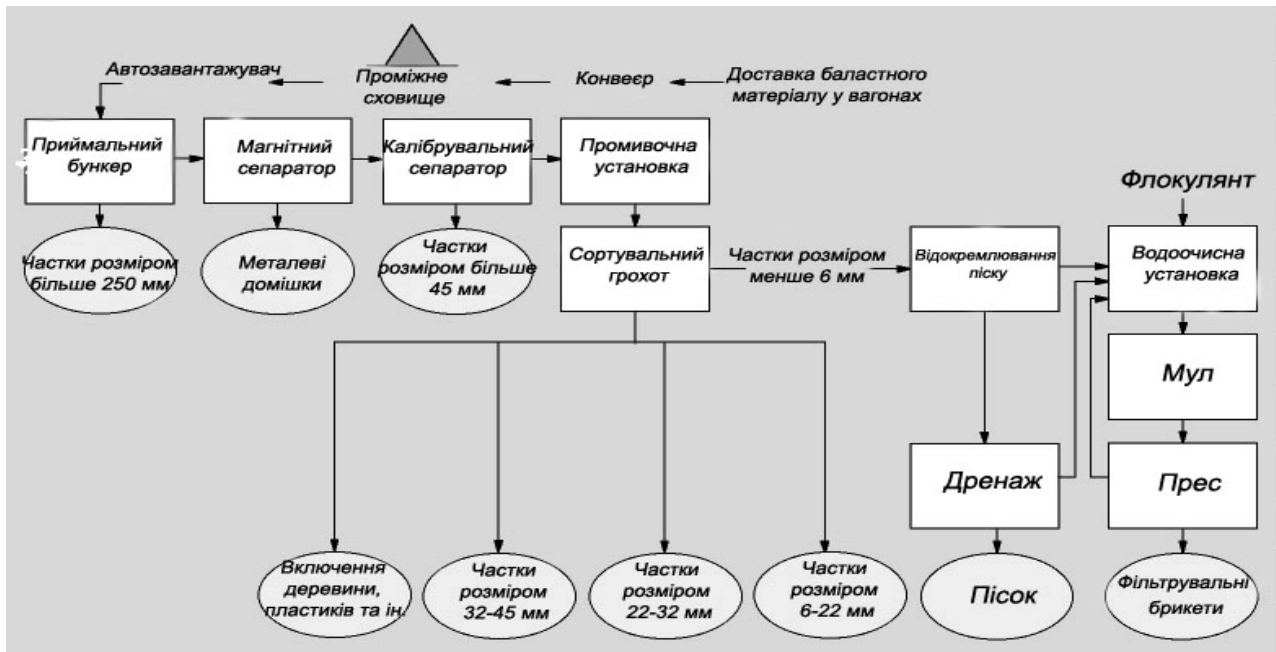


Рис. 3. Технологія та обладнання для промивання відпрацьованого баластного щебеню

Знятий з шляху забруднений і засмічений баластний матеріал в спеціальних вагонах транспортують на промивальну установку. Тут його по конвеєру направляють в проміжне сховище. Звідси навантажувачі на автомобільному ході порціями перевозять його в приймальний бункер установки для попередньої обробки. Магнітний сепаратор видаляє з баластного матеріалу всі металеві включення, потім калібрувальний сепаратор видаляє частинки розміром більше 45 мм. Після цього баластний матеріал промивається. Промитий матеріал подається на сортувальний гуркіт, на якому проходять частини розміром 6...45 мм. Із забрудненої води, використаної для промивки, за допомогою гідроциклона вимивається пісок, потім вода додатково очищається методом осадження. Очищену воду знов направляють на промивку баластного матеріалу, чим забезпечується оборот води по замкнутому циклу. Суміш піску з гідроциклоном, дрібних

Як показують результати досліджень, після такої звичайної промивки ступінь забруднення відпрацьованого баластного матеріалу знижується не менше ніж в 2 рази.

Якщо вміст шкідливих забруднювачів в баластному матеріалі після промивки задовольняє вимогам, що пред'являються до незабрудненого матеріалу, такий матеріал можна повторно використовувати без потреби в подальшій обробці і без обмежень як баластний матеріал, так і як матеріал для дорожнього будівництва, дренажних систем, забутовання і т.п.

Якщо вміст шкідливих забруднювачів знаходиться у визначених межах для матеріалу, придатного до повторного використання з деякими обмеженнями, такий матеріал можна застосовувати як сировину для виготовлення бетону або асфальтобетону. Баластний матеріал, що складається з часток потрібних фракцій, але з округлими гранями, можна використовувати за

прямим призначенням, проте тільки на другорядних шляхах

Гравітаційне збагачення

Цей вид обробки складніше за промивку і включає декілька технологічних процесів, зокрема гравітаційне відділення забруднених і незабруднених дрібних фракцій на грохотах, подібнення крупних часток, промивку, багатоступінчасту сепарацію на циклонах, а також обробку використаної води. Крім того, застосовуються екстракційні технології для розчинення забруднювачів за допомогою спеціальних хімічних реагентів в рідкому вигляді; одержані при цьому розчини також направляють на станцію обробки стічних вод. Забруднювачі деяких видів можна хімічно розщепляти з утворенням нейтральних продуктів.

Гравітаційне збагачення – дорогий вид обробки, який доцільно використовувати тільки у випадках, коли знятий з шляху баластний матеріал настільки забруднений, що для його очищення простої промивки недостатньо, а також якщо його складування у відвал безпосередньо після зняття з шляху неможливо по екологічних або недоцільно по економічних міркуваннях.

Складування у відвал

Знятий з шляху баластний матеріал, ступінь забруднення якого відносно невисокий, можна складувати у відвал для хімічно інертних матеріалів. Баластний матеріал з високим ступенем забруднення необхідно заздалегідь обробити або складувати в спеціальний відвал відповідно до розпоряджень законодавства про промислові відходи.

Види та джерела шкідливих речовин

Спосіб утилізації утворених відходів перш за все залежить від ступеню забруднення шкідливими речовинами, які накопичувалися у щебеневому баласті на протязі експлуатації залізниці. При виборі способу утилізації в рівній мірі вирішальними є також будівельно-технічні властивості відходів.

Встановлено, що відпрацьований баластний щебінь містить, як правило, механічні і хімічні забруднення.

До **механічних** відносяться:

- дрібна фракція, що утворилася внаслідок зносу і стирання часток щебеню;
- частки матеріалу земляного полотна, що перемішуються з щебенем;
- залишки рослинності.

Хімічні забруднення:

- важкі метали, що містяться в продуктах зносу коліс, рейок, контактного проводу і гальм.

Природним шляхом метали за звичайної технології вимиваються з мінеральних відходів лише в невеликих концентраціях. Для оцінки екологічного забруднення металами треба визначити їх загальний вміст. Для оцінки особливого впливу металів на залізниці враховується підвищений вміст, який може вміщуватися природним шляхом у щебеневому баласті (це перш за все підвищений вміст Fe, Cu, Pb та Zn), а також «нормальний» внесок сезонних опадів.

Внесок специфічно залізничних металів (Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni) відбувається внаслідок: зносу матеріалів гальмових колодок та накладок, рейок, коліс, контактних мереж, струмоприймачів; відходів від ремонтних та реставраційних робіт на стовпах, сталевих конструкціях, тощо; змащувальних матеріалів (дуже значна частина).

- специфічно-залізничні органічні шкідливі речовини (перш за все вуглеводні, ПАВ та гербіциди) накопичуються в наслідок:

- вивільнення з укладених порід, тобто з просочених дерев'яних шпал;
- застосування допоміжних речовин під час ремонтних робіт та під час експлуатації залізниці;
- змащувальних матеріалів (стрілкові переводи, вісі, амортизатори, гребені бандажу);
- рідкі та тверді відходи від експлуатації залізниці;
- гербіциди.

На підставі проведених досліджень, в залежності від обсягу забруднення, пропонується наступна класифікація відпрацьованого баластного щебеню:

- незабруднений баластний щебінь – якщо вміст у ньому речовин шкідливих для експлуатації та навколишнього середовища не перевищує допустимих норм. Такий матеріал можна без обмежень повторно використовувати в колійному господарстві Придніпровської залізниці після відповідної обробки – дроблення чи сортування;

- забруднений баластний щебінь – якщо вміст у ньому речовин шкідливих для експлуатації та навколишнього середовища перевищує допустимі норми. Такий матеріал необхідно обробляти за спеціальною технологією, яка дозволить перевести його в категорію незабрудненого баластного щебеню.

Висновок

1. Найкращим напрямком утилізації відпрацьованого баластного щебеню є повторне його використання в колійному господарстві, а також застосування очищеного щебеню у транспортному будівництві, при наявності технічних можливостей та економічної доцільності.

2. Аналітичний аналіз проведений з метою розробки технології, яка дозволить ефективно проводити очищення забрудненого баластного щебеню до моменту, коли його можна буде по-

вторно використовувати у транспортному будівництві.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бондаренко Б. Н., Варызгин Е. С. и др. Содержание балластной призмы железнодорожного пути – М.: Транспорт, 1978. – 142 с.
2. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.
3. Schmutz G. Rail International, 2000, № 8, p. 2–10.

Надійшла до редколегії: 02.04.2007 р.

Є. І. БАЛАКА, О. В. СЕМЕНЦОВА, О.Л. ВАСИЛЬЄВ (Українська державна академія залізничного транспорту)

ВИЗНАЧЕННЯ СОБІВАРТОСТІ ТА ТАРИФІВ НА ПРИМІСЬКІ ЗАЛІЗНИЧНІ ПАСАЖИРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ

Запропоновано нетрадиційні для залізничного транспорту підходи щодо калькулювання собівартості перевезень пасажирів у приміському сполученні, визначення тарифу та, на його основі, встановлення вартості проїзду на різні відстані в потягах, що різняться населеністю та кількістю секцій.

Предложены нетрадиционные для железнодорожного транспорта подходы к калькулированию себестоимости перевозок пассажиров в пригородном сообщении, определению тарифа и, на его основе, установления стоимости проезда на разные расстояния в поездах, отличающихся населенностью и количеством секций.

Untraditional for railway transport approach to calculation of suburban passenger transportations prime cost, tariff definition and on its basis the cost of transportations on different distance in trains that differ by account of passenger and sections are proposed.

Постановка проблеми та її зв'язки з науковими та практичними завданнями

Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту [1] особливо наголошено на недосконалість нормативно-правових актів та недостатню прозорість фінансової діяльності галузі. У зв'язку з цим, Концепцією передбачено, що основними напрямками реформування галузі є створення передумов для запровадження принципів Європейської транспортної спільноти та удосконалення системи управління залізничним транспортом, у тому числі управління витратами та удосконалення системи тарифів на послуги залізничного транспорту. Тобто необхідною умовою для ефективного реформування галузі є удосконалення фінансово-економічного механізму. Це дозволить більш обґрунтовано визначати розмір плати за перевезення пасажирів, зокрема в приміському сполученні, і забезпечить більш чіткий та прозорий розподіл фінансових потоків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор з посиланнями на джерела

Питання удосконалення методів розрахунку собівартості у сфері пасажирських залізничних перевезень, зокрема і приміських, останнім часом дуже активно підіймається та дискутується у науковому світі. Аспектам визначення собівартості пасажирських залізничних перевезень

присвячено роботи як вітчизняних [2-4], так і закордонних науковців [5-8].

Виділення невирішених частин загальної проблеми, котрій присвячується стаття

Не зважаючи на різноманітність поглядів, актуальним та відкритим лишається питання удосконалення методології визначення собівартості перевезень пасажирів у приміському сполученні, а також обґрунтованих тарифів на різних маршрутах, що відрізняються умовами перевезень та відстанню.

Формування цілей статті (постановка завдання)

Мета статті полягає у розкритті та обґрунтуванні уніфікованого підходу до калькулювання витрат на приміські залізничні перевезення пасажирів, який може також ефективно використовуватися в цілях визначення собівартості перевезень пасажирів як у місцевому, так і у дальньому сполученнях

Виклад основного матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Перевезення пасажирів приміським залізничним комплексом (ПЗК) є транспортною послугою з переміщення пасажирів у встановлених межах приміського сполучення з використанням приміських та місцевих електро- та дизель-поїздів, поїздів, сформованих із класних ваго-

нів з локомотивною тягою, без нумерації місць у вагонах за приміськими тарифами [9] між приміськими залізничними станціями.

Аналіз наукової, методичної, навчальної літератури та статистичних даних дає змогу стверджувати, що є декілька поглядів щодо одиниць виміру транспортної роботи залізниць з перевезень приміських пасажирів. Так із статистичної звітності, що стосується перевезень приміських залізничних пасажирів Укрзалізницею та підпорядкованими їй залізницями, можна побачити, що розрахунок середніх фінансових показників ведеться на 10 пас-км. Але аналізуючи існуючі системи оплати за проїзд у приміському залізничному пасажирському сполученні, зазначимо, що існують такі основні види тарифів: покілометровий (коли за одиницю транспортної продукції з перевезень приміських пасажирів прийнято 1 пас-км), зонний та загальний (ґрунтуючись на принципі побудови тарифу – коли оплата проїзду до кожної зупинки тарифної зони (або площадки) є однаковою в межах зони, вимірником одиниці транспортної роботи можна вважати відповідно відстань однієї зони та довжину однієї тарифної площадки). Аналіз наукових доробок вчених різних часів [10, с.27; 11, с.146, 8, с. 198] дає підстави казати, що деякі з них (Дмитрієв В.А., Кедров В.С. Абрамов А.П.) у своїх дослідженнях базувалися на вимірнику транспортної роботи по перевезенню пасажирів у 1 пас-км, також можна зустріти використання вимірника у 10 пас-км [12, с. 246]. У свою чергу аналіз розташування приміських зупинок та приміських зон дає можливість стверджувати, що в межах однієї зони найчастіше розташовано декілька зупинок і встановлення однакової вартості проїзду до кожної з них не є справедливим. Ведення розрахунків собівартості на 10 пас-км також не дають справедливої оцінки вартості перевезень, бо на цій відстані також під час розташовано декілька зупинок.

Необхідність удосконалення методів визначення собівартості приміських пасажирських перевезень викликано наступними причинами:

1) досвід реформування залізниць економічно розвинених країн та Концепція реформування залізничного транспорту України [1] наголошують на необхідності відділення пропускнуої спроможності залізниць від експлуатаційної роботи та надання частини пропускнуої спроможності операторам залізничних перевезень на договірній основі, що створює умови для внутрішньогалузевої конкуренції. Таким

чином, передбачається, що оператори перевезень будуть сплачувати “нитку графіку”, тобто частину пропускнуої спроможності залізниць. Вартість “нитки графіку” для оператора перевезень необхідно окремо враховувати у собівартості приміських перевезень.

2) прагнення державної адміністрації українських залізниць до приєднання до Євроспільноти, окрім вище зазначеного, має на увазі створення конкурентного середовища у сфері експлуатаційної роботи залізниць. Вирішення такого завдання може відбутися лише за відмови від покриття збитків пасажирського комплексу, у тому числі і приміського, за рахунок прибутків від вантажних перевезень. За таких обставин складуться умови для створення операторів залізничних перевезень, зокрема приміських. Для успішного функціонування таких компаній необхідно розробити нові методи визначення поточних витрат. Об’єктивна необхідність такої розробки полягає у тому, що на сьогодні існуюча Номенклатура витрат, яка налічує 635 статей, містить ряд недоліків. Так наприклад, за одними видами робіт витрати визначаються згідно з елементами, а за іншими – на окремі операції, де витрати мають комплексний характер і містять декілька елементів. [13, с.48] (в межах кожної статті витрати враховуються у поелементному розмірі без урахування амортизації, яка відноситься до окремої статті і не враховується при визначенні собівартості окремої роботи [14, с.117]), а також окремою сумою визначаються загальновиробничі та адміністративні витрати, що не дає можливості визначити виробничу та повну собівартості тих чи інших робіт, що в свою чергу не дає можливості справедливо та обґрунтовано встановлювати ціни (тарифи) на послуги залізниці по перевезенню як вантажів, так і пасажирів [14, с.117]. Таким чином, нові методи визначення поточних витрат повинні будуватися на принципах визначення витрат не тільки за напрямками, а й за місцем їх виникнення у повному обсязі та уніфікації (універсалізації) номенклатури витрат з метою її придатності для визначення виробничої та повної та собівартості будь-якої роботи, враховуючи як прямі так і непрямі витрати [14, с.117]. Це зробить більш прозорими та зрозумілими методи визначення витрат та як наслідок тарифоутворення на приміські пасажирські залізничні пасажирські перевезення.

3) приміський залізничний пасажирський транспорт, на відміну від вантажного, де задіяні різні типи вагонів, вантажів, мають місце пере-

робки на вантажних станціях тощо, виконує тільки однорідну роботу та перевозить лише пасажирів, отже, використовує, в основному, однотипний рухомий склад. Тому це дозволяє визначати витрати не лише за їх напрямками, а і за місцями їх виникнення. Останнє дасть можливість досить прозоро визначати собівартість 1 пас-км у різних напрямках та умовах перевезень, диференціювати її за маршрутами і прив'язуватись до населеності та фактору часу (години доби, дня тижня, сезону тощо).

4) на теперішній час в Україні для перевезення пасажирів у приміському сполученні залізниці використовують різні види енергетичних ресурсів (електроенергія та дизельне паливо) для тяги поїздів, тому витрати на електроенергію чи паливо для тяги поїздів для перевезень приміських пасажирів при калькуванні собівартості відповідно одного електро- чи дизель- поїздо-кілометра слід виокремлювати.

5) для здійснення приміського руху залізницями використовується потяги різної місткості (кількість вагонів може варіюватися від 4-ох до 10-ти вагонів), що по різному впливає на експлуатаційні витрати на здійснення приміських залізничних пасажирських перевезень. По-перше, це стосується величини витрат палива та електроенергії, бо вони різняться під впливом кількості вагонів, що використано у кожному конкретному випадку і, по-друге, - величини рахунку за використання наданої компанією-власником інфраструктури нитки графіку для прямування приміського потягу.

6) місцевість, якою пролягають маршрути приміських залізничних перевезень може мати різні природні (географічні) характеристики, а саме: підйоми, спуски, зміни напрямку маршруту (повороти) тощо. Вказані особливості впливають на профіль лінійності колії, що, в свою чергу, також веде до зростання витрат на перевезення приміських пасажирів залізницею.

7) різна кількість зупинок, що зумовлено відмінністю щільності розташування населених пунктів у окремих напрямках приміських залізничних перевезень, призводять до зростання або зниження питомої ваги витрат на розгін та гальмування приміського потягу на одиницю роботи (1 поїздо-км);

У зв'язку з відносно невеликими відстанями приміських залізничних перевезень, для більш ґрунтового розрахунку собівартості і тарифу на перевезення за одиницю транспортної роботи доцільно приймати 1 пас-км. Крім того, на-

селеність поїзду протягом маршруту змінюється значно, а, поруч з цим, експлуатаційні витрати, що пов'язані з рухом приміського потягу мало залежать від його населеності, собівартість 1 пас-км буде змінюватися. Тому, для визначення собівартості 1 пас-км, перш за все необхідно визначити собівартість 1 поїздо-кілометра.

Оскільки всі маршрути різняться між собою, то буде відрізнятись і собівартість 1 поїздо-км. Для більш точного і обґрунтованого визначення планової та фактичної собівартості приміських пасажирських перевезень витрати доцільно класифікувати наступним чином:

- по-перше, за напрямками (тобто економічними елементами), а саме: електроенергія (паливо); матеріали; оплата праці; відрахування на соціальні заходи; амортизація; інші;

- по-друге, за місцями їх виникнення (тобто за статтями калькуляції), а саме:

- 1) виробничі витрати, у тому числі: 1.1) електроенергія для перевезень, 1.2) паливо для перевезень з урахуванням транспортно-заготівельних витрат, 1.3) оплата наданої пропускну здатності (нитки графіку), 1.4) роботи і послуги виробничого характеру сторонніх підприємств та організацій, 1.5) основна заробітна плата поїзних бригад, 1.6) додаткова заробітна плата поїзних бригад, 1.7) відрахування на соціальні заходи, 1.8) витрати на підготовку та освоєння послуг з перевезень, 1.9) витрати на утримання та експлуатацію рухомого складу, 1.10) витрати на утримання та експлуатацію під'їзної колії, 1.11) витрати на здійснення початково-кінцевих операцій, 1.12) загальновиробничі витрати, 1.13) компенсаційні витрати, що пов'язано з низькою якістю перевезень, 1.14) інші виробничі витрати,

- 2) адміністративні витрати;

- 3) витрати на збут;

- 4) інші операційні витрати;

- 5) попутні послуги (обліковуються, у тому випадку, коли займають частину корисної площі рухомого складу і сплата за використання таких послуг не входить до вартості квитка).

Оскільки приміський електропотяг складається з різної кількості секцій, то, перш за все, необхідно визначати собівартість експлуатації однієї електросекції. Перелік економічних елементів у складі калькуляційних статей витрат для визначення собівартості перевезень у розрахунку на 1 секції-км наведено у таблиці 1. Знаком «+» вказано до якого (чи яких) економічних елементів відносяться витрати кожної статті калькуляції.

**Статті калькуляції собівартості та елементи витрат на здійснення перевезень пасажирів
у приміському електропотязі, грн./1 секції-км**

Статті калькуляції	Елементи витрат						Усього
	Паливо (електро- енергія)	Мате- ріали	Опла-та праці	Відра- хуван-ня на соц. заходи	Амор- тиза-ція	Інші	
1 Виробничі витрати, у т.ч.:							
1.1 Електроенергія для пере- везень	+						+
1.2 Оплата наданої пропуск- ної спроможності (нитки гра- фіку)		+					+
1.3 Роботи і послуги виробни- чого характеру сторонніх під- приємств та організацій		+					+
1.4 Основна заробітна плата поїзних бригад			+				+
1.5 Додаткова заробітна плата поїзних бригад			+				+
1.6 Відрахування на соціальні заходи				+			+
1.7 Витрати на підготовку та освоєння послуг з перевезень	+	+	+	+	+	+	+
1.8 Витрати на утримання та експлуатацію рухомого скла- ду	+	+	+	+	+	+	+
1.9 Витрати на утримання та експлуатацію під'їзної колії	+	+	+	+	+	+	+
1.10 Витрати на здійснення початково-кінцевих операцій	+		+	+			+
1.11 Загальновиробничі ви- трати	+	+	+	+	+	+	+
1.12 Компенсаційні витрати, що пов'язано з низькою якіс- тю перевезень						+	+
1.13 Інші виробничі витрати		+	+	+	+	+	+
2 Адміністративні витрати	+	+	+	+	+	+	+
3 Витрати на збут	+	+	+	+	+	+	+
4 Інші операційні витрати	+	+	+	+	+	+	+
Повна собівартість експлуа- тації рухомого складу (без врахування витрат на нитку графіку)	+	+	+	+	+	+	+
5 Попутні послуги	+	+	+	+	+	+	+
Повна собівартість переве- зень пасажирів у примісько- му залізничному сполученні (без врахування витрат на нитку графіку)	+	+	+	+	+	+	+

Отже, для розрахунку собівартості перевезення пасажирів у приміському залізничному сполученні, необхідно розрахувати:

1) собівартість 1 пас-км (C_{ij}), грн.

$$C_{ij} = \frac{C_j^{nac}}{A_{ij} * l_{ij}}, \quad (1)$$

де j – відповідний маршрут приміського залізничного сполучення; i – відповідний ділянка маршруту між суміжними станціями приміського залізничного сполучення; C_j^{nac} – повна собівартість перевезення приміських пасажирів, грн.; A_{ij} – населеність потягу, пас.; l_{ij} – довжина ділянки, км.

2) повну собівартість перевезення пасажирів у приміському залізничному сполученні, грн

$$C_j^{пас} = C_j^{експл} - C_j^{пп}, \quad (2)$$

де $C_j^{експл}$ – повна собівартість експлуатації рухомого складу, грн., $C_j^{пп}$ – витрати на надання попутних послуг при здійсненні перевезень, грн.

3) повну собівартість експлуатації рухомого складу ($C_j^{експл}$), грн

$$C_j^{експл} = \sum_{i=1}^m C_{nij}^{експл} * l_{ij}, \quad (3)$$

де $C_{nij}^{експл}$ – повну собівартість експлуатації рухомого складу, грн./1 поїздо-км; m – кількість ділянок на маршруті, од.

4) повну собівартість експлуатації рухомого складу ($C_{nij}^{експл}$), грн./1 поїздо-км

$$C_{nij}^{експл} = C_c * n_{секц j} + \frac{3_{нг i j}}{l_{ij}}, \quad (4)$$

де C_c – нормативна собівартість одного секціє-кілометра, грн.; $n_{секц j}$ – кількість секцій у приміському потязі, секцій; $3_{нг i j}$ – витрати, які несе залізниця (або оператор залізничних перевезень), по оплаті власнику залізничної інфраструктури за використання наданої йому нитки графіку, грн. (метод визначення вартості нитки графіка наведено у роботі [15]);

5) витрати на надання попутних послуг ($C_j^{пп}$), грн.

$$C_j^{пп} = C_j^{експл} * \alpha, \quad (5)$$

де α – доля невластивих для залізниці робіт у сфері перевезення приміських пасажирів

$$\alpha = \frac{S_{пп}}{S_{кор}}, \quad (6)$$

де $S_{пп}$ – корисна площа 1 секції приміського рухомого складу, що використовується не за призначенням (не для перевезень приміських пасажирів), м²; $S_{кор}$ – площа 1 секції, що використовується для перевезень приміських пасажирів, м².

Ефективне управління витратами ґрунтується на співставленні запланованих та досягнутих показників. Для використання запропонованих підходів щодо калькулювання витрат у приміському пасажирському залізничному сполученні доцільно створити нову нормативну базу, тобто визначити нормативи витрат за статтями.

В табл. 2 наведено нормативні витрати на матеріальні і трудові ресурси в розрахунках на 1 секціє-км (нормативи витрат розраховано за даними Моторвагонного депо Харків).

Розрахунок собівартості на приміські пасажирські перевезення електропотягом для умовного напрямку ВД, який складається з двох ділянок В-С та С-Д, показано у табл. 3.

Розрахунки собівартості перевезень пасажирів у приміських електропоїздах слугують базою для встановлення тарифів у приміському сполученні та визначення вартості проїзду конкретним маршрутом.

Вартість проїзду у приміському електропоїзді (C_{npj}), грн. визначається за формулою

$$C_{npj} = \sum_{i=1}^m T_{ij} * l_{ij}, \quad (7)$$

де T_{ij} – тариф на перевезення залізницею одного пасажирів на 1 км у приміському сполученні, грн./1 пас-км;

$$T_{ij} = C_{ij} * (1 + R) / 100 \quad (8)$$

де R – встановлений відсоток рентабельності, %

Таблиця 2

**Нормативи експлуатаційних витрат у приміському сполученні на 1 секціє-км
(без урахування витрат на нитику графіка), грн.**

Статті калькуляції	Значення
1 Виробничі витрати, у т.ч.:	
1.1 Електроенергія для перевезень	0,57179
1.2 Роботи і послуги виробничого характеру сторонніх підприємств та організацій	0,40032
1.3 Основна заробітна плата поїзних бригад	0,1263
1.4 Додаткова заробітна плата поїзних бригад	0,12901
1.5 Відрахування на соціальні заходи	0,09577
1.6 Витрати на підготовку та освоєння послуг з перевезень	-
1.7 Витрати на утримання та експлуатацію рухомого складу	0,95758
1.8 Витрати на утримання та експлуатацію під'їзної колії	-
1.9 Витрати на здійснення початково-кінцевих операцій	0,12885
1.10 Загальновиробничі витрати	0,2264
1.11 Компенсаційні витрати, що пов'язано з низькою якістю перевезень	-
1.12 Інші виробничі витрати	-
2 Адміністративні витрати	0,04283
3 Витрати на збут	-
4 Інші операційні витрати	0,03665
Собівартість 1-го секціє-км	2,7155

Таблиця 3

**Розрахунок повної собівартості перевезень пасажирів у приміському залізничному сполученні
за маршрутом В-Д**

Назва показника	Значення	
	В-С	С-Д
1 Собівартість 1-го секціє-км, грн	2,7155	2,7155
2 Кількість секцій у приміському потязі, секцій	5	5
3 Витрати, які несе залізниця (або оператор залізничних перевезень), по оплаті власнику залізничної інфраструктури за використання наданої нитки графіку [15, с. 83], грн за поїзд	178,81	230,3
4 Довжина відповідної ділянки, км	16	15
5 Повна собівартість експлуатації рухомого складу у розрахунку на 1 поїздо-км, грн	24,75	28,93
6 Повна собівартість експлуатації рухомого складу, грн. за проїзд ділянкою	396	433,95
7 Доля невластивих для залізниці робіт у сфері перевезення приміських пасажирів	0,001	0,001
8 Витрати на надання попутних послуг при здійсненні перевезень ділянкою, грн	0,396	0,434
9 Повна собівартість перевезення пасажирів ділянкою маршруту приміського залізничного сполучення, грн	395,60	433,52
10 Повна собівартість перевезення пасажирів у приміському залізничному сполученні маршрутом	829,12	
11 Населеність потягу на ділянках, пас.	800	1100
12 Собівартість 1 пас-км, грн	0,031	0,026

Розрахунок величини тарифу на перевезення пасажирів у приміському електропотязі та визначення вартості проїзду окреми-

ми ділянками та маршрутом в цілому наведено у табл. 4.

Розрахунок тарифу на перевезення пасажирів у приміському залізничному сполученні та в вартості проїзду маршрутом В-Д, грн

Назва показника	Значення	
	В-С	С-Д
1 Собівартість 1 пас-км, грн.	0,031	0,026
2 Встановлений відсоток рентабельності, %	20	20
3 Тариф на перевезення залізницею одного пасажирів на 1 км у приміському сполученні (тобто тариф на 1 пас-км), грн	0,037	0,031
1 Довжина відповідної ділянки, км	16	15
5 Вартість проїзду відповідними ділянками приміського залізничного сполучення, грн	0,60	0,47
6 Вартість проїзду маршрутом приміського залізничного сполучення, грн.	1,07	

**Висновки даного дослідження
і перспективи подальших робіт
у цьому напрямку**

Наведений підхід визначення собівартості можна застосовувати як для калькулювання планових (нормативних) так і фактичних величин витрат на перевезення у приміському пасажирському залізничному сполученні. Крім того, такий уніфікований підхід може бути застосовано для визначення собівартості у дальньому та місцевому сполученнях.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту від 27 грудня 2006 р. № 651-р // Магістраль. - № 1 (1179), 10-16 січня 2007 р. - С. 6.
- Колесникова Н.М. Методичні підходи до визначення собівартості пасажирських залізничних перевезень з метою ціноутворення в умовах подальшого реформування залізничного транспорту // Вісник Міжнародного Слов'янського університету. Серія: економічні науки. - 2004. - Х. - Т. VII. - № 1. с. 35-39.
- Андрєєва М.В. Формування собівартості пасажирських залізничних перевезень далекого сполучення в тарифних цілях.: Дис. На здобуття наукового ступеня канд. екон. наук: спец. 08.07.04 - Економіка транспорту та зв'язку. - Х.: УкрДАЗТ, 2002. - 174 с.
- Сич Є. М., Гудкова В.П. Пасажирських комплекс залізничного транспорту: розвиток і ефективність: Монографія. - К.: видавництво «Аспект-Поліграф», 2004. - 248 с.
- Шульга А.М., Смехова Н.Г. Себестоимость железнодорожных перевозок: Учебн. Для ВУЗов ж.-д.-трансп. - М.: Транспорт, 1985. 279 с.
- Журавель А. И. Себестоимость железнодорожных перевозок. - Новосибирск: Изд-во СГУПС. 2000. - 304 с.
- Абрамов А. П., Васильева Г. А. Формирование себестоимости перевозок // Железнодорожный транспорт. - М.: МПС, 1992. - № 6.
- Абрамов А. П. О методике определения себестоимости перевозок грузов для тарифных целей на железных дорогах // Транспортные тарифы (Сб. статей) Под ред. И. В. Ивлиева, В. П. Потапова. - М.: Трасжелдориздат, - 1960. - 292 с. - с. 163-205.
- Правила перевезень пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти залізничним транспортом України.
- Дмитриев В. А. Грузовые и пассажирские тарифы железнодорожного транспорта СССР. Учебное пособие (Лекция) - М., 1968. - 34 с.
- Кедров В. С. Железнодорожные пассажирские тарифы // Транспортные тарифы (Сб. статей) Под ред. И. В. Ивлиева, В. П. Потапова. - М.: Трасжелдориздат, - 1960. - 292 с. - С. 145-162.
- Беленький М. Н. Экономика железнодорожных пассажирских перевозок. - М.: Транспорт, 1974. - 272 с.
- Балака Є. І., Колесникова Н. М., Шутікова Л. Й. Удосконалення методів визначення собівартості робіт та послуг залізничного транспорту в умовах його подальшого реформування // Проблеми економіки транспорту. III Міжнародна наукова конференція. Тези доповідей. - Дніпропетровськ: ДПТ, 2003. - 216 с.
- Балака Є. І. Вдосконалення управлінського обліку як першочерговий крок комерціалізації на залізничному транспорті // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: технологія, економіка і управління: Тези доповідей II-гої наук.-практ. конф. - К.: КУЕТТ, 2004. - С. 117-118.
- Васильєв О. Л. Нитка графіка та виробничі чинники, що визначають її вартість // Залізничний транспорт України, № 1, - 2007. - С. 81-83.

Надійшла до редколегії 27.04.07.

ОБОСНОВАНИЕ МЕСТА КОНТРОЛЛИНГА В УПРАВЛЕНИИ ЗАТРАТАМИ

В рамках даного дослідження були вивчені підходи до управління витратами різних авторів. На основі отриманих результатів виявлено, що система контролінга забезпечує кращий контроль і облік витрат. Реалізація сформульованих в роботі рекомендацій по впровадженню контролінга дозволить підвищити ступінь адаптації організацій до умов ринку, що змінюються, що позитивно позначиться на результативності їх виробничої діяльності.

В рамках данного исследования были изучены подходы к управлению затратами различных авторов. На основе полученных результатов выявлено, что система контроллинга обеспечивает лучший контроль и учет затрат. Реализация сформулированных в работе рекомендаций по внедрению контроллинга позволит повысить степень адаптации организаций к изменяющимся условиям рынка, что позитивно скажется на результативности их производственной деятельности.

The paper in question described is the approaches to control of costs of various investigators. On the basis of the received results it is revealed, that the system of controlling provides the best control and the account of costs. Realization of the formulated recommendations will increase a degree of adaptation of the organizations to changing conditions of the market. It will have a positively affect to their industrial activity.

Введение

Эффективность деятельности любой коммерческой фирмы определяется финансовыми ресурсами, которые поступают в ее распоряжение в каждый момент времени.

Фирма может формировать финансовые ресурсы из разных источников, но определяющими являются собственные источники финансовых ресурсов. Важнейшим источником формирования собственных финансовых ресурсов являются доходы фирмы. Доходы при этом представляют собой три, отличающихся по объему и по содержанию, потока денежных средств. Потoki эти могут образовываться от основной, инвестиционной и финансовой деятельности фирмы.

Значимость каждого потока определяется хозяйственным профилем той или иной фирмы. Для фирм производственного назначения основной поток денежных поступлений формируется за счет выручки от реализации продукции, работ, услуг. В свою очередь, в составе выручки следует различать финансовые ресурсы, которые необходимы для возмещения использованных факторов производства и финансовые ресурсы, которые могут быть направлены как на накопление, так и на рост уровня текущего потребления. Объем выручки от реализации является производной от объема продаж, уровня цен и издержек.

Взаимодействие этих факторов определяет величину прибыли предприятия. При этом получение прибыли может быть основной целью

деятельности предприятия. Целевой установкой фирмы может быть и максимизация рыночной стоимости ее капитала. В этом случае прибыль является главным фактором, определяющим ценность фирмы.

Объем продаж, уровень цен и издержки являются, в свою очередь, факторами первого порядка, влияющими на прибыль.

Уровень и динамика этих факторов зависят от специфики выпускаемой продукции, технологического процесса, типа конкурентного рынка.

Промышленные предприятия, имеющие сложную организационную структуру с множеством обслуживающих и вспомогательных хозяйств, развитой социальной сферой и работающие в условиях олигополистического рынка, не могут зачастую формировать прибыль за счет увеличения цен и наращивания объемов продаж. В соответствии с этим основным источником роста прибыли для них является снижение издержек.

Оптимизация уровня издержек и обеспечение их устойчивой положительной динамики требует создания комплексной системы управления ими.

Построение эффективной системы управления издержками связано с необходимостью решения ряда теоретических и методических проблем.

К таким проблемам относятся: выбор системы управления, ее структуры, методов, инструментов и процедур управления.

Кроме того, эта система должна основываться на отчетливом представлении об экономической природе издержек, взаимосвязи таких экономических категорий как издержки, затраты, себестоимость. Она требует обоснованной классификации издержек и создания адекватной системы учета, оценки теоретических подходов и практического опыта в управлении издержками.

Основная часть

Вопросы управления затратами находят отражение в работах многих отечественных и зарубежных экономистов.

Исследованиям данной проблемы посвящены работы П. С. Безруких, А. С. Бородкина, Б. И. Валуева, Б. И. Ивашкевича, Р. Г. Чумаченко, С. А. Николаевой, В. И. Ткача, М. В. Ткача, Т. П. Карповой, В. А. Ерофеевой, А. Д. Шеремета, П. Самуэльсона, К. Р. Макконела, С. Л. Брю, А. Томпсона, Дж. Формби.

Проблемы, которые рассматриваются этими авторами, можно условно разделить на следующие группы:

- подходы к классификации затрат;
- теоретические вопросы экономической природы издержек и их поведения;
- теоретические проблемы создания эффективной системы управления издержками производства и обращения;
- обобщение отечественного и зарубежного опыта управления издержками.

Б. И. Ивашкевич, предлагает принципы группировки затрат по местам возникновения и дает достаточно полную их классификацию.[1]

А. Д. Шеремет предлагает свой подход к классификации мест возникновения затрат, подразделяя их в соответствии со сферами производства, обеспечению, обслуживанию сбыта, а по отношению к технологическому процессу делит места возникновения затрат на производственные, непроизводственные и фиктивные.[2]

А. С. Бородкин предлагает своеобразную систему классификации затрат.

В работах П. Самуэльсона, К. Р. Макконела, С. Л. Брю рассматривается экономическая природа издержек, их поведение в долгосрочном и краткосрочном периоде; теоретические основы управления издержками, как основы эффективного ценообразования.[3]

Работа А. Томпсона и Дж. Формби «Экономика фирмы» посвящена теоретическим проблемам анализа и управления производственными издержками с позиций теории управления.

Исследование В. А. Ерофеевой посвящено специфическим особенностям деятельности отечественных предприятий и формирования издержек; развитию общих принципов управления производственными издержками; обобщению результатов зарубежного опыта исследований по управлению производственными издержками. Автор дает определение понятию «центр ответственностей предлагает организовать систему учета и планирования затрат по функциональным подразделениям».[4]

В своих монографиях С. А. Николаева обобщает зарубежный опыт управления производственными издержками и обосновывает возможность интеграции системы управленческого учета, используемой в развитых странах, в систему учета отечественных предприятий [5; 6].

Зарубежный опыт управления затратами на базе управленческого учета рассматривается в исследованиях В. И. Ткача, М. В. Ткача.[7]

Т. П. Карпова предлагает управлять затратами по видам деятельности: финансово-сбытовой, производственной, организационной [8].

Несмотря на то, что в проанализированных выше работах рассматриваются актуальные теоретические и практические проблемы издержек, тем не менее в настоящее время отсутствует действенный экономический механизм управления затратами, пронизывающий предприятие как по горизонтали, так и по вертикали.

Ключевыми моментами любой системы управления являются: объект, методы, инструменты управления, методическое, информационное обеспечение. Все эти моменты формируют определенный тип системы, подчиненный реализации цели управления при любой системе управления.

К методам управления относятся прогнозирование, планирование, контроль, регулирование, стимулирование. В качестве инструментов управления выступают прогнозы, планы, лимиты, нормативы, цены, процентные ставки, премии, штрафы, льготы, анализ, учет, системы оплаты труда, точка безубыточности и другие.

Наиболее известными системами управления являются: система Тэйлора, Ракера, «Директ-кост», «Стандарт-кост», система АВС, управленческий учет, контроллинг.

Все эти системы отличаются целью, спецификой, набором инструментов, объектом управления.

Так, в системах Тэйлора и Ракера объектом управления являются трудовые ресурсы и цель управления – повысить производительность труда.

В системах «Стандарт–кост», «Директ–кост», ABC–системе объектом управления являются затраты и цель управления – минимизация затрат.

Система «Стандарт–кост» позволяет оперативно управлять затратами по отклонениям фактических материальных, трудовых затрат от их «стандартной» (нормативной) величины, анализировать причины отклонений, принимать оперативные управленческие решения для устранения причин отклонений.

Система «Директ–кост» позволяет контролировать необходимый уровень сумм покрытия переменных затрат и оптимизировать прибыль «брутто», определять суммы покрытия всех затрат, контролировать динамику безубыточных объемов работ при изменении состава, количественного уровня факторов, как рыночного, так и нерыночного характера. Такая система предполагает скрупулезное деление затрат на постоянные и переменные в масштабах не только всего предприятия, но и каждого цеха, участка, рабочего места, вида продукции. Выделение постоянных затрат должно осуществляться не только из валовых затрат, но и из каждой статьи.[9]

Система ABC – калькулирование на основе деятельности – Activity–Based–Cost.

Система позволяет сокращать затраты за счет деятельности, не приносящей добавленной стоимости, использовать для управления затратами функционально–стоимостной анализ.

При традиционных системах управления основной принцип – «выпускаемая продукция потребляет ресурсы». При системе ABC – продукция потребляет виды деятельности, а виды деятельности потребляют ресурсы. Необходимо контролировать насколько та или иная деятельность целесообразна для выпуска продукции.

Система ABC требует разделения операций и затрат на изготовление и реализацию продукции на:

- необходимые на уровне изделий;
- осуществляемые на уровне партий изделий (транспортировка, наладка оборудования и др.);
- операции на уровне определенного вида продукции (например, изменение проектных условий);
- операции по поддержанию и обеспечению производственного процесса в целом (управление, эксплуатация зданий и др.);
- переменные затраты на краткосрочные и долгосрочные (долгосрочные переменные в

системе – ABC – это постоянные затраты в традиционных системах);

- затраты зависящие и независящие от объемов производства.

Такая система позволяет выделить затраты и виды деятельности не увеличивающие ценности продукции (транспортировка, складирование и аналогичные) и искать пути их снижения [10].

Следует упомянуть и об управленческом учете, как своеобразной системе управления затратами. Она базируется на раздельном учете постоянных и переменных затрат.

Цель этой системы управления затратами – минимизация прежде всего постоянных затрат.

Каждая из вышеперечисленных систем имеет свои достоинства и недостатки. Однако их общим недостатком является некомплексный, несистемный характер. Значимость затрат, как одного из трех факторов первого порядка, определяющих уровень прибыли предприятия, требует чтобы они управлялись системно.

Такую системность обеспечивает контроллинг.

Контроллинг – это целостная система управления предприятием, это современная концепция, новая философия управления. Ее главной отличительной чертой является комплексный характер. Она направлена на обеспечение реализации цели предприятия не только в краткосрочном, но и в долгосрочном периоде с минимальными затратами.

Контроллинг, как система, включает, в себя два основных аспекта: стратегический и оперативный. Стратегический контроллинг ориентирован на анализ внешней и внутренней среды предприятия для выработки стратегических решений, оперативный – на текущую экономическую эффективность и рентабельность деятельности предприятия. В системе оперативного контроллинга рассматриваются экономические процессы в рамках одного года.

Центральное место в системе оперативного контроллинга занимает управление прибылью. При этом ведущая роль принадлежит исследованию взаимосвязей между оборотом, затратами и прибылью и определению их оптимального сочетания.[11]

Первостепенную значимость в поддержании равновесия между оборотом, затратами и прибылью имеет подсистема контроллинга затрат.

Общие принципы формирования подсистемы контроллинга затрат должны осуществляться на основе единой концепции развития предприятия, вырабатываемой в системе контроллинга, задачами которого являются: определение целевой картины; описание постановки

целей; конкретизация целей для практического достижения; выбор путей (стратегий) для достижения целей и определение необходимых для этого объемов средств.

Особенностью контроллинга, как системы управления, является и то, что он обеспечивает управление не только на уровне предприятия в целом, но и на уровне каждого рабочего места, отдела предприятия, его подразделений, на уровне всех видов работ и продукции, на всех стадиях воспроизводственного процесса.

В контроллинге используются практически все известные теоретические концепции и опыт создания и функционирования систем управления [12].

Эта система не требует создания каких-то новых инструментов и приемов управления. Ее методами, как и в любой системе управления, являются прогнозирование, планирование, контроль, регулирование, стимулирование. В контроллинге используются те же инструменты, которые используют все известные системы управления, т.е. прогнозы, планы, лимиты, нормативы, процентные ставки, премии, цены, штрафы, льготы, анализ, учет, системы оплаты труда, точка безубыточности и другие.

Однако в контроллинге все эти методы и инструменты используются не периодически и не изолированно, а взаимосвязаны и вовлечены в непрерывный поток управленческих воздействий, направленных на каждую клеточку экономического организма предприятия. Они охватывают каждый показатель, каждый товар, каждый процесс, каждого работника предприятия. Контроллинг – это система не исправления возникших недостатков, проблем, а системы их предотвращения.

Несмотря на то, что контроллинг базируется на известных системах, методах и инструментах управления, это качественно новая система, и он требует создания своей методической, информационной и организационной основы.

Особую значимость в системе контроллинга приобретает информационное и кадровое обеспечение.

Менеджеры в системе контроллинга должны быть высококвалифицированными специалистами, знающими не только закономерности функционирования предприятия, но и всей экономической системы государства и мировой экономики. Информационное обеспечение контроллинга требует создания совершенно новых систем учета и аналитической работы.

Учет в системе контроллинга должен позволять реализовывать его цели не только в целом, но и на уровне каждой из его подсистем.

Так, важнейшей подсистемой в контроллинге является подсистема управления затратами.

Создание такой подсистемы в режиме контроллинга требует глубокого понимания экономической природы издержек и их взаимосвязи с затратами предприятия, выбора объектов управления и инструментов, организации соответствующего учета, разработки методики аналитической работы.

Важными моментами создания системы управления затратами в режиме контроллинга является определение объектов и инструментов управления.

Определиться с объектами управления позволяет обоснованная классификация затрат.

Учет затрат должен быть достоверным и детальным, охватывать все направления осуществления затрат по местам их возникновения и видам: учет прямых затрат, сумм покрытия, предельных затрат, нормативных затрат, постоянных затрат, переменных затрат, валовых затрат, затрат на товарную продукцию, на единицу продукции, накладных затрат, косвенных затрат, затрат по операциям при изготовлении каждого изделия, затрат по функциям, набор которых характеризует объект, формирующий затраты.

Учет по таким направлениям позволяет использовать при разработке подсистемы управления затратами в режиме контроллинга преимущества систем «Стандарт-кост», «Директ-кост», систему ABC, использовать возможности операционного анализа.

Выводы

В результате проведенного исследования обосновано построение системы управления затратами в режиме контроллинга с использованием в виде инструмента операционного анализа на всех уровнях управления.

Управление затратами должно быть составной частью целостной системы выработки и реализации управленческих решений по развитию предприятия.

Обеспечение эффективного функционирования предприятия в сложившихся условиях возможно только при контроле затрат по местам их возникновения и потребления ресурсов методом вариационных подходов к определению совокупности критических затрат и использовании операционного анализа для определения направлений управления затратами на уровне предприятия и его низовых звеньев; видов затрат; видов производств и работ.

Для реализации цели настоящего исследования формирования организационно-экономического механизма контроллинга затрат по местам возникновения, возможно лишь при решении следующих задач:

1. предприятие должно иметь собственную классификацию затрат по различным основаниям в соответствии с поставленной целью;
2. создать действенную нормативную базу, учитывающую особенности предприятия, для стандартизации и унификации затрат по операциям; видам работ, продукции; по функциональному признаку и т.д.;
3. осуществить прогноз изменения цены на выпускаемую продукцию, объема реализации и затрат;
4. прогнозировать динамику затрат, как в краткосрочном, так и в долгосрочном периоде и реализовать разработку возможных «сценариев поведения затрат»;
5. планирование уровня затрат в разрезе всех возможных направлений управления ими;
6. организация адекватной уровням и направлениям управления затратами системы их учета;
7. организация аналитической работы в системе управления затратами на базе маржинального операционного и функционально-стоимостного анализа;
8. выбрать технологию операционного экспресс-анализа;
9. разработать методику определения внутрихозяйственной стоимости продукции, работ, услуг на уровне подразделений и внутри подразделений на уровне производственных процессов;
10. создание организационной структуры управления издержками в формате контроллинга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ивашкевич В.Б. Проблемы учёта и калькулирования себестоимости продукции. – М.: Финансы и статистика, 1974. – 159 с.

2. Шеремет А.Д. Теория экономического анализа: Учебник. – 2-е изд., доп. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 366 с
3. Макконелл Кэмпбелл Р., Брю Стэнли Л. Экономикс: Принципы, проблемы и политика. В 2-х т.: Пер. с англ. 11-го изд. Т. 2. – М.: Республика, 1992. – 400 с.
4. Ерофеева В.А. Учет, информация, управление: прямые и обратные связи. – М.: Финансы и статистика, 1992.
5. Николаева С.А. Особенности учета затрат в условиях рынка: система "директ-костинг": Теория и практика. – М.: Финансы и статистика, 1993.
6. Николаева С.А. Принципы формирования и калькулирования себестоимости. – М.: "Аналитика-Пресс", 1997.
7. Ткач В.И., Ткач М.В. Управленческий учет: международный опыт. М. Финансы и статистика. 1994. С.90
8. Карпова Т.П. Управленческий учет: Учебник для вузов. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1998. – 350 с.
9. Гаррисон Д.Ч. Стандарт-кост. Система нормативного учета себестоимости. – Л.: Союзторгучет, 1933.
10. Друри К. Введение в управленческий и производственный учет: Пер. с англ. / Под ред. С.А. Табалиной – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 560 с.
11. Манн Р. Контроллинг для начинающих / Р. Манн, Э. Майер.; Пер. с нем. Ю. Г. Жукова; Под ред. д-ра экон. наук В. Б. Ивашкевича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 304 с: ил.
12. Фольмут Х.Й. Инструменты контроллинга от А до Я / Пер. с нем. / Под ред. М.Л. Лукашевича и Е.Н. Тихоненковой. – М.: Финансы и статистика, 1988.-288 с.

Поступила в редколлегию 10.05.2007.

ТЕОРЕТИКО–МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

Стаття присвячена теоретичному дослідженню корпоративних трансформацій в системі залізничного транспорту України, визначенню передумов та аналізу шляхів і механізмів здійснення реформування з урахуванням умов, що склалися на сучасному етапі розвитку економічних процесів в Україні.

Статья посвящена теоретическому исследованию корпоративных трансформаций в системе железнодорожного транспорта Украины, определению предпосылок и анализу путей и механизмов осуществления реформирования с учетом условий, сложившихся на современном этапе развития экономических процессов в Украине.

The article is devoted to theoretical research of corporate transformations in system of a railway transportation of Ukraine, to definition of preconditions and the analysis of ways and mechanisms of realization reforming in view of the conditions developed at the present stage of development of economic processes in Ukraine.

Вступ

Транспортний комплекс є важливою складовою у структурі економіки України. Ефективне функціонування державної транспортної системи та включення її у європейську та світову транспортні мережі сприяє вирішенню найважливіших завдань сьогодення та дозволяє збільшити обсяги міжнародних перевезень. Безпосередньо з транспортом пов'язана робота багатьох галузей народного господарства: машинобудування (автомобіле-, локомотиво-, вагоно-, судно- і авіабудування), паливо-енергетики, металургії та ін. Транспорт здатен суттєво впливати на економічне зростання, розширення торгівлі, підвищення рівня життя. Він сприяє підвищенню продуктивності праці, скорочуючи термін доставки вантажів або проїзду до місця роботи.

Провідною ланкою в транспортній системі і однією з базових галузей економіки України являється залізничний транспорт, ефективний розвиток якого являється однією з основних передумов забезпечення національної безпеки країни, її цілісності, конкурентоспроможності та сприяє поліпшенню рівня життя населення.

У транспортно-дорожньому комплексі України здійснюється програма акціонування та приватизації підприємств транспорту і дорожнього господарства. Процес акціонування і приватизації торкнувся всіх видів транспорту України за виключенням залізничного. Однак нормальний конкурентний транспортний ринок в Україні поки що не створений. Це пов'язано як з загальною економічною кризою в країні, так і з необґрунтованістю руйнування єдиних технологічних комплексів на

транспорті. Більшість акціонованих підприємств зараз перебувають у скрутному економічному становищі. Це свідчить про великий вплив економіки на транспорт, а транспортного ринку, в свою чергу, на стабільність економічного розвитку.

Кабінет Міністрів України розпорядженням від 27.12.2005 р. № 651 ухвалив «Концепцію Державної програми реформування залізничного транспорту». Ухвалення цієї програми стало лише початковим кроком на шляху переходу цієї галузі на ринкові засади функціонування. Однак, успішне завершення даного процесу і досягнення очікуваних результатів потребує розробки раціональної стратегії формування конкурентного середовища, фінансового забезпечення її впровадження та визначення шляхів найбільш ефективного досягнення поставлених завдань.

Питання реформування системи залізничного транспорту в Україні було поставлене досить нещодавно і являється новим для нашої країни, а процес трансформацій даної галузі перебуває на початковому етапі.

З розвитком економічної науки сформовано широкий спектр досліджень природних монополій, в рамках якого поруч з іншими галузями певна увага приділяється і системі залізничного транспорту, яку традиційно прийнято відносити до галузей з природно-монопольною компонентою. Серед дослідників, які займаються вивченням природних монополій можна виділити: Бутиркіна А. Я., Базидевича В. Д., Філюка Г. М., Белоусова Н. М., Васильєва Е. М., Лівишиця В.Н., Позамантіра Э. И., Тищенко Т.И., Томаса Ді Лоренцо, Демсеці Х., Тірера А., Чемберлена Е. тощо.

Що стосується аспекту реформування природних монополій, особливо у вітчизняній літературі, як правило, лише мимохідь згадується про можливість виділення в цих галузях потенційно-конкурентних сегментів за відсутності глибинного, поетапного аналізу.

У зарубіжній літературі існують певні напрацювання, стосовно корпоративних трансформацій в системі залізничного транспорту за кордоном, зокрема в роботах: Томпсона Л., Німорі С., Мейдорна Х., Межика А., Сай В. тощо. У вітчизняній літературі про реформування природних монополій, а зокрема залізничного транспорту йдеться в роботах: Малахова Н. Б., Базидевича В. Д., Філюка Г. М., Юхновського І. Р., Коновалюк В. И.. Проте, дослідження структурних реформ в системі залізничного транспорту потребують подальшого доопрацювання та теоретичного обґрунтування, з врахуванням науково-технічного осмислення результатів реструктуризації залізничного транспорту за кордоном та співвідношення наслідків зарубіжного досвіду трансформацій з можливими варіантами здійснення реформ в Україні, беручи до уваги специфіки її економічного, політичного та соціального розвитку.

Мета дослідження: наукове обґрунтування стратегічних та оперативних рішень щодо проведення корпоративних трансформацій в системі залізничного транспорту України, а також теоретичний аналіз доцільності реформування.

Результати дослідження

Постійне оновлення технологічних, економічних і соціальних характеристик суспільства на мікрорівні (відновлення моделей, модифікація продукції), на мезорівні (зміна поколінь техніки й активної частини основних фондів приблизно раз в 10 років) і макрорівні визначає основні напрямки розвитку цивілізації в цілому.

У цей час світ, на думку С. Ю. Глазьева [1], вступив у фазу укладу інформаційних і комунікаційних технологій. Аналіз проходження всіх технологічних етапів країнами світу свідчить про величезну значимість державного управління для створення передумов нагромадження й реалізації національного науково-технологічного потенціалу (НТП), стимулювання й підтримки інноваційної активності господарюючих суб'єктів. Це державні витрати на фінансування наукових і дослідно-конструкторських розробок, створення й

підтримка інформаційної інфраструктури, зниження невизначеності перспективних напрямків НТП і вибір пріоритетних, субсидування ризикованих інноваційних проєктів, поширення науково-технічної інформації. Крім того фінансування освіти і підготовку висококваліфікованих кадрів у більшості випадків несе держава. «Ринковий механізм», у свою чергу, повинен являтися механізмом підвищення інноваційної активності господарюючих суб'єктів. Таким чином одним з основних завдань сучасного розвитку економічних процесів являється визначення раціональних пропорцій між державним і приватним секторами економіки і оптимальним розподілом між ними функціональних завдань.

Процес формування раціональних пропорцій між державною й приватною власністю йде через приватизацію. При цьому поряд із процесом передачі-продажу частини державної власності, підвищується роль державного регулювання різними методами адміністративного й економічного характеру. Масштаби приватизації залежать від конкретних галузей. Як відзначається в ряді досліджень [2, 3, 4, 5, 6], у сферу домінування державного регулювання попадає:

1) сектор приватних послуг із зовнішніми соціальними й економічними ефектами від надання цих послуг;

2) в галузях де одна фірма може повністю задовольняти попит на ринку і мати нижчі середні витрати ніж за умови існування на цьому ринку двох або більше фірм;

3) капіталомісткі галузі, надійне функціонування яких життєво важливе для суспільства, і гарантом надійності яких являється держава;

4) виробництво озброєння й різні культурно-ідеологічні заходи, на які державний сектор поширюється багато в чому з соціально-політичних міркувань і геополітичної стабільності.

На сьогоднішній день залізничний транспорт України відноситься як до капіталомісткої галузі, так і до галузі котра повністю задовольняє попит на ринку. Таким чином системі залізничного транспорту традиційно прийнято вважати природною монополією, виходячи з її властивостей. Утримання державного управління над об'єктами природних монополій перш за все пов'язується з можливістю контролю державних органів за їх діяльністю. Тобто, керуючі органи держави повинні формувати відповідну цінову й тариф-

ну політику, яка з одного боку, не підривала б відтворення цих монополій, а з іншого боку – перешкоджала б зловживанню їхнім монопольним становищем. Однак, як свідчить зарубіжний досвід розвитку сучасних економічних процесів держава могла б провести поступову реструктуризацію деяких монополій у тих випадках, коли існують передумови перевести їх за рахунок такої реструктуризації в конкурентний режим функціонування.

Однією з природних монополій, яка має низку передумов для здійснення реформування являється система залізничного транспорту, у складі якої існують сектори, котрі можуть ефективно функціонувати на ринкових засадах, однак все ще й досі залишаються в складі природно монопольної структури. Зазначеними вище передумовами являється те, що в продовж багатьох років обмеженість державних інвестицій в Україні обумовила високий ступінь фізичного і морального зносу основного капіталу залізниць [7]. За роки незалежності України інвестиції в основний капітал залізничного транспорту зменшилися приблизно в два рази. При цьому ступінь зносу основних фондів сягає 56 % у тому числі рухомого складу 68 %, протяжність колій з простроченими термінами ремонту досягла 30 % від загальної протяжності, з 2007-го по 2010-й рік планується списати після відпрацювання вже подовженого терміну служби (15...20 років) 36 % (178 одиниць) пасажирських та 11 % вантажних електровозів, 28 % приміських електропоїздів, 15 % пасажирських вагонів та 2 5% вантажних напіввагонів, а для підтримання рухомого складу залізниць у належному робочому стані, на його оновлення і ремонт необхідно витратити 15 млрд. гривень щорічно, однак реальні видатки не перевищують навіть однієї третини цієї суми [8]. Така ситуація призводить до гальмування подальшого соціально-економічного розвитку країни. Незадовільний стан розвитку системи залізничного транспорту зумовлений також недосконалістю нормативно-правових актів, що регулюють його діяльність, недостатньою кількістю інвестиційних ресурсів спрямованих на розвиток залізниць і оновлення її виробничих фондів, що в свою чергу призводить до відставання рівня розвитку залізничного транспорту в Україні від залізниць країн Євросоюзу та Росії, недостатньою фінансовою прозорістю діяльності залізниць, відсутність державної підтримки інноваційного розвитку залізничного транспорту тощо.

В усьому світі структурні реформи на залізничному транспорті представляють собою складний та багатоплановий процес перетворень жорстко-централізованих виробничо-технологічних відносин, побудованих у межах однієї структури, в ринково-конкурентні відносини між великою кількістю юридичних осіб, який має на меті створення умов для підвищення ефективності роботи залізничного транспорту шляхом впровадження підприємницько-приватної ініціативи та залучення приватних інвестицій [9]. Метою проведення реформ залізничного транспорту являється сприяння економічному зростанню та підвищення добробуту населення через забезпечення доступу до безпечних, надійних, високоякісних транспортних послуг за прийнятною ціною.

На сьогоднішній день мета, шляхи, засоби та завдання реформування системи залізничного транспорту України викладено в концепції Державної програми реформування залізничного транспорту України [10], згідно якої вже розпочався перший етап реформ.

Згідно з концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту виділяються три етапи здійснення трансформацій [10]. На першому етапі (2006 – 2008 рр.) здійснюється розмежування функцій державного управління і управління господарською діяльністю. З цією метою:

- функції державного управління, що на даний час виконує Укрзалізниця, передаються Міністерству транспорту та зв'язку України, у складі якого має бути створений урядовий орган державного управління у сфері залізничного транспорту

- на базі Укрзалізниці, залізниць та інших підприємств, організацій і установ галузі створюється Державна акціонерна компанія «Українські залізниці», яка з урахуванням специфіки залізничного транспорту являє собою єдиний виробничо-технологічний комплекс.

На другому етапі реформи планується вирішити питання подальшої ринкової трансформації галузі:

- проводиться організаційне розмежування природно-монопольного, потенційно-конкурентного і конкурентних видів діяльності залізниць, шляхом виділення з них у безпосереднє підпорядкування ДАК «Українські залізниці» і структурних підрозділів, що здійснюють вантажні та пасажирські перевезення, ремонт вагонів, колій, об'єктів і споруд тощо;

- створення умов для поступового скорочення перехресного субсидування пасажирських перевезень за рахунок вантажних;

- проведення попереднього фінансово-економічного та організаційно-правового аналізу з метою визначення можливості і доцільності подальшого створення дочірніх підприємств ДАК «Українські залізниці», у тому числі з перевезень пасажирів та вантажів;

- розробка базових принципів створення приміських пасажирських компаній у формі дочірніх акціонерних підприємств за участю суб'єктів України і (чи) органів місцевого самоврядування.

На третьому етапі реформи передбачається здійснення повного розмежування управління інфраструктурою і перевезеннями, для чого необхідно:

- завершення процесу створення дієвого механізму державної фінансової підтримки збиткових пасажирських перевезень;

- роздержавлення непрофільної діяльності;

- лібералізація тарифної системи у конкурентних видах діяльності з перевезень;

- розподіл функцій у пасажирському господарстві шляхом створення дочірнього підприємства з перевезень пасажирів у далекому сполученні і відповідних підприємств з перевезень пасажирів у приміському сполученні;

- завершення створення фінансово-економічної моделі, що чітко розмежовує і забезпечує прозорість фінансових потоків за видами діяльності.

Специфіка й труднощі корпоративних трансформацій на залізничному транспорті багато в чому пояснюються складною системою управління даною галуззю. Будь-які реформи на залізничному транспорті проходять складно й досить повільно, оскільки ця галузь являє собою цілісний організаційно-технологічний і фінансово-економічний комплекс, із властивою йому твердою управлінською вертикаллю й інертністю. Одним з найважливіших аспектів реформування, являється перехід в результаті комерціалізації (тобто наближення до основ функціонування приватнопідприємницьких структур) Укрзалізниці до механізмів корпоративного управління.

Корпоративне управління являє собою систему регулювання взаємин між суб'єктами управління, якими являються власники капіталу (акціонери), рада директорів і правління (команда менеджерів). Права і обов'язки суб'єктів корпоративного управління визначаються статутом, регламентом, політи-

кою компанії й законодавчими актами держави. «Корпоративне управління полегшує доступ на ринки капіталу, підвищує довіру з боку інвесторів, що в результаті сприяє підвищенню конкурентноздатності компанії» [11; 12]. Організація ефективного корпоративного управління може дати значний результат, тому що корпоративне управління спрямоване на максимізацію ринкової вартості підприємства в умовах ряду фінансово-технологічних і правових обмежень. Однак, стосовно впровадження ефективної системи корпоративного управління в результаті реформування системи залізничного транспорту можуть виникати певні сумніви. Адже, в результаті корпоратизації буде створено ДАК «Українські залізниці», власником якої буде 100 % держава, таким чином залучатися до управління новоствореною компанією будуть ті ж самі чиновники, здатність яких забезпечити належний рівень корпоративного управління викликає не аби які сумніви.

Поряд з цим також сумніви викликає можливість залучення крупних інвестицій в розвиток компанії, адже, як свідчить зарубіжний досвід реформування системи залізничного транспорту, у багатьох випадках, коли була створення акціонерна компанія 100 % акцій якої належало державі – не відбулося активного припливу капіталу.

Таким чином, факт необхідності проведення реформ в системі залізничного транспорту являється беззаперечними. Адже безперечною являється необхідність модернізації інфраструктури та рухомого складу за рахунок залучення коштів приватних інвесторів, підвищення ефективності роботи залізничного транспорту шляхом розвитку конкуренції у сфері перевезень тощо. Однак подальшого глибинного доопрацювання потребує сама стратегія проведення цих реформ. Адже на даний момент перед урядом постає завдання провести реформи в одній з базових галузей економіки України, робота якої має вплив як на функціонування процесів виробництва, так і на добробут населення нашої країни в цілому. Тому, на сьогоднішній день необхідно створити таку структуру залізничного транспорту, котра дозволить забезпечити пріоритет державних інтересів і реальне залучення нових фінансових коштів інвесторів у капітал підприємств залізничної галузі. А перехід на конкурентні основи господарювання створить для підприємств стимул до мінімізації витрат та максимізації прибутку.

Дані цілі щонайкраще можна реалізувати у вертикальних і горизонтальних структурах, які є найбільш адаптивними в мінливих умовах.

Вертикальні організаційні структури добре функціонують в умовах прогнозованого стабільного середовища. Розвиток таких структур відбувається по шляху:

- зменшення числа й складності виконуваних операцій;
- впровадження технічних нововведень, що підвищують економічну ефективність
- розробки норм, стандартів і регламентів зміцнення дисципліни.

У той же час саме централізоване планування, дисципліна й вимога дотримання норм, стандартів, регламентів заважають вертикальним організаційним структурам шукати нові можливості й нові сегменти ринку. У результаті виникає необхідність трансформувати вертикальні структури в більш органічні.

Скорочення зайнятих сегментів ринку й зміна характеру середовища не дозволяють вертикальним структурам направляти більші обсяги ресурсів на підтримку своєї цілісності. Інші альтернативні можливості стимулюють розвиток горизонтальних зв'язків.

Ослаблення вертикальної організаційної структури як цілого приводить до відносного посилення її підструктур й угруповань. Результатом такої зміни чинностей є боротьба за переділ влади, що приводить до розколу системи на підсистеми, що конкурують.

Підсистеми, що вступають в суперечку, мають більшу гнучкість, чим вихідна вертикальна структура. Тому вони мають більше шансів знайти нові, перспективні сегменти ринку.

Таким чином, природна, або мимовільна, трансформація первісної системи складається із двох процесів:

1) дроблення й боротьба за переділ влади внаслідок виснаження освоєних сегментів ринку;

2) горизонтальної інтеграції внаслідок привабливості нових, перспективних сегментів ринку.

Рівень дроблення залежить від співвідношення чинностей вертикальної дезінтеграції й горизонтальної інтеграції.

При цьому створюється організаційна структура на новому сегменті ринку зі звичними формами й методами управління, що далі дозволяє повернутися до вертикальної організації.

Процес мимовільної трансформації є некермованим й хаотичним, тому перевага віддасть-

ся державному регулюванню, що у свою чергу є механізмом раціоналізації й оптимізації процесу трансформації власності [13, 14].

У подальших дослідженнях авторами планується проводити подальший аналіз корпоративних трансформацій в системі залізничного транспорту України та розробити оптимальну модель реформування з урахуванням зазначених вище ризиків та з урахування переваг і недоліків здійснення перетворень у зарубіжних країнах, беручи до уваги особливостей розвитку нашої країни.

Висновки

На основі проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. Залізничний транспорт являється провідною ланкою в транспортній системі України, раціональний розвиток якої є передумовою стабільності і національної безпеки країни, її цілісності, конкурентоспроможності.

2. Одним з основних завдань сучасного розвитку економічних процесів являється визначення раціональних пропорцій між державним і приватним секторами економіки і оптимальним розподілом між ними функціональних завдань. Процес встановлення цих пропорцій відбувається через приватизацію.

3. Галузь залізничного транспорту має низку передумов для здійснення його реформування, зокрема: високий ступінь морального і фізичного зносу основних фондів, недосконалість нормативно-правових актів, що регулюють його діяльність, недостатня кількість інвестиційних ресурсів спрямованих на розвиток залізничної інфраструктури, оновлення її виробничих фондів, недостатня державна підтримка інноваційного розвитку залізничного транспорту тощо.

4. На сьогоднішній день розроблено і затверджено Кабінетом Міністрів України «Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту», яка фактично є початком переходу цієї галузі на ринкові відносини.

5. Одним з найважливіших аспектів реформування, являється перехід в результаті комерціалізації Укрзалізниці до механізмів корпоративного управління.

6. Існують деякі сумніви щодо результатів проведених реформ, а саме: нездатність менеджерів створити належну систему корпоративного управління та небажання інвесторів вкладати кошти в акціонерне товариство 100 % акцій якого належить державі.

7. На сьогоднішній день необхідно створити таку структуру залізничного транспорту,

котра дозволить забезпечити пріоритет державних інтересів і реальне залучення нових фінансових коштів інвесторів у капітал підприємств залізничної галузі. А перехід на конкурентні основи господарювання має створити для підприємств стимул до мінімізації витрат та максимізації прибутку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Глазье С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. – М. ВладДар, 1993. – 310 с.
2. Винслав Ю., Котов Г. Реформирование железнодорожного комплекса: вариант создания многоуровневого госхолдинга. // Российский экономический журнал. – 2001. – № 10. – С. 33–45.
3. Портер М. Э. Конкуренция: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000 – 310с.
4. Базидевич В. Д., Филюк Г. М. Природні монополії. – К.: Знання, 2006. – 367с.
5. Студенцов В. Государство и естественные монополии // МЭ и МО. – 1995. – № 9. С.86–97.
6. Малахова Н. Б. Естественные монополии: сущность и институциональный механизм регулирования: Монография. – Х.: ИД «ИНЖЕК», 2006. – 344с.
7. Коновалюк В. И. Естественные монополии в развитии экономики государства: реальность и перспектива: Авторский сборник научных статей. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2004. – 348 с.
8. Сай В. М. Планетарне структури управління на залізничному транспорті. Научная монографія. – М.: ВИНТИ РАН. 2003. – 336с.
9. Юхновський І. Р. Транспортний комплекс України. Залізничний комплекс: Проблеми і перспективи / І. Р. Юхновський, Г. Б. Лебеда, Т. І. Попова, За ред. І. Р. Юхновського. – К. ФАДА, ЛТД, 2006. – 288 с.
10. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту України // <http://www.uvt.dp.ua>
11. <http://www.iclg.ru/> Інтернет сторінка інститута корпоративного права і управління.
12. Радыгина А. Корпоративное управление в России: ограничения и перспективы// Вопросы экономики. – 2002. - № 1. – 101 – 124 с.
13. Мовсесян А. Г. Слияние, поглощение и интеграция как взаимодополняющие процессы // Деньги и кредит. – 1999. - № 1. – 46 50.
14. Оценка бизнеса /под. ред. А. Г. Грязновой, М. А. Яедотовой, М. Финансы и статистика, 2002. – 512 с.

Надійшла до редколегії 17.05.2007.

Ю. Ф. ДЯЧЕНКО (Київська державна академія водного транспорту)

МОНІТОРИНГ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА РИНКУ ВАНТАЖОПЕРЕВЕЗЕНЬ

Проаналізовані статистичні дані обсягів вантажоперевезень залізничного транспорту України за останнє десятиріччя. Виявлено тенденції зростання ролі Укрзалізниці на ринку вантажних перевезень. Надані рекомендації по підвищенню транзитного потенціалу залізничного транспорту України.

Проанализированы статистические данные объемов грузоперевозок железнодорожного транспорта Украины за последнее десятилетие. Выявлены тенденции роста доли железнодорожных перевозок на рынке грузовых перевозок Украины. Даны рекомендации по повышению транзитного потенциала железнодорожного транспорта Украины.

The statistical data of volumes of goods transportation of railway transport of Ukraine for an last decade analyzed. The tendencies of growth of role of Ukrzaliznitsi are exposed at the market of freight transportations. The given recommendations on the rise of transit potential of railway transport of Ukraine.

Постановка проблеми

В сучасних умовах постійного розширення господарських зв'язків та міжнародної економічної кооперації у світовій економіці пріоритетним напрямом у політиці розвинутих країн стають інтеграційні процеси, що передбачають створення умов для вільного переміщення товарів та послуг, постійне зростання як внутрішніх, так і транснаціональних потоків і міжнародного транзиту вантажів. Перевезення транзитних вантажів через територію країни стає важливим джерелом експорту послуг, валютних надходжень до бюджету, створення додаткових робочих місць. З іншого боку, транспортні послуги стають предметом конкуренції учасників транспортного ринку, до яких належать як транспортні компанії, що надають послуги інших видів транспорту на внутрішньому ринку (автомобільного, трубопровідного, морського), так і залізничні компанії сусідніх країн на зовнішньому ринку. В цих умовах стає актуальною проблема конкурентоспроможності Укрзалізниці на різних сегментах ринку та її моніторингу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз рейтингових оцінок значущості окремих видів транспорту на внутрішньому ринку України за період 1995-2002 рр., наведений Кірпою Г. М. [1], показав, що на період досліджень залізничний транспорт мав найвищу рейтингову оцінку і в перспективі повинен був зберегти своє провідне значення у транспортній системі країни. Порівняння вимог стану залізничного транспорту України до міжнарод-

них транспортних коридорів проведене Максимою Н. В. [2] свідчить, що вітчизняні залізниці відповідають встановленим стандартам по більшості показників, крім швидкості руху. Органами влади України прийнято програму утвердження України як транзитної держави у 2002–2010 роках та схвалена концепція Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005–2015 роки.

Мета статті

Метою даної статті є аналіз основних показників сучасного стану конкурентноздатності українських залізниць та їх динаміки за останні роки для виявлення основних шляхів забезпечення конкурентноздатності Укрзалізниці як на внутрішньому так і на зовнішньому ринку вантажних перевезень.

Основний матеріал

Управління конкурентоспроможністю залізничного транспорту в сучасних умовах базується на диференціації конкурентних стратегій на різних сегментах ринку транспортних послуг [5]. Основними сегментами транспортного ринку для Укрзалізниці є ринок внутрішніх перевезень, ринок експортно-імпорتنих перевезень та ринок транзитних перевезень. Кожен з цих сегментів має свої особливості, але узагальнюючим показником конкурентоспроможності залізниці є частка ринку транспортних послуг залізниці, як індикатор переваг, відданих споживачами тому чи іншому виду транспорту для здійснення перевезень. Обираючи вид транспо-

рту для здійснення перевезень, споживачі оцінюють альтернативні варіанти за рядом критеріїв – цінових, сервісних, часових та інших. На підставі комплексної оцінки перевага віддається найбільш сприятливому варіанту транспортування, тому оцінка споживачів є найбільш об'єктивною оцінкою конкурентних переваг того чи іншого транспортного підприємства. Тому представляється доцільним виконати моніторинг конкурентоспроможності залізничного транспорту у різних сегментах ринку транспортних вантажоперевезень за індикатором частки ринку.

На внутрішньому ринку України за даними Держкомстату [6] та довідника основних показників роботи залізниць України [7] у період 1995-2006 рр. спостерігається стале зростання обсягів залізничних вантажоперевезень та збільшується їх частка у загальному обсягу внутрішніх вантажоперевезень. Якщо у 1995 році частка вантажоперевезень залізничним транспортом складала 36 % загального вантажообігу в Україні, то в 2000 році ця частка склала 40 %, у 2006 році досягла 50,4 %. Отже, у досліджуваному періоді спостерігається зростання частки вантажообігу, виконаного залізничним транспортом на внутрішньому ринку вантажоперевезень, з середнім темпом зростання 103%.

Основними видами вантажів, що були перевезені залізничним транспортом у 2006 році є кам'яне вугілля та кокс (27 %), залізнична та марганцева руда (17,5 %), цемент та будівельні матеріали (16,7 %), чорні метали (10 %). Найбільше зростання обсягів залізничних вантажоперевезень у порівнянні з 2005 роком відбулося по вантажам групи будівельних матеріалів (120 %) та цементу (113 %). Зменшились обсяги перевезень у групі вантажів, що відносяться до нафти і нафтопродуктів (87,5 %) та зерна (80 %) [6].

Отже, у сучасній структурі вантажних перевезень залізничного транспорту переважну частину займає продукція добувної промисловості, металургії та матеріали для будівництва. Середня довжина перевезень однієї тони вантажу залізничним транспортом складає 470-500 км, а той час як для автомобільного транспорту вона дорівнює 170-200 км, для трубопровідного – близько 1000 км. Для розширення присутності залізниць на ринку внутрішніх транспортних перевезень треба поширювати перевезення інших вантажних груп, збільшувати технічний потенціал для контейнерних перевезень, орієнтуючись на розвиток переробної промисловості та її продукцію.

Економічні відносини України з іншими країнами багато у чому визначаються її статусом транзитної країни у процесі транспортування енергоносіїв та інших видів вантажів. На ринку транзитних перевезень послуги залізничного транспорту склали у 2006 році 33 % від загального обсягу вантажного транзиту, що більше ніж у 2004 році на 5 %. Обсяги транзитних перевезень залізничним транспортом збільшились з 52,8 млн т у 2004 році до 75,1 млн т у 2006 році, тобто на 42 %, в той час як обсяги транзитних перевезень трубопровідним транспортом збільшились лише на 14,5 %.

В Україні діє три міжнародних транспортних коридори, але за даними аналітичних досліджень в даний час кожний транспортний коридор на території України має лімітуючі ділянки, де пропускна спроможність в 2-10 разів нижча, ніж у цілому на МТК [2]. До таких ділянок відносяться одноколійні, не електрифіковані, з відсутністю автоматичного блокування. За даними довідника основних показників роботи залізниць України [7] на кінець 2005 року з загальної експлуатаційної довжини колій (22 тис. км) лише 32,5% були двохколійні, 42,8% електрифіковані, 60,8% обладнані автоблокуванням та диспетчерською централізацією. Деякі не електрифіковані одноколійні ділянки належать відразу до двох МТК (наприклад, Ізмаїл – Одеса), що негативно впливає на швидкість руху в цих транспортних коридорах.

Підвищення швидкості руху потягів у МТК за рахунок технічного переобладнання є резервом збільшення транзитного вантажообігу Укрзалізниці та підвищення її конкурентоспроможності. Усунення технічних бар'єрів на шляху транзиту вантажів і насамперед «вузьких» місць на маршрутах МТК та в пунктах пропуску через державний кордон України дозволить збільшити пропускну спроможність МТК та обсяги транзитного вантажообігу.

Висновки та перспективи подальшого дослідження

Моніторинг конкурентоспроможності залізничного транспорту є інструментом для виявлення основних проблем та прийняття рішень по підвищенню конкурентоздатності залізниць на різних сегментах ринку транспортних послуг.

Проведений моніторинг конкурентоспроможності залізничного транспорту України на ринку внутрішніх вантажоперевезень вказує на те, що частка вантажообігу Укрзалізниці за останнє десятиріччя збільшилась з 40 % до 50,4 %

і спостерігається тенденція її сталого зростання. Такий пріоритет споживачів транспортних послуг визначається високою провізною здатністю залізничних магістралей, порівняно низькою собівартістю, надійністю перевезень, незалежністю від кліматичних умов та мінімальним впливом на навколишнє середовище. В той же час збільшення частки залізничних вантажоперевезень обумовлено структурою промислового виробництва в Україні, значну частину якого складає добувна промисловість та металургія.

Враховуючі загальноекономічні тенденції розвитку переробної промисловості в розвинутих країнах, залізничним підприємствам треба поширювати надання послуг контейнерних вантажних перевезень, як перспективного сегменту ринку вантажних перевезень.

Транзитний потенціал Укрзалізниці потребує подальшого технологічного та технічного розвитку, підвищення технічної озброєності дільниць залізничних магістралей, що входять до міжнародних транспортних коридорів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кірпа Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України у Європейську транспортну систему. Монографія. – 2-е вид. – Дніпропетровськ: Видавництво ДНУЗТ, 2004. – 248 с.
2. Максимова Н. В. Інтеграція України до транспортної мережі Європи // Вісник економіки транспорту і промисловості, 2004. – № 8. – С. 119–121.
3. Комплексна програма утвердження України як транзитної держави у 2002-2010 роках, затв. Законом України від 7.02.02 № 3022-III.
4. Концепція Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005–2015 роки схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 31.12.04 № 979-р.
5. Дяченко Ю. Ф. Методичні аспекти забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту // Вісник економіки транспорту і промисловості, 2007. – № 17–18.
6. Сайт Держкомстату України
7. Довідник основних показників роботи залізниць України (1995-2005 роки). Під кер. О. В. Юрченко. – К.: Укрзалізниця, 2006. – 41 с.

Надійшла до редколегії 14.03.07.

ДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ У ВІДКРИТИХ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ

Розглянуто зв'язану схему розвитку динамічних процесів у відкритих економічних системах за визначеною ієрархією, математично динамічна модель представляється системою диференціальних рівнянь. Наведений приклад коливань активних засобів у відкритій відокремленій системі.

Рассмотрено связанную схему развития динамических процессов в открытых экономических системах при определенной иерархической зависимости, математически динамическая модель описывается системой дифференциальных уравнений. Приведен пример колебаний активных средств в открытой обособленной системе.

It is considered the concerned scheme of development of the dynamic processes in the opened economic systems at the certain hierarchical dependence, at the mathematics this dynamic process is describing as a system of the differentiable equations. There is an example of variations of the active resources at the opened isolated system.

Вступ

Аналіз економічної діяльності окремих підприємств різних форм власності у тому числі й залізничної галузі показує, що їх функціонування відбувається за складними законами стохастичної динаміки, які є невід'ємною частиною поведінки загальної економічної системи. Це обумовлено форс-мажорними обставинами та випадковими характеристиками взаємодій між елементами системи, тощо. Зрозуміло, що стохастична поведінка будь якої економічної системи пов'язана з критичними або особливими станами, в яких може опинитися система під впливом зовнішніх та внутрішніх чинників – параметрів. Наприклад, зміна податкового навантаження на виробничі підприємства, зміна ставок кредитування для вітчизняних резидентів, а також інші зміни внутрішніх та зовнішніх чинників системи можуть призвести до критичного стану – економічної доцільності існування виробництва або призвести до суттєвого зростання економічних показників резидентів. Але регулярна поведінка параметрів системи також може призводити до нерегулярної поведінки систем [1]. Тому при змінах чинників економічні системи її слід розглядати як параметричне сімейство з позицій стійкості коливання, хаосу та інше, тобто досліджувати їх поведінку навколо критичних станів або досліджувати структурну стійкість поведінки систем за їх штучно створеними моделями в залежності від змін параметрів системи.

Відомо, що динаміка розвитку економічних систем, супроводжується короткими циклами коливання, тривалістю 7–11 років, та глобальними циклами М. Д. Кондрат'єва, тривалістю

48–55 років. Виникає питання існування циклів коливання в окремих частково ізольованих економічних підсистемах: підприємствах, галузях, фірмах тощо. На позитивну відповідь відносно цього питання нам вказують раніше виконані дослідження про взаємодію елементів системи за двовірною нелінійною параметричною моделлю економічної динаміки [2]. За цими дослідженнями з'ясовано існування гістерезисних коливань між елементами економічних підсистем, що і дає можливість зробити відповідне припущення. Наведені нижче результати досліджень частково розглянуто в доповідях конференції [3].

Моделювання динаміки відокремленої економічної системи

Розглянемо деякий об'єкт загальної економічної системи держави: підприємство, галузь, тощо. На цей об'єкт будемо дивитися, як на відокремлену економічну підсистему S , яка пов'язана через свої вектори входів Q і виходів W з іншими об'єктами загальної системи. В свою чергу підсистема S , як білий ящик складається з підрозділів $\{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ – зв'язаних елементів. В загалі зв'язковість у системі S може бути досить великою і складною, тому подальше «безсистемне» моделювання на зв'язках системи приведе також до складних моделей. Спрощення зв'язковості у системі можна досягти завдяки наведенню певного порядку по зв'язках. Для цього скористуємося ієрархічною підпорядкованістю елементів s_i за деякою ознакою або метою. Крім того введення ознаки (мети) P призведе до напрямку дослі-

дження системи, наприклад, для підприємства: виробнича, фінансова або інші види діяльності.

Тепер маємо можливість перейти до побудови економіко-математичної моделі M_P за обраною ознакою P . Клас динамічних моделей досить широкий і на даний момент його складно охопити, але досить поширені в цьому класі прості для застосування матричні моделі (дивися, наприклад, роботу [1]). У своїх дослідженнях ми будемо застосовувати інший підхід.

Нехай елементи системи S і зв'язки між ними ієрархічно підпорядковані за ознакою P так, що моделі орієнтованих зв'язків визначаються деякими неперервними функціями $\varphi_{ij}(s_i, s_j)$. Далі припустимо, що підрозділи s_i системи S характеризуються певними економічними показниками r_i , змінними в часі, і моделі $\varphi_{ij}(s_i, s_j)$ визначають інтенсивність змін показників r . Тоді в системі S відтворюється динамічний процес розповсюдження збурень показників $r_i(t)$ за вибраною ієрархією. Так як показник елемента s_i в момент часу $t + \Delta t$ залежить від значення цього ж показника в попередній момент часу і також залежить від інтенсивностей на зв'язках з суміжними елементами ієрархії, тому процес змін показника r_i елемента s_i на часі Δt можна записати наступним чином:

$$r_i(t + \Delta t) = r_i(t) + \sum_{j=1}^k \varphi_{ji}(s_j, s_i) z_j(t) \Delta t, \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

де $z_j(t)$ – функція, яка враховує зміни показника r_j на суміжному до s_i елементі s_j ; причому її значення, залежності від умов, може бути від'ємним або додатнім.

Від квантованої у часі моделі (1) можна перейти, при $\Delta t \rightarrow 0$, до моделі M_P розповсюдження збурень показників $r_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, m$ системи S

$$\frac{dr_i}{dt} = \sum_{j=1}^k \varphi_{ji}(s_j, s_i) z_j(t), \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

Наприклад, для дворядної трьохрівневої ієрархічної системи визначеної на елементах $\{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5\}$, які рознесені по трьох рівнях: до першого рівня s_4, s_5 ; до другого рівня s_2, s_3 та до третього рівня s_1 і між, якими маютьс'я зв'язки з інтенсивностями φ_{ji} за схемою зо-

браженою на рис. 1, можна отримати наступну динамічну модель:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dr_1}{dt} &= Q(t) + (\beta_1 - \varphi_{21})z_2 + (\alpha_1 - \varphi_{31})z_3 + \\ &+ \beta_2 z_4 + \alpha_2 z_5, \\ \frac{dr_2}{dt} &= (\eta_1 \varphi_{21} - \beta_1)z_2 - \varphi_{42}z_4 - \varphi_{52}z_5, \\ \frac{dr_3}{dt} &= (\rho_1 \varphi_{31} - \alpha_1)z_3 - \varphi_{43}z_4 - \varphi_{53}z_5, \\ \frac{dr_4}{dt} &= (\eta_2(\varphi_{42} + \varphi_{43} + \varphi_{45}) - \beta_2)z_4 - \\ &- \varphi_{54}z_5 - (1 - \beta_2)W_1, \\ \frac{dr_5}{dt} &= (\rho_2(\varphi_{52} + \varphi_{53} + \varphi_{54}) - \alpha_2)z_5 - \\ &- \varphi_{45}z_4 - (1 - \alpha_2)W_2. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

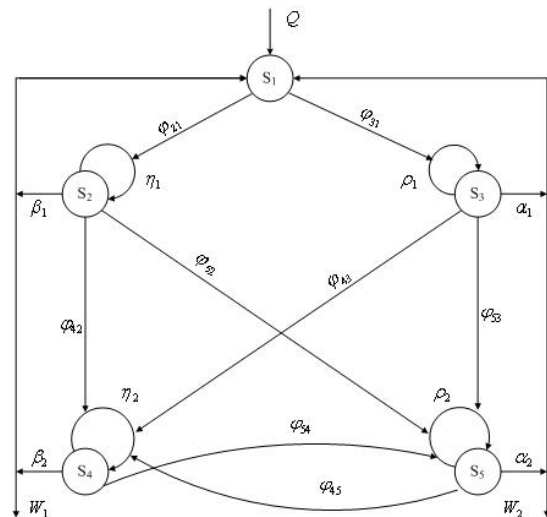


Рис. 1. Нелінійна ієрархічна схема міжелементних зв'язків

Де позначки петель на рис. 1 вказують на деяку швидкість переробки інтенсивностей відповідними елементами системи, а коефіцієнти $\alpha_1, \alpha_2 \leq 1$ і $\beta_1, \beta_2 \leq 1$ визначають частки відтоку значень показників r_i .

Вводячи у вирази (3) різні модифікації інтенсивностей зв'язків φ і збурень z можна отримати різноманітні моделі поведінки системи. Зрозуміло, що при значеннях часток відтоку $\alpha_2 = \beta_2 = 1$ виходи W_1, W_2 з системи неможливі. Отже маємо замкнену систему.

Дискретна модель поведінки системи (1) дозволяє, наприклад, виконати дослідження процесу збурення в будь який момент часу при відомих початкових значеннях показників $r_i(0)$ і збурень $z_i(0)$. Так, якщо інтенсивності φ_{ij} задати постійними елементами $a_{ij} = \varphi_{ij}$ деякої

матриці A , то дослідити збурення у системі в цілі моменти часу можна за допомогою матричного підходу [1], за яким процес, що починається з елементу s_i розвивається за формулами:

$$\left. \begin{aligned} z_j(t) &= (A^t)_{ij}; \\ r_j(t) &= r_i(0) + (E + \sum_{k=1}^t A^k)_{ij}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де A^t – матриця в ступіні t , а $(A^t)_{ij}$ – її елемент $(\cdot)_{ij}$.

Якщо ж відомі функції інтенсивностей зв'язків $\varphi(t)$ і збурень $z(t)$, то процес збурення в системі можна дослідити за результатами розв'язку задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь (2).

Звернемося тепер до питання стійкості поведінки економічних систем. Взагалі питання стійкості динамічних систем пов'язується зі стійкістю за Ляпуновим [4], тобто досліджують поведінку системи в часі під впливом малих змін початкових значень показників елементів системи. Але малі зміни показників свідчать про деяку «стабільність» в системі і не дають гарантії того, що економічна система в своїй стабільності не досягла деякої критичної межі, за якою, можливо, вона неспроможна функціонувати в загалі. Тому введемо деякі необхідні для подальшого визначення.

Визначення 1. Динамічну поведінку економічної системи, за якою економічний показник $r_i \geq 0$ стає меншим, ніж його критичне значення (межа) r_i^0 назовемо банкрутством системи S за цим показником.

Визначення 2. Систему S назовемо збанкрутілою, якщо її поведінка призведе до банкрутства системи за всіма її показниками r_i , $i = 1, m$.

Зрозуміло, щоб не допустити банкрутства системи необхідно щоб її поведінка не виходила за межі області $r_i > r_i^0 \geq 0$. Межа цієї області $r_i = r_i^0$ визначає межу банкрутства системи S . Таким чином динамічний процес поведінки системи в межах області $D = \{r_i; r_i > r_i^0, i = \overline{1, m}\}$ відповідає стійкості системи S за Лагранжем. Тому доцільно досліджувати процес розповсюдження збурень в економічних системах при таких значеннях параметрів системи, котрі б не призводили до виходу значень її показників на межу банкрутства або досліджувати вплив значень параметрів системи на процес виходу системи на межу банкрутства. Очевидно, дослі-

дження систем за другим варіантом передбачає попереднє знання показників банкрутства r_i^0 .

Перейдемо тепер до розгляду конкретного прикладу і розглянемо його за запропонованою схемою досліджень динамічних процесів в економічній системі.

Динаміка активних засобів у виділеній системі

Розглянемо просту динаміку активних засобів у деякій відокремленій системі S , яка складається з трьох елементів $\{s_0, s_1, s_2\}$, наприклад: s_0 – активні засоби, s_1 – ресурс і s_2 – активні операції. Припустимо, що зв'язки між елементами системи лінійні і представляються однорядною трьохрівневою ієрархічною схемою, як показано на рис. 2. Передбачається, що економічна система S інвестується з постійною інтенсивністю Q і відбір активних засобів із системи відбувається з інтенсивністю W .

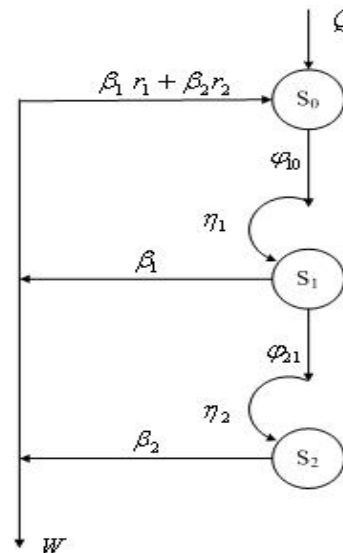


Рис. 2. Ієрархічна схема активних засобів.

Зрозуміло, що схема зображена на рис.2 є частковим випадком схеми представленої на рис.1, де для нашого випадку інтенсивність змін показників активів визначено наступним чином $\varphi_{10} = \varphi_{10}(r_0)$, $\varphi_{21} = \varphi_{21}(r_1)$ і збурення визначені на елементах s_1 та s_2 задані як $z_1 = r_1(t)$, $z_2 = r_2(t)$, а величини η_1, η_2 є коефіцієнтами переробки потоків активів відповідними елементами системи. Обернений зв'язок на схемі рис. 2 вказує на виведену частку активів, яка повертається в обіг системи.

Якщо через $\alpha \leq 1$ позначити долю активів в обороті системи, тоді частка грошових коштів,

що вилучаються із обігу може бути підрахована за формулою:

$$W = (1 - \alpha)(\beta_1 r_1 + \beta_2 r_2).$$

Динамічну модель (3) за схемою рис. 2 тепер можливо переписати наступним чином:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dr_0}{dt} &= Q - \varphi_{10} r_1 + \alpha(\beta_1 r_1 + \beta_2 r_2), \\ \frac{dr_1}{dt} &= (\eta_1 \varphi_{10} - \beta_1) r_1 - \varphi_{21} r_2, \\ \frac{dr_2}{dt} &= (\eta_2 \varphi_{21} - \beta_2) r_2. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Попередній аналіз моделі (5) показує, що система S нелінійна (інтенсивності φ залежать від грошових показників r) і замкнена при значеннях параметрів $\eta_1 = \eta_2 = 1$, $\beta_1 = \beta_2 = 1$, $\alpha = 1$; $W = 0$, $Q = 0$. При значеннях параметрів $\eta_1, \eta_2 < 1$, та $\beta_1, \beta_2 < 1$ і $0 \leq \alpha < 1$ система за рис. 2 відкрита.

У трьохмірному просторі показників (r_0, r_1, r_2) відкрита система за моделлю (5) має дві точки рівноваги (r_0^1, r_1^1, r_2^1) і (r_0^2, r_1^2, r_2^2) , для яких: r_0^1 — знаходиться за розв'язком рівняння

$$\varphi_{10}(r_0^1) = \frac{\beta_1}{\eta_1},$$

$$\text{а } r_1^1 = \frac{Q\eta_1}{\beta_1(1 - \alpha\eta_1)}, \text{ і } r_2^1 = 0;$$

r_0^2 — задовольняє наступному рівнянню:

$$\varphi_{10}(r_0^2) = \frac{Q + \alpha\beta_1 r_1^2}{(1 - \alpha\eta_1\eta_2)r_1^2},$$

$$r_1^2 \text{ — є розв'язком рівняння } \varphi_{21}(r_1^2) = \frac{\beta_2}{\eta_2} \text{ і остан-}$$

нє значення —

$$r_2^2 = \frac{\eta_2}{\beta_2} \frac{Q\eta_1 + (\alpha\eta_1(1 - \eta_2) - 1)\beta_1 r_1^2}{1 - \alpha\eta_1\eta_2}.$$

Динамічна система (5) визначена не менше як в п'ятимірному параметричному сімействі й її поведінка суттєво залежить від значень цих параметрів, так при інтенсивності φ_{21} меншій за відношення β_2/η_2 активні операції в системі знижуються.

Для подальшого параметричного аналізу поведінки системи виконаємо деякі перетворення в моделі (5).

Тому введемо такі позначення:

$$\beta_2 t = \tau, \quad \frac{r_0}{Q} \beta_2 = x, \quad \frac{r_1}{Q} \beta_2 = y \quad \text{і} \quad \frac{r_2}{Q} \beta_2 = z;$$

тоді система (5) в нових позначеннях прийме вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{d\tau} &= 1 + \alpha z - \left(\frac{\varphi_{10}}{\beta_2} - \mu\alpha\right)y, \\ \frac{dy}{d\tau} &= \left(\eta_1 \frac{\varphi_{10}}{\beta_2} - \mu\right)y - \frac{\varphi_{21}}{\beta_2} z, \\ \frac{dz}{d\tau} &= \left(\eta_2 \frac{\varphi_{21}}{\beta_2} - 1\right)z, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

де $\mu = \beta_1/\beta_2$.

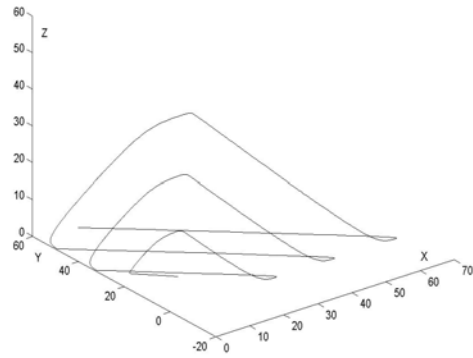


Рис. 3. Процес коливань в замкненій системі.

Далі система (6) досліджувалася чисельно, коли інтенсивності показників x і y задані експоненційно-стабілізуючими функціями [2].

Зокрема їх вибрано у такому вигляді

$$\frac{\varphi_{10}}{\beta_2} = d((a + a_1 x + a_2 x^2)e^{-\delta x} + 1);$$

$$\frac{\varphi_{21}}{\beta_2} = c((b + b_1 y + b_2 y^2 + b_3 y^3)e^{-\gamma y} + 1).$$

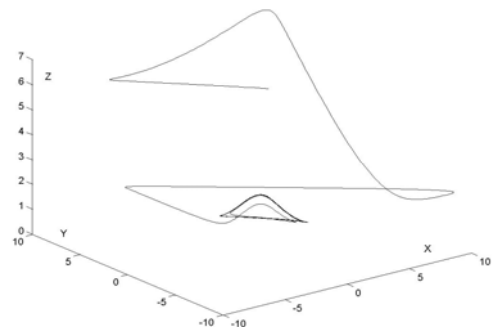


Рис. 4. Процес усталених коливань.

Наведемо деякі сценарії результатів досліджень за моделлю (5). На рис.3 наведена циклічна поведінка фазової траєкторії замкненої системи при $d = 5$, $a = -1$, $c = 1.8$, $b = -1$, $b_1 = \delta = \gamma = 1$ і $a_1 = a_2 = b_2 = b_3 = 0$; за якою маємо зростання активів по ресурсах і активним операціям.

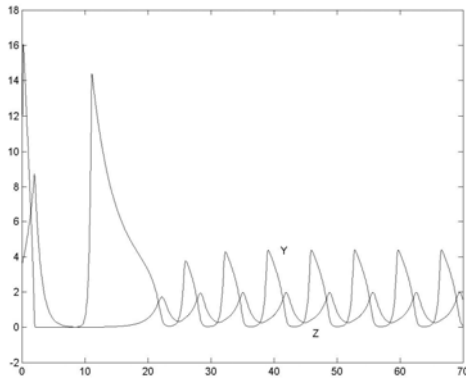


Рис. 5. Усталені коливання по показниках x, y .

На рис.4 і рис. 5 наведено динаміку поведінки частково відкритої системи при значеннях параметрів: $d = 5.1$, $a = -1$, $c = 2$, $b = -1$, $b_1 = \delta = \gamma = 1$, $\eta_1 = 0.9$, $\eta_2 = 0.8$, $\alpha = 0.85$, $\mu = 1.5$ і $a_1 = a_2 = b_2 = b_3 = 0$. Як видно з цих рисунків економічна система в часі стабілізується і в даній системі виникають періодичні коливання. При інших значеннях параметрів процес стабілізації може бути більш тривалим, типічна поведінка фазових траєкторій для таких випадків наведена на рис. 6.

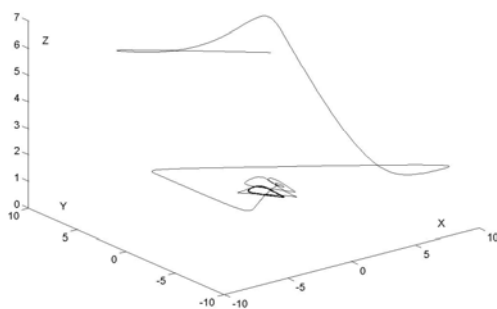


Рис. 6. Типічний процес коливань.

Висновки

Чисельний аналіз впливу параметрів економічної системи, за схемою зображеною на рис. 2, на її поведінку показав наступне:

1) зменшення значень коефіцієнтів переробки потоків активів призведе до зниження активних операцій в системі, при їх зниженні приблизно на п'ятдесят відсотків коливання в системі зникають, що призведе до банкрутства системи за показником активних операцій r_2 ;

2) відкрита економічна система досить чутлива до змін параметрів відтоку β_1 і β_2 , так збільшення відтоку активів приблизно на п'ять – десять відсотків, в залежності від значень інших параметрів, знижує коливальні процеси в системі і може призвести до банкрутства системи по показниках ресурсів та активних операцій;

3) так як банкрутство в системі за показником r_2 відбувається з деяким запізненням, тому краще збільшувати відтік за параметром β_2 , ніж за параметром β_1 ;

4) як правило, коливальний процес у відкритій системі спочатку відбувається хаотично, а потім через деякий час наближається до регулярного, але в системі може виникати коливання за схемою дивного атрактора, про що свідчить наявність у моделі (5) системи двох рівноважних станів;

5) коливання у замкненій економічній системі призводять до «розігріву» її активних засобів;

6) зникнення процесів коливання у відокремленій економічній системі під впливом внутрішніх параметрів призведе до часткового банкрутства або загального банкрутства системи.

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Черемных Ю.Н. Анализ поведения траекторий динамики народнохозяйственных моделей. – М.: Наука, 1982.
2. Ильман А.В., Ильман В.М. Моделирование деяких особенностей поведения экономических систем // Проблемы экономики транспорта: Материалы п'ятої наук. конф. – Д.: ДНУЗТ, 2006. – С. 31-32.
3. Залізнюк Д.В., Ильман В.М. Моделирование колебаний активных ресурсов у открытых экономических системах. // Проблемы экономики транспорта: Материалы шостої наук. конф. – Д.: ДНУЗТ, 2007. – С. 174.
4. Егоров А.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения с приложениями. – М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2005. – 384 с.

Надійшла до редколегії 31.05.07.

ЗАСТОСУВАННЯ ПАРНОЇ РЕГРЕСІЇ ІЗ ЧІТКИМИ ПАРАМЕТРАМИ НАД НЕЧІТКИМИ ЧИСЛАМИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ ГРОШОВОЇ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК

Висвітлено актуальність моделювання процедури експертної оцінки земельних ділянок. Проаналізовано труднощі, що виникають при застосуванні звичайних математичних методів до даних, що мають експертний характер. Проаналізовано обмеження в застосуванні існуючих методів нечіткої регресії. Запропоновано метод регресійного аналізу нечітких чисел, що не накладає обмежень на форму нечітких чисел.

Показана актуальність моделювання процедури експертної оцінки земельних участків. Проаналізовані труднощі, що виникають при застосуванні звичайних математических методів к даним, имеющим экспертный характер. Проанализированы ограничения в использовании существующих методов нечёткой регрессии. Предложен метод регрессионного анализа нечётких чисел, не накладывающий ограничений на форму нечётких чисел.

The urgency of modeling of land assessment expert procedure is shown. The complexities, which is arising during application of usual mathematical methods to data, which has expert origin, are analyzed. Limitations in usage of existing fuzzy regression methods are analyzed. It has been offered fuzzy regression method, which does not apply limitations on the shape of fuzzy numbers.

Приватизація міських земель і можливість здійснення майнових операцій із земельними ділянками чи з правом їх оренди зумовлюють необхідність визначення реальної ринкової вартості земельної власності. Нормативні методи оцінки землі, що повсякчас застосовуються для визначення оподаткованої вартості земель, не можуть вважатися достатньо адекватними для визначення ринкової вартості продажу. Аналіз статистичних даних щодо продажу ділянок показує невідповідність нормативних методів оцінювання вартості землі її реальної вартості [3, 9].

Виходячи із цього вважається доречним застосування механізму інформаційної підтримки прийняття рішень, що стосуються визначення вартості в усіх зацікавлених державних структурах. Застосування методів математичного моделювання на цьому етапі могло б дозволити підвищити обґрунтованість остаточного рішення для підвищення об'єктивності висновку. Але методики моделювання, що засновані на традиційних математичних методах, не дають змоги враховувати ймовірної похибки визначення суми оцінки, її достовірності, а також фактори, що зазвичай характеризуються експертами в вербальній характеристичній формі.

Можна зазначити, що експертна оцінка є свого роду прогнозом, передбаченням того, за яку вартість ця ділянка може бути реалізована на ринку або ж який обсяг комерційного прибутку вона може принести [2]. Для будь-якого ж прогнозу неповна визначеність та нечіткість

є невід'ємною частиною, тому вона має бути врахованою і при моделюванні оціночних операцій з землею. Тому в цій галузі вбачається доречним застосування класу математичних методів, що засновані на парадигмі нечітких множин та нечіткої логіки.

Із методологічних підходів до проведення оцінки, як найбільш сприятливий для моделювання було обрано ринковий метод, або метод порівняння ринкових продажів.

Для виявлення тенденцій, що спостерігаються на ринку землі для моделювання процедури експертної оцінки земельної ділянки необхідно вдаватися до регресійного аналізу нечітких даних.

Але, як було показано в роботах [4,12] задача обчислення коефіцієнту регресії нечітких чисел не завжди піддається вирішенню, хоча й існує рішення цієї задачі для різних окремих випадків.

Наприклад, коли розв'язується задача з чіткими коефіцієнтами над чіткими числами це призводить зазвичай до необхідності введення додаткових понять, таких як поняття довірчих інтервалів для коефіцієнтів регресії. Тому задача з нечіткими коефіцієнтами над чіткими числами більш адекватна з огляду на те, що такий підхід відображає неточність змісту самого коефіцієнту регресії.

Що стосується задачі регресії над нечіткими числами, то відомо її розв'язання лише для випадку, коли ці числа є трикутними.

Ці труднощі в розв'язанні завдання пошуку оптимальних коефіцієнтів регресії для нечітких чисел пов'язані головним чином з тим, що не завжди нечіткі числа є порівнюваними.

Метод розв'язання задачі нечіткої регресії, що пропонується, спирається на те, що розв'язуваність рівняння регресії пов'язана не стільки із порівнюваністю самих нечітких чисел, скільки з їх порівнюваністю за абсолютною величиною.

Як було висвітлено у роботі [11], будь-які нечіткі числа, порівняні або неможливі для порівняння, все ж таки можуть бути порівняні за модулем. Такого висновку стало можливо дійти внаслідок введення на просторі нечітких чисел, що задані сімейством α -зрізів:

$$X \in \left\{ \left[{}^{\alpha}x_0, {}^{\alpha}x_1 \right], \alpha \in [0,1], {}^{\alpha}x_0 \leq {}^{\alpha}x_1 \right\}$$

метрики вигляду

$$R(U, V) = \sqrt{\int_0^1 \sum_{i=0}^1 \frac{({}^{\alpha}U - {}^{\alpha}V)^2}{2} d\alpha}$$

Із застосуванням цієї метрики для визначення відхилення емпіричного значення функції від результату побудови регресійної функції, можна перейти до розв'язання задачі регресійного аналізу нечітких чисел.

Нехай (X_j, Y_j) , $j = \overline{1, m}$ - сукупність чисел, та необхідно відшукати оптимальні чіткі коефіцієнти рівняння регресії $Y = bX + c$, де X, Y - нечіткі числа. Дотримуючись схеми методу найменших квадратів відшукаємо:

$$\begin{aligned} \min_{b,c} F(b, c) &= \min_{b,c} \sum_{j=1}^m R^2(Y_j, bX_j + c) = \\ &= \min_{b,c} \sum_{j=1}^m \int_0^1 \left[\frac{1}{2} (b \times {}^{\alpha}X_{0j} + c - {}^{\alpha}Y_{0j})^2 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} (b \times {}^{\alpha}X_{1j} + c - {}^{\alpha}Y_{1j})^2 \right] d\alpha, \quad (1) \end{aligned}$$

де ${}^{\alpha}X_{0j}$ та ${}^{\alpha}Y_{0j}$ - ліві межі відповідних інтервалів α -зрізів, а ${}^{\alpha}X_{1j}$ та ${}^{\alpha}Y_{1j}$ - відповідні їм праві межі інтервалів.

Для визначення коефіцієнтів регресії b, c маємо два рівняння, виражені в похідних:

$$\frac{dF(b, c)}{db} = 0 \quad \frac{dF(b, c)}{dc} = 0$$

Оскільки похідні, що отримані із функції (1) дорівнюють:

$$\begin{aligned} \frac{dF}{db} &= \sum_{j=1}^m \left[\int_0^1 (b \times {}^{\alpha}X_{0j} + c - {}^{\alpha}Y_{0j}) \times {}^{\alpha}X_{0j} d\alpha + \right. \\ &\quad \left. + \int_0^1 (b \times {}^{\alpha}X_{1j} + c - {}^{\alpha}Y_{1j}) \times {}^{\alpha}X_{1j} d\alpha \right] \\ \frac{dF}{dc} &= \sum_{j=1}^m \left[\int_0^1 (b \times {}^{\alpha}X_{0j} + c - {}^{\alpha}Y_{0j}) d\alpha + \right. \\ &\quad \left. + \int_0^1 (b \times {}^{\alpha}X_{1j} + c - {}^{\alpha}Y_{1j}) d\alpha \right] \end{aligned}$$

Для розв'язання задачі отримуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \overline{X^2} \times b + \overline{X} \times c = \overline{XY} \\ \overline{X} \times b + 2m \times c = \overline{Y} \end{cases} \quad (2)$$

у якій прийняті такі позначення:

$$\begin{aligned} \overline{X} &= \sum_{j=1}^m \left[\int_0^1 {}^{\alpha}x_{0j} d\alpha + \int_0^1 {}^{\alpha}x_{1j} d\alpha \right] \\ \overline{Y} &= \sum_{j=1}^m \left[\int_0^1 {}^{\alpha}y_{0j} d\alpha + \int_0^1 {}^{\alpha}y_{1j} d\alpha \right] \\ \overline{XY} &= \sum_{j=1}^m \left[\int_0^1 {}^{\alpha}x_{0j} \times {}^{\alpha}y_{0j} d\alpha + \int_0^1 {}^{\alpha}x_{1j} \times {}^{\alpha}y_{1j} d\alpha \right] \\ \overline{X^2} &= \sum_{j=1}^m \left[\int_0^1 {}^{\alpha}X_{0j}^2 d\alpha + \int_0^1 {}^{\alpha}X_{1j}^2 d\alpha \right] \end{aligned}$$

Вирішуючи цю систему рівнянь матимемо значення коефіцієнтів регресії:

$$b = \frac{\begin{vmatrix} \overline{XY} & \overline{X} \\ \overline{Y} & 2m \end{vmatrix}}{\Delta} \quad c = \frac{\begin{vmatrix} \overline{X^2} & \overline{XY} \\ \overline{X} & \overline{Y} \end{vmatrix}}{\Delta}$$

Де $\Delta = \begin{vmatrix} \overline{X^2} & \overline{X} \\ \overline{X} & 2m \end{vmatrix}$ - детермінант системи рівнянь (2)

Виходячи із цього результатом розв'язання системи рівнянь (2) отримаємо наступні значення коефіцієнтів:

$$b = \frac{2m \overline{XY} - \overline{X} \times \overline{Y}}{2m \overline{X^2} - \overline{X}^2} \quad c = \frac{\overline{X^2} \times \overline{Y} - \overline{X} \times \overline{XY}}{2m \overline{X^2} - \overline{X}^2}$$

тобто аналог формул для розрахунку коефіцієнтів парної регресії для чітких чисел.

Результат, що отриманий, дозволяє узагальнити методи регресійного аналізу нечітких чи-

сел від відносно вузької сукупності трикутних нечітких чисел на усю сукупність нечітких чисел вільного вигляду.

Є очевидним, що аналогічним чином можуть бути отримані формули для розв'язання задач множинної регресії із нечіткими числами.

Це дозволяє застосовувати регресійні методи для аналізу масиву даних щодо ринкових продажів земельних ділянок, експертний опис яких є за своєю природою сукупністю нечітких характеристик, не накладаючи при цьому обмежень на форму застосованих для аналізу нечітких чисел. Відповідно моделі оптимізації, що базуються на нечітких регресійних методах, будуть більш адекватними, ніж моделі, що базуються на аналізі лише звичайних чітких чисел.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Указ Президента України "Про продаж земельних ділянок несільськогосподарського призначення" від 19 січня 1999 р. № 32/99
2. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження методики експертної грошової оцінки земельних ділянок» від 11 жовтня 2002 року №1531
3. Земельний кодекс України: Коментар; за редакцією Гетьмана А.П., Шульги М.В. – Х.: ТОВ «Одіссей», 2002. – 600 стр.
4. Зайченко Ю.П. Исследование операций. Нечёткая оптимизация: Учебное пособие. – К., Вища школа, 1991. – 191с.
5. Кофман А. Введение в теорию нечётких множеств. – М.: Радио и связь, 1982 – 432с.
6. Лисенко В.П., Кузьменко Б.В., Кондратюк В.Г. Спеціальні розділи вищої математики. Нечіткі множини, нечіткі відношення, нечітка логіка та основи теорії наближених міркувань. – К.: НАУ, 2003, 85с.
7. Манько І.П. Удосконалення механізму грошової оцінки землі у реалізації земельної політики. Землевпорядний вісник №1. 2004 с.80-83
8. Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта /Авт. А.Н.Аверкин, Л.З.Батырин, А.Ф.Бликун/ М.:Наука 1986 – 311с. (классиф. 3 810.4)
9. Формування ринку землі в Україні; за редакцією Даниленка А.С., Білика Ю.Д. – К.: Урожай, 2002. – 278с.
10. Яремко Ю.І., Макуха В.В. Експертна грошова оцінка земельних ділянок. Можливості використання методичного підходу, який ґрунтується на капіталізації рентного доходу від використання земельних ділянок. Землевпорядний вісник №3. 2004 с.80-82
11. Ковальчук К.Ф., Щербаків Є.Ю. «Метод порівняння нечітких чисел за їх абсолютною величиною як визначення критерію оптимальності моделювання експертної оцінки», збірник «Моделювання та інформаційні системи в економіці /Випуск 75/». – К.: КНЕУ, 2007.
12. George J.Klir / Bo Yuan. Fuzzy sets and fuzzy logic – theory and applications, Prentice Hall RTR, New Jersey, 1995. –p.574.
13. Zadeh L. A. Fuzzy sets.— Information and Control, 1965. v. 8. p. 338.

Надійшла до редколегії 15.05.07.

ПРОБЛЕМИ РЕФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

В статті розглядаються деякі проблеми реформування залізничного транспорту України, враховуючи критерії оцінки ефективності та розвитку транспорту, стан виробничої технічної бази та технологічний рівень перевезень. Пропонуються міроприємства щодо підвищення привабливості послуг залізничного транспорту, обґрунтовується необхідність вивчення транспортного ринку, враховуючи те, що «Укрзалізниця» є однією з галузей природних монополій. Введення інформаційного ресурсу, як складової отримання кінцевого результату дозволить завершити структурну реформу залізничного транспорту.

В статье рассматриваются некоторые проблемы реформирования железнодорожного транспорта Украины, учитывая критерии оценки эффективности и развития транспорта, состояние производственно-технической базы и технологический уровень перевозок. Предлагаются мероприятия по повышению привлекательности услуг железнодорожного транспорта, обосновывается необходимость изучения транспортного рынка, учитывая то, что «Укрзалізниця» есть одной из отраслей природных монополий. Введение информационного ресурса, как составляющей получения конечного результата позволит завершить структурную реформу железнодорожного транспорта.

An the article some problems of reformation of the railway transport in Ukraine, taking into consideration evaluations criteria of effectiveness and development of transport, state of production-technical basis and technological level of transportation are considered. Measures as regards to improvement service in the railway transport are proposed, the necessity of the transport market analysis taking into account the fact that «Ukrzaliznytsya» is one of the branches of natural monopoly is proved. Introduction of the informational resource as a component of getting eventual result will permit to complete structural reform of the railway transport.

На сьогоднішній день залізничний транспорт є однією із небагатьох галузей економіки, що знаходиться у державній власності. Реформування «Укрзалізниці» у державну акціонерну компанію передбачає додаткове залучення інвестицій, адже за потреби у інвестиціях на оновлення інфраструктури у 15 млрд. грн. галузь може виділити менше третини, загальна зношеність рухомого складу (тепловозів, електровагонів, пасажирських та вантажних вагонів) становить 65-75 відсотків. Тому у 2007 році планується закупити 173 пасажирських вагони, 15 електро та 5 дизель-поїздів [1, с. 3], проте глобально проблему старіння парку пасажирського рухомого складу це не вирішує, адже збитки пасажирських перевезень переважаються перехресним фінансуванням із доходів, які залізниця отримують від вантажних перевезень.

У ринкових умовах істотно змінюються критерії оцінки ефективності функціонування та розвитку транспорту. На залізничному транспорті найважливішою при розрахунках плану формування поїздів була економія ваготно-годин простою вагонів на станції формування поїздів та на попутних сортувальних станціях без урахування вартості вантажів і потрібної швидкості їх доставки, тобто виходячи з технічних критеріїв, то в сучасних умовах ринку значно ефективнішими стають вартісні крите-

рії, згідно з якими прибуток залізниць може бути більшим від швидкісних пасажирських перевезень і доставки вантажів безпосередньо в цех порівняно з перевезенням вантажів на склади тривалого зберігання. При цьому виникає також велика позатранспортна ефективність.

Слід відмітити й те, що лише на 2007 рік планується приріст ВВП в обсязі 7 % і на 25 % збільшення продукції металургійної галузі. Зрозуміло, що при збільшенні обсягів перевезень слід забезпечити і безпеку руху. Щодо концепції реформування залізничного транспорту України є частина економістів, які вважають, що реформування галузі слід проводити шляхом диференціації на складові: вантажні перевезення, пасажирські перевезення, інфраструктура тощо. Є проблема перехресного фінансування пасажирських перевезень за рахунок вантажних, а також удосконалення тарифів на перевезення. Наступна проблема – це кредитування під низькі відсотки, адже борг на сьогоднішній день «Укрзалізниці» становить 7 млрд. дол.

Отже стан виробничо-технічної бази і тех – нологічний рівень перевезень за багатьма параметрами не відповідає зростаючим вимогам суспільства та європейським стандартам якості надання транспортних послуг. Як і на решті

залізниць України, прогресуюче старіння основних фондів залізниці, відсутність державної підтримки розвитку галузі, низький рівень тарифів на перевезення пасажирів і відсутність дієвого механізму компенсації збитків найближчим часом може стати гальмом подальшого соціально-економічного розвитку країни. Тому вирішення питання реформування галузі є найбільш ефективним та радикальним засобом для забезпечення нормального, ефективного функціонування залізниць.

«Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту України», яка існує в стадії проекту, має вирішити такі проблеми, як недосконалість нормативно-правових актів, що регулюють діяльність залізничного транспорту, невідповідність організаційної структури тенденціям розвитку ринкової економіки, наявність субсидування збиткових пасажирських перевезень за рахунок вантажних, недостатня фінансова прозорість діяльності залізничної галузі та низький рівень конкуренції на ринку залізничних перевезень.

Формою господарювання для залізничного транспорту вибрана корпоративна модель управління зі створенням на базі «Укрзалізниці» залізниць, підприємств і організацій галузі Державної акціонерної компанії «Українські залізниці», причому одним із головних напрямків реформування є розмежування господарських функцій і функцій державного управління. Основними умовами для ефективного реформування є збереження залізниць у державній власності, послідовність проведення реформ, адаптації до ринкових умов господарювання, посилення мотивації праці та соціальної захищеності залізничників.

В умовах ринкової економіки для того, щоб утримувати передові позиції в сфері пасажирських перевезень радикальним виходом для залізничного транспорту є будівництво мережі швидкісних магістралей, що дозволяють успішно конкурувати з автомобільним транспортом в діапазоні 500-1000 км [2, с. 3]. Для реалізації програми організації швидкісного руху потрібно 27375,7 млн. грн. в тому числі:

- будівництво та реструктуризація об'єктів швидкісного руху на залізничних лініях та вузлах – 22365,7 млн. грн.;
- закупівля швидкісного рухомого складу – 2490 млн. грн.;
- будівництво та реструктуризація депо і пунктів технічного обслуговування швидкісного рухомого складу – 1490 млн. грн.;

- проведення НДДКР та створення вітчизняного рухомого складу – 350 млн. грн.;

- підготовку виробництва вітчизняного рухомого складу – 650 млн. грн.

На сьогоднішній день реформування залізничного транспорту проходить зовсім в інших умовах ніж аналогічне реформування в інших галузях економіки України, тому цей досвід слід врахувати. Так, наприклад, в цілому по АПК під час реформування простежувався спад виробництва особливо в аграрній сфері руйнуванням виробничого потенціалу, спадом життєвого рівня сільського населення в усіх регіонах держави, незважаючи на те, що проведена земельна реформа та реорганізація сільгоспприємств. Основні товаровиробники є юридично незалежними суб'єктами господарювання лише формально, адже в переважній більшості випадків найманий працівник не відчуває вигоди в результатах високоефективної праці, незважаючи на те, що практично приватизовані оптова та роздрібна торгівля та харчова промисловість, є ще значна частка тіньового обігу в системі розподілу агропромислової продукції, а знос основних фондів в сільському господарстві досягнув критичної межі.

В сучасних умовах потрібно узгодити міроприємства по отриманню прибутку із проведення робіт по підвищенню привабливості та вигідності використання послуг залізничного транспорту для вантажовласників та пасажирів, зокрема враховуючи можливе зниження транспортних тарифів. Тому зростає значення вивчення транспортного ринку, як передумови ефективного управління, що вплине на якість транспортного обслуговування, а при проведенні маркетингових досліджень слід врахувати, що тарифи на перевезення вантажів на залізниці у межах України здійснюються на підставі державної бюджетної, цінової та тарифної політики у порядку, що визначає Кабінет Міністрів України [3, с. 150].

Проведений SWOT-аналіз доводить, що пасажирське господарство Укрзалізниці має слабких сторін більше, ніж сильних (11 проти 7), причому можливостей більше, ніж загроз (9 проти 3). Звідси очевидним є доцільність застосування маркетингової стратегії „Використання можливостей для посилення слабких сторін і усунення недоліків” [4, с. 373].

Вивчення транспортного ринку тісно пов'язане із структурними змінами на залізничному транспорті, де в роботі [5, с. 6] автор вказує що структурна реформа на залізничному транспорті України є надзвичайно важливим фактором

реалізації стратегічних завдань розвитку галузі, швидке впровадження яких дозволило б створити умови для ефективного функціонування й розвитку залізничного транспорту України та його подальшого пристосування до ринкових умов за рахунок:

- приведення структури управління залізничного транспорту у відповідність до законодавства України та її адаптації до ринкових умов;
- створення сприятливих умов для залучення інвестицій на залізничний транспорт з метою оновлення його виробничо-технічної бази;
- збільшення частки залізничного транспорту на ринку транспортних послуг;
- збільшення прибутковості перевезень шляхом удосконалення роботи залізничного транспорту.

Впровадження в Україні структурної реформи, організація нової моделі управління та відкритий доступ до залізничної інфраструктури не повинні призвести до занепаду галузі та розпорошення кваліфікованих кадрів. Для координації діяльності компанії інфраструктури й експлуатаційних компаній-операторів та регулювання між ними нормальних відносин необхідно організувати сильну й незалежну адміністрацію, яка має бути наділена такими функціями:

- розробки й виконання стратегічної та інвестиційної політики для залізничної системи в цілому;
- забезпечення необхідної пропускну здатності напрямків залізниць;
- гарантування збереження уніфікованого технічного підходу для подальшого розвитку перспективних досліджень та розробок;
- збереження ноу-хау для укладання відповідних контрактів з менеджерами інфраструктури та компаній-операторів;
- виконання професійної експертизи з метою нагляду за виконанням контракту;
- контролю за забезпеченням експлуатаційної сумісності та гармонізації із країнами-членами ЄС.

Не можна не відмітити й те, що характеристика інтеграційних процесів на транспорті з точки зору організаційно-правових, технологічних, технічних, економічних, соціальних, екологічних та геополітичних аспектів [6, с. 54] визначають очікувані економічні наслідки для залізничного транспорту при вступі України в СОТ. Тут слід враховувати не тільки позитивні сторони, але й негативні, зокрема, якщо транспортна інфраструктура наблизиться до європейських стандартів, що є позитивом, то зву-

зиться вітчизняний ринок транспортних послуг, що є негативом, від чого зменшаться відповідні надходження в бюджет, вивільниться кваліфікована робоча сила, що посилить соціальну напругу. З підвищенням частки регулярності, швидкості та комфортності перевезень, зрозуміло, підвищиться якість сервісного обслуговування, проте вільний ринок транспортних послуг призведе до зростання внутрішніх тарифів і збільшення долі транспортної складової у ВВП. Крім того дорожня інфраструктура потребує значних інвестицій для приведення її до європейських стандартів, проте питання залучення інвестицій практично не вирішено.

Не можна не сказати і про закупівлю або лізинг високоякісної зарубіжної транспортної техніки за нижчими цінами, проте вітчизняне транспортне машинобудування програє по цінових і якісних параметрах.

Слід врахувати при реформуванні залізничного транспорту й те, що «Укрзалізниця» є однією з галузей природних монополій. Тому необхідно зазначити, що жодна природна монополія не має чітких затверджених методик формування тарифів, що призводить до їх необґрунтованого встановлення та економічно небажаних випадків перехресного субсидування.

На сьогодні ключовим елементом реформування і сталого розвитку ринків природних монополій, а також підвищення ефективності їх діяльності в інтересах суспільства є механізм цінового регулювання. Для досягнення цього у процесі цінового регулювання необхідно дотримуватися міжнародно визнаних принципів, які, у свою чергу, забезпечують досягнення таких цілей: економічної ефективності, окупності затрат, фінансової стабільності підприємств, справедливості, універсальності послуг, простоти і зрозумілості [7, с. 19].

Затратний механізм формування тарифів на послуги природних монополій в Україні довів свою неефективність, що засвідчують такі факти:

- формування тарифів здійснюється під сильним впливом соціальних і політичних факторів, що забезпечує збереження „низьких” тарифів, але не гарантує достатньої якості послуг;
- має місце широке застосування практики, яка полягає у штучному заниженні цін (тарифів) для населення за рахунок їх завищення для промислових підприємств або у штучному перерозподілі прибутків між різними видами діяльності у відповідних галузях (з одного боку, це спотворює економічні стимули до залучення

інвестицій; з іншого боку, практика субсидування, скоріше, суперечить реальним інтересам населення.

Невідкладним завданням регуляторних органів України на сучасному етапі є підвищення ефективності контролю за регулюванням тарифів на послуги, що реалізуються суб'єктами природних монополій (зокрема, перехід до так званого «Стимулюючого» регулювання на основі коефіцієнтів зміни цін).

Із введенням інформаційного ресурсу як фактора при реформуванні галузі, слід звернути увагу і на автоматизовані системи управління залізничним транспортом, які повинні адаптуватися до процесів реформування залізничного транспорту у відповідності із сучасними інформаційними технологіями, які базуються на розподілених комп'ютерних мережах з пакетною комунікацією даних. Ці процеси вимагають комплексних досліджень щодо використання інформаційних систем як в центрах управління транспортними перевезеннями так і на робочих місцях основних користувачів цих систем. Тут слід враховувати особливості функціонування великих залізничних станцій, потреби як керівників так і виконавців, які беруть участь в управлінні процесами перевезень, в якісному та своєчасному забезпеченні потрібною інформацією, яка необхідна для оперативного прийняття відповідальних рішень. Врахування інформаційної складової зв'язано з масштабами, впровадженнями нових технологій, з великою різноманітністю технологічних об'єктів, що забезпечить їх інформаційну підтримку, а також із неоднорідністю основних джерел, які вимагають інформаційного обслуговування. Тому слід розробити технології, які б враховували одночасне функціонування в різноманітних об'єктів, які б забезпечували роботу інформаційних управлінських систем.

Перетворення «Укрзалізниці» в державну акціонерну компанію «Українські залізниці» є питання реформування залізничного транспорту для задоволення зростаючих потреб національної економіки і населення в перевезеннях, підвищення їх якості та зменшення вартості транспортної складової в ціні продукції. Трансформація власності в умовах реформу-

вання означає не просто зміни співвідношення форм власності на залізничному транспорті, а про модернізацію відносин власності, впровадження інноваційних моментів в ці відносини, застосування практичного досвіду зарубіжних країн, що показало ефективні результати взаємодії власників в економіці держав. Структурна реформа залізничного транспорту визначатиметься як поетапне перетворення транспортно-го ринку зі стану природної монополії до олігополії, введенням інформаційного ресурсу як складової отримання кінцевого результату.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Магістраль” Всеукраїнська транспортна газета – №51 (1061) – №52(1162).– 4-10 листопада 2006р.
2. Кулаєв Ю.Ф. К вопросу о развитии скоростного движения пассажирских поездов на железных дорогах Украины / Проблемы підвищення ефективності інфраструктури. Збірник наукових праць. Вип. 12.– Київ: КУЕТТ, 2006. – с. 3-6.
3. Копитко В.І. Маркетингові дослідження залізничних перевезень як передумова ефективного менеджменту / Маркетинг та логістика в системі менеджменту. Тези доповіді VI Міжнародної наукової конференції (Львів, 9-11 листопада 2006р.). – с. 150-151.
4. Христофор О.В., Лобойко Л.М., Мельник Т.С. Застосування маркетингового аналізу середовища як висхідний етап конкурентної боротьби / Маркетинг та логістика в системі менеджменту. Тези доповіді VI Міжнародної наукової конференції (Львів, 9-11 листопада 2006р.). – с. 373-374.
5. Бараш Ю.С. Управління залізничним транспортом України: Монографія. – Д.: Вид-во Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В.Лазаряна, 2006р. – 252 с.
6. Інтегральна ефективність швидкісних залізничних магістралей: Монографія / Ю. Е. Пашенко, М. Ю. Гончаров, Й. М. Кранц та інші; За ред. С. І. Дорогунцова. – К.: РВПС України НАН України, 2005. – 266с.
7. Кравченко Ю. Ринкам природних монополій – ефективне регулювання / Економіка України №6, 2006р. – с. 12-19.

Надійшла до редколегії 17.05.2007.

НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЛОГИСТИКИ В СВЯЗИ С РЕФОРМИРОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В УКРАИНЕ

На основі аналізу транспортних логістичних систем зарубіжних компаній в статті представлені найбільш пріоритетні і ефективні напрями транспортних логістичних систем, які необхідно розвивати сьогодні. Крім того, охарактеризовані чотири рівні розвитку систем логістики на залізничному транспорті в Україні.

На основе анализа транспортных логистических систем зарубежных компаний в статье представлены наиболее приоритетные и эффективные направления транспортных логистических систем, которые необходимо развивать сегодня. Кроме того, охарактеризованы четыре уровня развития систем логистики на железнодорожном транспорте в Украине.

On the basis of analysis of the transporting logistic systems of foreign companies in the article the represented most priorities and effective directions of the transporting logistic systems which must be developed today. In addition, four is described levels of development of the systems of logistic on a railway transport in Ukraine.

Постановка проблемы. Реформирование железнодорожного транспорта в Украине, которое вызвано объективными причинами рыночной экономики, предполагает последующее изменение организационно-правовой формы хозяйствования отрасли, поэтому на первый план выдвигается задача по разработке методов управления, позволяющих эффективно организовать производственно-хозяйственную деятельность подразделений отрасли в непрерывно меняющейся внутренней и внешней среде с учетом условий ограниченности финансовых ресурсов.

Эффективная реализация этой задачи может осуществляться на основе использования методологических подходов и методического инструментария научной дисциплины – логистики [1, 2].

Последние исследования и публикации. В реальной рыночной экономике системы логистики в рамках различных производственных объединений по объективным причинам находятся на различных стадиях, или уровнях, развития. Существуют отдельные стадии, через которые функции логистики неизбежно должны пройти, прежде чем они достигнут высокого уровня развития. Анализ компаний, ведущих в экономическом развитии стран, позволил выявить в их рамках четыре последовательные стадии развития логистических систем [3]. Практический опыт работы предприятий в различных странах мира показал, что восхождение от первого уровня развития систем логистики к более высокому уровню происходит как посте-

пенно, так и – при возникновении благоприятных условий – скачкообразно. Такими условиями могут быть слияние предприятий, новый режим управления, политические инициативы. Переход на более высокий уровень в лучшем случае обычно длится от шести месяцев до двух лет, а переход от первого уровня к четвертому занимает около 20 лет. Однако возможно его сокращение до 10 лет в связи с возросшим давлением международной конкуренции и возможностями использования опыта предприятий развитых стран, уже проделавших этот путь.

Выделение нерешенной ранее части проблемы. Таким образом, в связи с намеченной корпоратизацией железнодорожной отрасли возникает необходимость внедрения логистики с целью разработки теоретических положений и методических рекомендаций по обоснованию необходимости структурных преобразований отрасли для повышения экономической эффективности и выяснению возможностей изменений монолитной, вертикально интегрированной и унитарной по существу железнодорожной транспортной системы в Украине.

Цель работы состоит в изучении и анализе транспортных логистических систем зарубежных компаний для применения их опыта в Украине, а также в определении наиболее приоритетных и эффективных направлений транспортных логистических систем, которые необходимо развивать сегодня на транспорте.

Результаты. Анализ транспортных логистических систем зарубежных компаний при-

водит к выводу, что внедрение логистики на железнодорожном транспорте в Украине должно проходить в соответствии со следующими характерными этапами.

На первом этапе в качестве единого объекта оптимизации будет рассматриваться транспорт и склад грузовладельца (минимизация складских запасов за счет регламентации времени поставок) или узла взаимодействия различных видов транспорта (непрерывный план-график работы транспортного узла, контактный график между железнодорожниками и речниками и др.). В этот период будет характерный «пик» развития программ по контейнеризации и пакетизации перевозимых по железным дорогам грузов, организации централизованного завоза и вывоза грузов автотранспортом с грузовых дворов, ночная загрузка автоприцепов и многое другое.

Второй этап развития логистических подходов на железнодорожном транспорте станет реализовываться с появлением права на введение договорных тарифов. Возможность получения больших доходов за счет оказания дополнительных услуг будет стимулировать железнодорожников на изучение реальных потребностей грузоотправителей и грузополучателей. Право на законное поощрение транспортников (через договорной тариф) за экономический эффект, полученный грузовладельцами благодаря доставке «точно в срок» и «от двери до двери», позволит им почувствовать себя равными партнерами с железнодорожниками.

Спад производства и, как следствие, резкое высвобождение перевозочных мощностей на всех видах транспорта превратили транспортный рынок из «рынка продавца» в «рынок покупателя». Грузовладелец на ряде маршрутов уже имеет возможность не только выбирать вид транспорта, но и может диктовать свои условия перевозки.

Новая ситуация заставит провозгласить лозунг: «Всё для клиента!». Для реального воплощения его в жизнь в отрасли должна быть создана Система фирменного транспортного обслуживания (СФТО) при перевозке грузов по железным дорогам, которая решила бы задачу проведения на железнодорожном транспорте новой экономической политики на основе маркетинговой стратегии, ориентированной на коммерческую эффективность транспортной продукции. При этом в отрасли закрепится понимание, что только через партнерство с грузовладельцами можно обеспечить устойчивое

функционирование железных дорог на рынке транспортных услуг. С этого момента начнется третий этап развития логистики на железнодорожном транспорте.

Главными принципами функционирования СФТО являются доступность, оперативность, комплексность, высокое качество обслуживания и гарантия выполнения взятых на себя обязательств. При этом необходимо изменить технологию работы с клиентом на всех этапах, начиная от приема заявок и оформления перевозочных документов и заканчивая контролем исполнения условий перевозок и предоставлением необходимой информации о перевозке. Потенциальные возможности СФТО значительны. Работа с грузовладельцем должна начинаться задолго до его прихода с заявкой на перевозку и другие услуги. Маркетинговые подразделения центров фирменного транспортного обслуживания на железных дорогах должны провести тщательное изучение имеющихся и потенциальных пользователей услугами железнодорожного транспорта, создать на них банк данных. Наряду с информацией, предусмотренной паспортом клиента, специалисты маркетингового подразделения должны, оценив объемы и характер производства или потребления, установить какие дополнительные услуги можно предложить со стороны железной дороги, чтобы за счет, например, изменения режима перевозки снизить внутранспортные издержки и тем самым привлечь данного клиента. Так, к примеру, на втором этапе развития логистических систем железнодорожники могли бы разработать и внедрить единую межотраслевую технологию перевозки (ЕМТП) массовых грузов между непрерывно работающими предприятиями в Украине.

Технология ЕМТП — это организация перевозки массовых грузов технологическими маршрутами, то есть целыми составами по расписанию, согласованному с отправителем и получателем, что обеспечивает работу "по прямому варианту" без промежуточного складирования. При этом основная причина возможных неудач — незавершенность системы, несоблюдение законов транспортной логистики. Ведь известно, что логистическая система предполагает одновременное решение четырех задач: технологической, технической, экономической и управленческой.

Появление на железных дорогах структур ФТО, основными задачами которых являются активное привлечение клиентуры к использованию железнодорожным транспортом путем

изучения потребностей в перевозках по количеству и качеству, и создание условий для их удовлетворения, а также организация сквозной доставки груза «от двери до двери» и «точно в срок» без посредников, будет способствовать шире применять логистику.

В тоже время перед маркетинговыми подразделениями центров фирменного транспортного обслуживания будут стоять задачи обобщения данных для изучения сбыта и потребностей клиентуры в транспортных услугах с целью привлечения грузов на железнодорожный транспорт, включающий сбор сведений о клиентуре (производственные возможности и связи, потребность в различных видах транспортных услуг, желательную ритмичность и порционность отправки продукции или получения сырья, взаимоотношения с другими видами транспорта). Собранная информация позволит подразделению при помощи планирования и координации перевозок заблаговременно строить логистические цепочки по транспортировке груза, отрабатывая возможность соблюдения необходимых клиенту условий по услугам и цене.

Более детально логистические цепочки должны прорабатываться при обращении клиента с заказами в договорном отделе (через агента или непосредственно). В основном в настоящее время проверяется техническая и технологическая возможность выполнения условий договора, предполагающего доставку груза имеющимся подвижным составом в сроки, предусмотренные Правилами перевозок, а не реальными потребностями отправителя или получателя. Практически отсутствуют (а точнее, составляют слишком малую долю) магистральные перевозки, технологически увязывающие различные производства от «зарождения» сырья на начальном предприятии до получателя готовой продукции у потребителя по критерию минимума суммарных издержек для всех участников данного процесса.

Автоматизированная комплексная программа ФТО на железнодорожном транспорте в комплексе с автоматизированной системой полномерного учета, контроля дислокации, анализа использования и регулирования вагонного парка позволят, используя их наряду с уже имеющимися автоматизированными системами управления локомотивами, локомотивными

бригадами, станциями и др., не только минимизировать собственные издержки железных дорог на реализацию договорных условий перевозки, но и при соответствующей нормативно-правовой базе, перейти на создание сложных логистических систем, включающих помимо транспорта и производство, и складирование, и потребление. При этом наряду с материальными потоками в системе важное значение уделяется и сопутствующим информационным и финансовым потокам.

Создание технологического процесса двух различных предприятий, соединенных магистральным железнодорожным транспортом, как единой логистической системой — вот задача третьего этапа.

И четвертый этап логистики на железнодорожном транспорте создание единых логистических центров, где все виды транспорта комплексно обслуживают грузовладельцев в тесном взаимодействии, выбирая перевозчика по критерию реального минимума издержек, «не перетягивая» заказы на себя.

Выводы. В связи с реформированием железнодорожной отрасли, переход от традиционной системы управления на транспорте к управлению логистической транспортной системы ориентированной на эффективность достаточно сложен, требует времени и немалых затрат. Однако достигаемый результат должен значительно способствовать повышению качества и конкурентоспособности предприятий железнодорожной отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Планирование логистической стратегии транспортных предприятий / Пшинько А. Н., Савицкий Н. В, Корецкая С. А, Сердюк В. Н. // Збірник наукових праць КУЕТТ. Серія «Економіка і управління», 2004. Вип. 2. – С. 47–53.
2. Эффективность логистических систем и способы ее оценки/Корецкая С.А.// Новини науки Придніпров'я, №2. -Дніпропетровськ, 2005. – С. 31–37.
3. Bowersox D.I., Closs D.I., Helferich O.H. Logistical management. –New York-London, 1986. – 586 p.

Поступила в редколлегию 17.05.2007.

М. І. МІЩЕНКО (ДІТ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ГАЛУЗІ КРАЇН СВІТУ

Досліджуються процеси реструктуризації залізниць різних країн, вивчаються фактори, що викликали необхідність реструктуризації. Аналізуються основні аспекти функціонування залізничного транспорту в сучасних умовах та шляхи покращення ефективності виконання основних видів діяльності і перевізного процесу в цілому.

Исследуются процессы реструктуризации железных дорог разных стран, изучаются факторы, вызвавшие необходимость реструктуризации. Анализируются основные аспекты функционирования железнодорожного транспорта в современных условиях и пути улучшения эффективности выполнения основных видов деятельности и перевозочного процесса в целом.

The processes of restructuring of railways of different countries are explored, factors causing the necessity of restructuring are studied. The basic aspects of functioning of railway transport are analysed in modern terms and way of improvement of efficiency of implementation of basic types of activity and vehicular process on the whole.

Останні роки залізничні системи розвитих промислових країн реструктуризуються. Закордонні фахівці вважають, що в умовах глобалізації економічної конкуренції без ефективно функціонуючої транспортної системи можуть виникнути значні проблеми у всій національній економіці.

У багатьох закордонних країнах розглядаються два важливих положення щодо ефективності транспортних систем. З однієї сторони залізничний транспорт, що управляється державою, в умовах конкуренції з приватними організаціями інших видів транспорту не має шансу на виживання в довгостроковій перспективі, тому що протягом визначеного часу перетворюється в фінансове навантаження на платників податків, що постійно збільшується.

З іншої сторони сучасна економіка не дозволяє використовувати в транспортних цілях тільки автодороги, повітряний простір і внутрішні водні шляхи, тому що їх пропускної здатності стає недостатньо.

Цим обумовлена тенденція відходу держави від безпосереднього управління залізницями у бік їхньої комерціалізації. Конкурентне положення залізниць повинне бути посилене і повинні бути забезпечені рівні умови конкуренції між різними видами транспорту.

Країни-учасниці ЄС у 1991 р. прийняли Директиву 440, по якій вони повинні встати на шлях реструктуризації національних залізниць.

Важливим її елементом є поділ інфраструктури і підприємств залізниць як передумова для створення конкуренції, що означало відкриття мережі національних (державних) залізниць для третіх залізничних підприємств, що вже функціонують чи тільки виникли. Зокрема, реформа залізниць у

ФРН була спрямована на рішення наступних задач: поділ державних і підприємницьких функцій; перетворення державної форми власності в акціонерну; фінансове оздоровлення (санация) залізничних підприємств-боржників; відкриття залізничної мережі для інших (третіх) підприємств.

До так званих «третіх» підприємств відносяться невеликі приватні залізниці (підприємства), що до цього діяли на власній залізничній мережі чи власних окремих ділянках і які тепер розширюють свої перевезення за допомогою інфраструктури німецьких федеральних залізниць. Це портові залізничні підприємства, що до цього виконували маневрові роботи на території портів споруд і, нарешті, це колишні клієнти залізниць, що мають намір організувати свої залізничні перевезення власним чи орендованим рухомим складом по більш прийнятній ціні і з кращою якістю.

У ФРН у такий спосіб право доступу до залізничної інфраструктури загального користування одержали наступні залізничні підприємства:

— усі залізничні підприємства, що обслуговують залізничні перевезення загального користування, місцем перебування яких є ФРН;

— усі підприємства приватних залізниць із власною інфраструктурою;

— оператори комбінованих перевезень;

— усі залізничні підприємства, що допущені до використання вищевказаної інфраструктури, іншої держави члена ЄС чи ЄАВТ (Європейської асоціації вільної торгівлі);

— усі залізничні підприємства інших країн на основі міжнародних договорів.

Акціонерне товариство «Німецькі федеральні залізниці» побудувало свою підприємницьку політику в такий спосіб. Воно передало функції управління інфраструктурою окремому акціонерному товариству. Найважливішою її задачею стало недопущення дискримінації, що означає рівне однакове відношення до усіх потенційних користувачів інфраструктури.

Акціонерне товариство цілком приймає і визнає необхідний антимонопольний контроль. Воно здійснює активний маркетинг, спрямований на продаж максимально можливого числа робіт і послуг по перевезеннях. Уведено єдина, діюча для всіх користувачів інфраструктури система цін.

Залізниці ФРН поділяються на залізниці загального і незагального користування. Залізниці незагального користування – під'їзні колії. По призначенню вони поділяються на заводські (промислові), внутрішньозаводські, портів. Під'їзні залізниці є складовою частиною системи залізниць. Вони виконують значну частину вантажоперевезень державних і недержавних залізниць загального користування.

Відповідно до федерального принципу у ФРН правову основу функціонування під'їзних колій створюють федеральні землі.

Американські залізниці із самого початку були і донині є, не вважаючи на деякі виключення, приватними підприємствами. У 50-і роки в США виникла необхідність здійснення Федеральної залізничної політики. Це було викликано, насамперед, диспропорцією, що утворилася у розвитку залізничного транспорту в порівнянні з іншими видами транспорту і посиленням їх конкуренції.

Для цих цілей у 1966 р. було створено федеральне міністерство транспорту й у його складі спеціальне федеральне управління, що відповідало за залізниці. У 1971 р. була націоналізована частина вантажного залізничного сполучення шляхом об'єднання декількох підприємств, збанкрутілих через значне скорочення перевезень масових вантажів і доріг, яким загрожувало руйнування. На їхній базі виникло державне залізничне підприємство по перевезенню вантажів.

Разом з тим, прикладалися зусилля для того, щоб зберегти приватні залізниці по наступним напрямках: звільнити їх від занадто тісних і суворих тарифних зобов'язань і бюрократичного контролю; дати їм можливість самим визначати форму, облаштуваність власних мереж і самим їх раціоналізувати, а також поєднуватися з іншими підприємствами для досягнення більшої рентабельності; підсилити конкуренцію між видами транспорту, разом з тим сприяти можливості одержання залізницями необхідних інвестицій.

У 1987 р. санірована державна вантажна залізниця була приватизована і продана в приватний сектор. Залізниці США підрозділяються на магістральні залізниці (залізниці 1 класу) і немагістральні (неосновні) залізниці, що розділяються на 2 групи.

До першої групи немагістральних залізниць відносяться такі дороги, що виконують транспортну роботу винятково усередині промислового комплексу (підприємства), але не мають з'єднання з іншими залізницями. До другої групи відносяться всі інші залізниці, що мають як мінімум один вихід на магістральні залізниці. Залізниці, що відносяться до першої групи, не розглядаються як залізні дороги загального користування і тому не підлягають загальному правовому регулюванню.

Однак більшість немагістральних залізниць відноситься до другої групи і підлягають, з одного боку, підприємницькому регулюванню і нагляду федерального відомства наземних перевезень. З іншої сторони вони зобов'язані виконувати розпорядження по безпеці функціонування залізниць і підлягають відповідному нагляду федеральної залізничної адміністрації, що відноситься до федерального міністерства транспорту США.

В даний час залізниці світу знаходяться у пошуках шляхів ефективної взаємодії з зовнішнім оточенням, способів внутрішньої інтеграції й адаптації до зовнішніх умов. Сформовані виробничі відносини змушують галузь проводити реструктуризацію з подальшим настроюванням господарського механізму і, як його складової частини, організаційної структури управління.

Як відомо, першим кроком компанії, що має намір поліпшити положення своїх справ, є удосконалення організаційної структури. Будь-яка система (у тому числі і соціально-економічна) характеризується її структурою – з погляду її функціональної розчленованості і внутрішньої упорядкованості. В стабільному середовищі організаційна структура управління відносно статична, але в зовнішньому оточенні, що змінюється, вона змушена перетерпувати достатні зміни, досягаючи цілі, що постійно змінюються, і стратегією організації.

Реструктуризація підприємств - процес дезагрегації (розукрупнення і ліквідації) вищих управлінських рівнів, що супроводжується укрупненням виробничих структур низового управлінського рівня. Ліквідація середнього управлінського рівня, як правило, приводить до збільшення кількості об'єктів управління для вищого рівня, що може привести до втрати керованості тобто здатності розпорядника впливати на організованість системи, усувати неузгодженість між метою і ре-

зультатами. Керованість забезпечується структурою управління, що по суті своєї є організаційною, оскільки поєднує стосовно до підприємств такі структури, як виробничу, територіальну, адміністративну, функціональну, інформаційну.

Організаційну структуру управління можна розглядати в двох аспектах. По-перше, як форму розподілу повноважень на ухвалення рішення і, по-друге, як форму поділу праці (спеціалізації) по виконанню управлінських робіт. Перший аспект заснований на представленні апарата управління як вирішальну систему, виходячи з того, що управління розглядається як процес ухвалення рішення. Заходу щодо удосконалювання управління відповідно до прийнятої концепції повинні полягати в чіткому виділенні центрів (вузлових крапок) прийняття рішень, установленні границь їх компетентності, у проробленні схем зв'язку цих центрів, механізмів координації рішень, технології прийняття рішень.

Другий аспект пов'язаний з пошуком рішень по забезпеченню оптимальної спеціалізації, завантаження, ефективності праці управлінських працівників. Основними задачами при цьому підході є: визначення і розподіл цілей, задач і функцій управління по структурних підрозділах системи управління; удосконалювання взаємозв'язків і відносин, зумовлюваних організацією і технологією управління. При настроюванні організаційних структур управління в процесі реструктуризації підприємства обидва аспекти повинні бути розглянуті і реалізовані.

Управління будь-яким структурним підрозділом залізниць побудовано на принципах функціональної організації із системою регіональних підрозділів. Як правило, у сформованих структурах управління мають місце елементи матричного управління, з явним вираженими перехресними зв'язками, найчастіше незрозумілими для зовнішнього спостерігача. Виробнича діяльність розділена між структурними підрозділами і координується функціональними зв'язками.

Така організація діяльності, як відомо, має певні переваги:

- високий рівень спеціалізації;
- можливість управління і контролю кожного виду діяльності;
- досить високий рівень корпоративної культури;
- можливість швидкого визначення потреби у функціональних структурах.

У той же час даної організації властиві і недоліки, серед яких найбільш істотними, на наш погляд, є наступні:

- необхідність трудовіткої координації видів діяльності виробничих структур;

– наявність ситуацій, коли ефективність діяльності перетворюється в самоціль, а не засіб для досягнення загальної мети;

– виникнення невизначеності між якісним виконанням функціональних обов'язків підрозділами і доходами залізниці;

– поява протиріч у процесі діяльності підрозділів, обумовлених, як тим, що вони є складовими частинами деякого закінченого продукту, так і тим, що в них можуть бути протилежні інтереси;

– наявність матричного управління, що породжує деяке утруднення в роботі керівників підрозділів унаслідок виникнення питання про пріоритетне виконання розпоряджень;

– наявність у керівників підрозділів дуже обмежених повноважень;

– існування корпоративної культури, що приводить до запрограмованої спрямованості на самозбереження.

Необхідно відзначити, що численні перехресні зв'язки не ускладнюють організаційну структуру, що приводить до збільшення часу ухвалення рішення, тому що організація стає занадто формальною. Ми вважаємо, що перехресні зв'язки можна зменшити шляхом надання структурним підрозділам більшої самостійності. Однак у цьому випадку виникає два питання.

По-перше, збільшення самостійності структурних підрозділів може бути реалізовано тільки за рахунок децентралізації. При цьому передача повноважень, у першу чергу, може бути реалізована з управлінського рівня, що є безпосередньо вищим. У такому випадку необхідно визнати, що з передачею повноважень зменшується і відповідальність структурних підрозділів за кінцевий продукт, що викликає побоювання за забезпечення безпеки руху поїздів.

По-друге, яким повинен бути структурний підрозділ: права, обов'язки, показники роботи, виробнича структура, організаційна структура управління?

Що необхідно відносити до закінченої продукції (послуги) такої структури?

Вивчення явно протилежної функціональної організації організацію із системою центрів прибутку (підприємницьких одиниць, підприємницьких центрів, структурних підрозділів, господарських одиниць і т.п.) дасть відповіді на ці питання. Основною ідеєю формування центрів прибутку на залізниці є передача частини інтегральної підприємницької відповідальності (за вид чи діяльності послугу) структурним підрозділам (господарським одиницям). При такій постановці питань

ня змінюється стиль управління, основа якого - децентралізація підприємництва усередині залізниці. У цьому випадку істотно зміниться організація управління і, особливо, організаційна структура управління, як на рівні господарської одиниці, так і залізниці в цілому. При такому підході перед головним розпорядником залізниці ставиться двоєдина задача. По-перше, створити таку декомпозицію підприємницьких центрів, де кожний мав би свої власні стратегічні цілі й інтереси, а усі вони разом рухалися б у єдиному обраному напрямку для реалізації глобальної мети – місії залізниці. По-друге, ефективно управляти такими одиницями, чуйно реагуючи на зовнішній вплив і внутрішні процеси на залізниці.

В основі управління підприємницькими підрозділами залізниці повинні лежати наступні основні принципи:

1. Підприємницькому підрозділу необхідно мати свою власну стратегічну мету, в основі якої не повинен бути тільки прибуток як такий. Правильно поставлена ціль як головний орієнтир зосередить зусилля підприємницького підрозділу на споживачі її товарів чи послуг, змусить персонал поліпшити якість обслуговування і тим самим підвищити конкурентоздатність.

2. Підприємницькому підрозділу необхідно мати власну стратегію управління, що повинна мати загальну спрямованість зі стратегією управління залізниці.

3. Взаємини між головними розпорядниками залізниці і керівником підприємницького підрозділу повинні будуватися на контрактній основі. Між ними не повинно бути проміжної управлінської ланки, що дозволить головному розпоряднику побудувати короткі лінії комунікацій і негайно впливати на підрозділи. Керівник підрозділу самостійно підбирає управлінський персонал і фахівців.

4. Підприємницькому підрозділу необхідно мати право «фінансового ризику», що припускає ведення рахунків прибутків і збитків, а також фінансування технічних ідей з метою впровадження у виробництво.

5. Підприємницький підрозділ повинний мати «контрактну волю», тобто право висновку договорів і, насамперед, на придбання і реалізацію продукції (послуг).

6. Децентралізація основних виробничих управлінських функцій. По більшості децентралізованих функцій будуть окремі підприємства від головного розпорядника, однак виконувати ці розпорядження підрозділу повинні самостійно.

7. Розвиток елементів власної корпоративної культури в сполученні з корпоративною культурою залізниці, що сприяє зімкненню колективу.

Дана концепція управління спрямована на рішення наступних основних задач:

1. Оперативно реагувати на швидко змінні умови на ринку товарів і послуг. Цю задачу можуть виконати тільки невеликі, мобільні, добре пристосовані до умов ринку підрозділи.

2. Ефективно направляти залізницю на вивчення кон'юнктури ринку, орієнтувати підприємницькі підрозділи на задоволення попиту клієнтів.

3. Визволити керівників залізниці для рішення стратегічних питань дорожнього рівня.

Основними причинами невдач у управлінні підрозділами можуть бути, на наш погляд, такі фактори: 1) внутрішні умови (недостатня децентралізація; особистісний фактор; деякі елементи корпоративної культури); 2) зовнішні умови (правове середовище; податкова система і т. ін.).

Суть організації діяльності центрів прибутковості полягає в наступному. Регіональна організація (залізниця) має підприємницькі підрозділи, що несуть інтегральну відповідальність за свою діяльність (наприклад, за стан колії, енергопостачання й ін.). Діяльність таких підрозділів розподілена по регіонах і орієнтована на ринок, насамперед, у територіальному відношенні. Формування підприємницьких одиниць супроводжується розподілом між ними обсягів і видів діяльності, що відповідають стратегічним інтересам залізниці.

При переході на управління підрозділами перед залізницею стоять дві проблеми:

1. Зовнішня адаптація (як найкращим способом установити зв'язок із зовнішнім середовищем).

2. Внутрішня інтеграція (як досягти успіхів і координації усередині саме дороги).

Ці ж проблеми встають і перед кожною підприємницькою одиницею.

Таким чином, ефективність вдосконалення організаційної структури для поліпшення стану справ на залізниці визначається тим, що вона є формою, у рамках якої реалізуються види діяльності, що забезпечують перевізний процес, здійснюється функціонування залізниці як системи. Від досконалості організаційної структури залежить ефективність виконання основних видів діяльності і перевізного процесу в цілому.

Надійшла до редколегії 30.05.2007 р.

Ю. Є. ПАЩЕНКО (Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України)

УЧАСТЬ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЬОГО КОМПЛЕКСУ В ІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСАХ

Стаття присвячена теоретико-методичним проблемам розвитку транспортно-дорожнього комплексу (ТДК) в умовах інтеграції економіки України. Визначені основні напрями, форми та методи участі ТДК в інтеграційних процесах, запропонований метод оцінки рівня інтеграції ТДК.

Статья посвящена теоретико-методическим проблемам развития транспортно-дорожного комплекса (ТДК) в условиях интеграции экономики Украины. Определены основные направления, формы и методы участия ТДК в интеграционных процессах, предложен метод оценки уровня интеграции ТДК.

The article is devoted to the theoretic-methodical problems of development of transport-road complex (TRC) in the conditions of integration of economy of Ukraine. Certain basic directions, forms and methods of participation TRC in integration processes, offered method of estimation of level of integration TRC.

Актуальність. Глобалізація і регіоналізація світової економіки викликали необхідність вивчення та обґрунтування основних етапів інтеграції України у світові та регіональні союзи, визначення послідовності та термінів їх реалізації. ТДК в інтеграційних процесах призваний домінувати, так як він забезпечує розвиток всіх форм економічних свобод ринкової економіки – свободу переміщення людей, товарів, послуг та капіталів. Нажаль, теоретико-методологічні дослідження, що розкривають суть інтеграційних процесів на транспорті, в науково-методичній літературі представлені дуже слабо. Тому автор в даній статті постарався в деякій мірі заповнити цей недолік.

Постановка завдання. Економічну інтеграцію слід розглядати як форму розміщення продуктивних сил, при якій сполучаються інтереси двох або декількох країн, поєднаних за галузевими або територіальними ознаками. Економічна інтеграція – це об'єктивний процес посилення взаємодії економіки різних держав. Міжнародна інтеграція економіки шляхом утворення союзів держав і підприємств передбачає більш високий та ефективний рівень розподілу праці і спеціалізації виробництва, ніж в окремо взятій країні. Створюється можливість отримання синергетичного ефекту.

Процеси інтеграції розвиваються по двох, на перший погляд суперечливих, напрямках – глобалізації та регіоналізації. Численні тлумачення поняття глобалізації зводяться до наступного. Під глобалізацією розуміється стан економіки, при якому господарський розвиток більшості країн і регіонів тісно пов'язаний між собою. Транснаціональні компанії (ТНК) стають основною формою організації виробництва. Еконо-

мічні інтереси ТНК виходять за рамки національних. Типовий представник глобальної економіки – світова організація торгівлі (СОТ).

Процес глобалізації невід'ємний від регіональної інтеграції, тобто утворення економічних союзів країн, об'єднаних спільністю території і економічних інтересів. На долю регіональних союзів припадає 80 % світового ВВП. Основний представник регіональних союзів – Європейський союз (ЄС). Країни-учасниці регіональних союзів, як правило, входять до глобальних організацій. На сьогодні в світі існує близько 90 великих економічних регіональних угод в різних частинах світу.

Виходячи з досвіду розвитку регіональних союзів інтеграція проходить наступні основні етапи:

1. Зона вільної торгівлі. Ліквідуються митні бар'єри взаємної торгівлі.
2. Митний союз. Встановлюються єдині тарифи в торгівлі з третіми країнами.
3. Загальний ринок. Вільний рух капіталів і робочої сили між країнами-учасниками.
4. Економічний союз. Гармонізація економічної політики. Злиття національних економік в єдиний економічний простір, введення єдиної валюти, загальної внутрішньої та зовнішньої політики. Економічний союз передбачає узгоджену грошово-кредитну, бюджетну, податкову, цінову, соціальну, зовнішньоекономічну, митну і валютну політику.
5. Політичний союз. Визначається як конфедеративне об'єднання держав на основі інтеграції економік. Створення Європейського парламенту, Європейського суду, прийняття європейського громадянства.

Входження України в ЄС – це стратегічна економічна лінія України, вироблена ще на початку економічних перетворень. Серед факторів, що сприяють прагненню України увійти до ЄС, найважливіші такі: сприятливе географічне розташування і кліматичні умови, вихід до моря, значний промисловий, науковий потенціал, наявність кваліфікованих робочих і наукових кадрів, різноманітні види природних ресурсів, переробна база, родюча земля, наявність розвинутої мережі транспортної інфраструктури.

До факторів, що протидіють вступу Україні до ЄС відносяться: невідповідність законодавчо-правової бази європейському рівню, низька конкурентоспроможність продукції, невідповідність рівня економічного і соціального розвитку європейським стандартам, відверте небажання ведучих європейських країн до прийняття нових членів в ЄС.

Розвиток України з останнє десятиріччя свідчить про необхідність балансування у відносинах з європейськими країнами і країнами СНД.

В умовах глобалізації економічних процесів значно зростає роль транспорту, як об'єднуючої ланки в економічних відносинах всіх суб'єктів господарської діяльності.

Діяльність транспортної системи все більше впливає на структурні зрушення світового господарства.

Загальною формою реалізації принципів глобалізації на транспорті відповідно до критеріїв мінімуму часу доставки товарів, оптимізації запасів і страхових ризиків є розширення логістичних схем і мультимодальних транспортних технологій. Ці принципи транспортного забезпечення глобальних економічних відносин визначають удосконалення вантажопотоків і оптимізацію участі кожного транспортного підрозділу в їхньому освоєнні.

Основні напрями інтеграції транспортної системи можна класифікувати по наступним ознакам: організаційно-правові, технологічні, технічні, економічні, соціальні, екологічні, геополітичні. Глибину інтеграційних процесів можна визначати по ступеню участі України в міжнародних перевезеннях. У загальному вигляді ступінь інтеграції пропонується визначити як відношення суми міжнародних і транзитних перевезень до загального обсягу перевезень.

Результати. Підготовка України до входження в регіональні та глобальні союзи потребує значного вдосконалення всієї транспортної системи, особливо в напрямку підвищення яко-

сті транспортного обслуговування, адаптування транспортної системи по всіх сферах її діяльності до європейського рівня. Оцінимо транспорт України з позиції його готовності до інтеграції в глобальні та регіональні економічні структури, можливість його участі у відкритій ринковій економіці.

Затяжна економічна криза в Україні призвела до порушення транспортно-економічних зв'язків суб'єктів господарської діяльності, що викликало загальне зниження обсягів перевезень вантажів. За 1990-2004 роки обсяг перевезень знизився у 3,8 рази, обсяг вантажообороту – у 2,3 рази. Економічна криза відобразилася і на транспортній мобільності населення. За цей же період загальна кількість перевезених пасажирів знизилася з 15 млрд пас. до 7,7 млрд пас., або у 2 рази.

Зниження обсягів перевезень викликало альтернативне зниження доходів транспортних організацій, що, у свою чергу, вплинуло на інвестиційний клімат у галузі. Через нестачу коштів оновлення основних фондів не забезпечується не тільки на рівні розширеного, але і простого відтворення. Коефіцієнт зносу основних фондів на транспорті давно перевищив його критичну величину, по рухомому складу він наблизився до 70%. Рухомий склад і обладнання транспортних підприємств не витримує конкурентної боротьби на ринку транспортних послуг з розвиненими європейськими країнами. Україна почала втрачати позиції в такій важливій сфері експорту транспортних послуг, як транзит.

Вперше за історію України експлуатаційна довжина залізниць за реформений період знизилася з 22,8 до 22,0 тис. км. Практично повністю припинилося судноплавство по основному впровадженому водному шляху України – річці Дніпро. Річкові судноплавні шляхи скоротилися з 4,0 до 2,2 тис. км. Через зростання тарифів, цін на паливо, зниження платоспроможності населення багато місцевих аеропортів практично закриті. Автомобільні дороги України потребують докорінної реконструкції, але через нестачу коштів і непроведення своєчасного ремонту вони поступово руйнуються, знос їх збільшується і рух стає небезпечним. Багато сільських населених пунктів України взагалі не забезпечені під'їзними дорогами з твердим покриттям і непридатні для експлуатації в період несприятливих погодних умов. По щільності залізниць на 1000 км² Україна у 1,5-2 рази поступається європейським країнам, а по щільності автомобільних доріг – у 4-5 разів.

Економічна криза, яка зачепила транспортну систему України, відбилася на такому важливому елементі транспортного потенціалу, як кадри. За період 1990-2004 рр. середньорічна чисельність працюючих на транспорті знизилася у 1,9 рази.

Трансформація економіки України в умовах переходу до ринкових відносин висуває нові вимоги до ТДК за рахунок посилення впливу зовнішніх економічних факторів. Визначальним фактором функціонування підприємств ТДК у ринкових умовах стає конкурентоспроможність. Конкурентна боротьба вітчизняного транспорту із зарубіжними представниками у ринкових відносинах спостерігається як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринках транспортних послуг. Особливо жорстко вона проявляється в сфері міжнародних і транзитних перевезень. Крім того, визначилася тенденція активного проникнення зарубіжних транспортних фірм на внутрішній ринок транспортних послуг України.

Адаптація економіки України до ринкових умов багато в чому залежить від рівня розвитку ТДК, який, з одного боку, повинен забезпечувати внутрішні потреби економіки України і її регіонів у перевезеннях, з іншого – виступати як самостійна, конкурентоспроможна галузь на зовнішньому ринку транспортних послуг. Відповідно й участь ТДК в інтеграційних процесах можна розглядати у дворівневій системі. На першому рівні розвиток ТДК розглядається як необхідна умова, що сприяє інтеграції економіки України і її регіонів у регіональні і світові економічні союзи, причому транспортне забезпечення економіки України повинно відповідати стандартам, прийнятим в ЄС. На другому рівні участь ТДК в інтеграційному процесі розглядається з позицій розвитку самостійної галузі, аналогічно до інших галузей економіки, що вільно експортують свою продукцію або беруть участь у транснаціональних компаніях. Характерними формами зовнішньої участі ТДК в інтеграційних процесах є організація транзитних перевезень, транспортно-експедиційне обслуговування закордонних фірм, оренда транспортної техніки та ін. (рис. 1).

Зіставлення фактичних показників транспортної забезпеченості в цілому по ТДК України і по окремих її регіонах з аналогічними показниками ЄС, дозволять визначити ступінь готовності ТДК України до вступу в ЄС, а також намітити основні напрямки і пріоритети досягнень таких цілей в галузевих і регіональних напрямках.

Виходячи з пропозицій на рис. 1, поблочно розглядалися напрямки і форми участі ТДК в інтеграційних процесах.

Регіональні рівні, які характеризують участь ТДК у розміщенні виробничих сил, можна розподілити на місцевий (міський, обласний, районний), національний (державний), міжнародний (регіональні союзи, глобальний (світове співробітництво)).

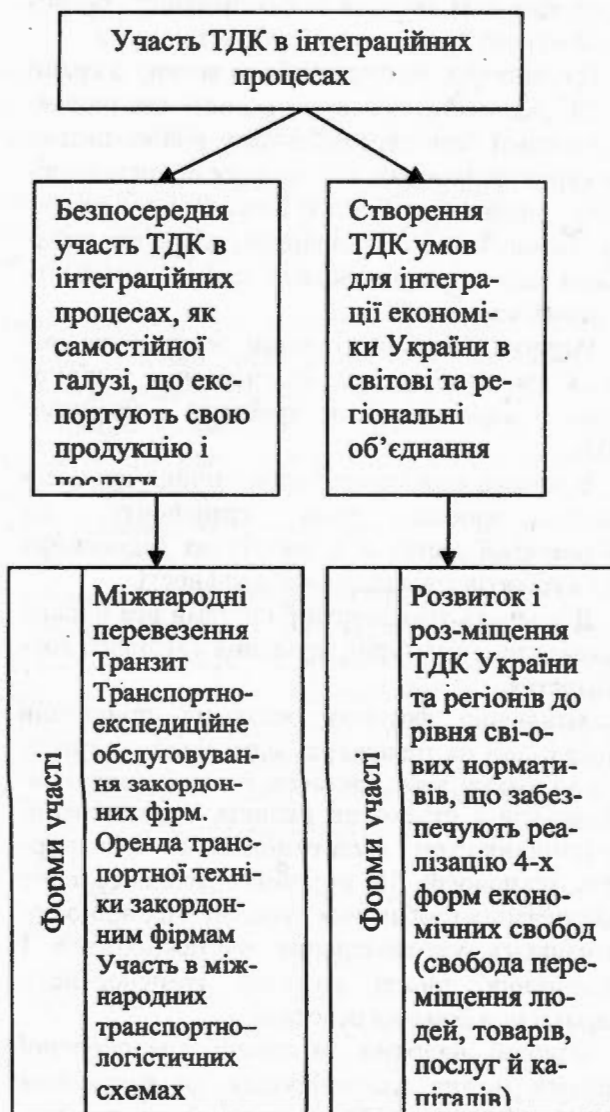


Рис. 1. Напрями і форми участі ТДК в інтеграційних процесах

Для кожного з цих рівнів характерні або специфічні ознаки, або загальні – для двох чи декількох рівнів. Рівні територіальної організації ТДК пов'язані: спільністю географічного положення; спільністю законодавчо-правової та нормативної бази; спільністю економічних, екологічних та політичних інтересів та цілей; спільністю технічної і технологічної бази; спільністю інформаційного простору.

Цілі, завдання та інтереси кожного з перерахованих рівнів, як правило, переплітаються і доповнюються один одним, завдання більш низького рівня переходять на більш високий тощо, тобто мають транзитивний характер. Причому національні, регіональні та глобальні економічні інтереси хоча й мають особливості і розходження, але не є антагоністичними та не суперечать і не виключають один одного. При ретельно розробленій законодавчо-правовій базі і постійному моніторингу за процесами отримання і розподілу доходів економічні інтереси національного, регіонального і глобального рівнів можуть збігатися.

Основою оцінки потреби регіонів в галузях ТДК лежать показники (умовно згруповані під назвою забезпеченості), що відображають рівень транспортного обслуговування економіки та населення регіонів, дозволяють зробити оцінку потенційних транспортних можливостей регіонів. Сукупність цих показників є необхідною для рішення завдань розміщення та визначення стратегічних напрямків в розвитку ТДК регіонів.

Для оцінки транспортної забезпеченості регіонів використовується обмежене коло показників, у тому числі густоти мережі на 1000 км² території і густоти мережі в розрахунку на 10000 жителів регіону. Автором запропоновано розширити коло порівняльних регіональних показників по транспортному обслуговуванню за рахунок введення показників оцінки ефективності та інтенсивності використання транспорту по регіонах, а також обліку в показниках впливу окремих елементів транспортного потенціалу основних виробничих фондів та чисельності працюючих.

Для характеристики транспортної забезпеченості регіонів можна використовувати також показник транспортної доступності, що визначається як середньозважена величина затрат часу на переміщення вантажів та пасажирів в регіоні в залежності від конфігурації розміщення та густоти транспортної мережі. Методи визначення показників транспортної доступності докладно висвітлені в працях В. Н. Бугроменко та інших вчених.

Враховуючи соціальний напрямок планів розвитку України автором розроблена інтегральна оцінка забезпеченості регіонів пасажирським транспортом в розрахунку на 1000 жителів.

Оцінку пропонується робити на різних рівнях: міському, обласному та міжобласному, а також республіканському і міжнародному рівнях.

На міському рівні враховується транспорт – автобуси, маршрутне таксі, тролейбус, трамвай, метро, фунікулер, автомобілі, мотоцикли.

На обласному і міжобласному рівнях враховуються – автобуси, автомобілі, мотоцикли, маршрутні таксі, електро- і дизель-поїзди міського значення, маршрутні річкові теплоходи. В окремих випадках на обласному рівні враховуються і тролейбуси (АР Крим).

На республіканському та міжнародному рівнях враховуються – авіаційний транспорт, залізничний транспорт в дальньому сполученні, автобуси дальнього сполучення, легкові автомобілі, морські та річкові круїзні теплоходи.

Забезпеченість регіонів пасажирським транспортом можна визначати як кількість пасажирських місць на всіх видах транспорту, що припадає на 1000 жителів:

$$d_{\text{ПТі}} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^s T_{ijk} \overline{П_k}}{H_i} \cdot 1000,$$

де $d_{\text{ПТі}}$ – забезпеченість i -го регіону пасажирським транспортом в розрахунку на 1000 жителів; T_{ijk} – кількість транспортної техніки k -ого виду (автомобіль, автобус, вагон метро та ін.) в j -ому сполученні (міське, приміське, міжнародне) i -го регіону України; $\overline{П_k}$ – середня кількість пасажирських місць k -ого виду транспортної техніки (місткість); H_i – кількість жителів i -го регіону.

Універсальність запропонованого методу оцінки забезпеченості регіонів пасажирським транспортом досягається шляхом приведення різних видів та типів пасажирського транспорту до єдиного показника – приведеного пасажиромісця.

Дослідження транспортної забезпеченості регіонів у розрахунку на 1000 км², 1 млн жителів і 1 млрд грн ВВП дозволяють розробити пропозиції щодо раціонального розміщення, вирівнювання розвитку транспорту по економічних районах відповідно до потреби в перевезеннях. Показники ефективності свідчать про недоліки у використанні основних фондів і трудових ресурсах транспорту. Комплексна оцінка рівнів розвитку транспорту та його ефективності в розрізі економічних районів є передпроектним обґрунтуванням, на базі якого розробляється територіальний аспект галузевих програм техніко-економічного розвитку транспорту на середньострокову і довгострокову перспективу.

По другому блоці робіт, які визначають участь ТДК в інтеграційних процесах (рис.1) розглядаються ті напрями, в котрих ТДК виступає як галузь, яка самостійно експортує свою продукцію, послуги.

Із визначених напрямів слід виділити послуги транспорту, які відносяться до транзитних перевезень. Доходи від цих послуг в загальних обсягах експорту транспортних послуг займають більше 90 %, що складає 3,5 млрд дол. США.

Реалізація транзитних можливостей є умовою економічного зростання та підвищення конкурентоспроможності не тільки транспорту, а й усієї економіки України. Транспорт перетворився на самостійну сферу експорту послуг, а транзит став одним із найважливіших її складових.

За своєю суттю транзит є експортом транспортних послуг, що надаються національними компаніями вантажовласнику та перевізнику при слідуванні вантажу і транспортного засобу по території України. Набір цих послуг залежить від рівня розвитку національної товаро-провідної мережі та її якості. Насамперед це послуги національних перевізників, експедиторів, зв'язківців. Крім того, транзит є каталізатором розвитку широкого спектру супутніх послуг із заправлення транспортних засобів паливом, організації торгівлі та харчування, ремонту транспортних засобів і його сервісному обслуговуванню.

Транзит дозволяє ефективно використовувати резерви провізних можливостей національних транспортних систем, стимулює їх відтворення і удосконалювання. Як наслідок цього – активно розвивається транспортне машинобудування і галузі, що її забезпечують.

Транзит треба розглядати не тільки як частину бізнесу, що вносить свій вклад у ВВП, але важливий елемент міжнародного позиціонування країни, який визначає стійкість зовнішньоекономічних зв'язків країни.

Багато країн, особливо європейських, таких як Польща, Німеччина, Угорщина, Чехія, Австрія, Нідерланди, держави Прибалтики, володіючи відносно невеликою територією, використовуючи вигідне географічне положення, давно перетворили транзит в суттєві статті прибутків своїх бюджетів. Зокрема, Нідерланди, не маючи особливих переваг, стали найважливішим транзитним перехрестям Європи. Частка прибутків від транзиту в загальному обсязі експорту послуг Нідерландів становить більше як 40 відсотків.

Про значимість транзиту для економіки України дають уяву наступні показники. Доходи, які отримуються від транзитних перевезень і обслуговування транзитних вантажів та пасажирів в 2004 р. склали 4,0 млрд дол. США, або 7,1 % ВВП України. Це свідчить про те, що транзит є золотою жилкою в економіці країни, яка дозволяє одержувати величезні прибутки при відносно невисоких матеріальних витратах.

Чотири мільярди доларів США за транзит безумовно дуже істотний внесок доходів для України. Разом з тим Україна має колосальні можливості для його збільшення. Навіть в такій країні як Нідерланди аналогічні доходи складають 20 млрд дол. США, хоча транзитний потенціал цієї країни в десятки разів нижче, ніж України.

Попередні розрахунки, проведені РВПС України НАН України, показали, що потенційні додаткові обсяги перевезень транзитних вантажів в Україні складають 120 млн т. Використовуючи сприятливе геополітичне положення країни і вже створену, транспортну інфраструктуру, а також орієнтуючись на перспективні вантажопотоки, необхідно розробити комплекс заходів, що роблять Україну привабливою для країн-транзитерів. Серед цих заходів на перший план висуваються вимоги до якості перевезень, збереженню вантажів, безпеці руху. Широке залучення ТДК до міжнародних транспортно-логістичних схем значно підвищить економічну стабільність України в зовнішньоекономічних зв'язках, внесе суттєвий вклад у формування доходної частини бюджету за рахунок ефективних транзитних перевезень.

Підсумовуючи дослідження можна констатувати, що участь ТДК у розвитку інтеграційних процесів треба розглядати в двох аспектах. По першому напрямку ТДК, як галузь повинен забезпечити економіку країни та її регіонів у вільному переміщенні людей, товарів і послуг як у внутрішньому, так і у зовнішньому секторі економіки. При цьому якість транспортного обслуговування, ступінь задоволення потреб в транспортних послугах по країні та її регіонах повинні наближатися до європейського рівня, інакше вітчизняні транспортні компанії програють в жорсткій конкурентній боротьбі із зарубіжними фірмами не тільки на міжнародному, але й на внутрішньому ринках транспортних послуг.

Увага вчених і спеціалістів в цьому напрямку повинна бути націлена на вивчення регіональної кон'юнктури ринку транспортних послуг, наявності і стану регіональної транспортної ін-

фраструктури, що дозволяє вільний розвиток ринкових відносин у всіх регіонах країни. Особливу увагу треба приділити вивченню методів комплексної оцінки транспортної забезпеченості регіонів, гармонізації техніко-технологічної і організаційно-правової бази транспортного обслуговування за європейськими нормами.

За другим аспектом вивчення проблеми інтеграції Україна повинна проводити активну політику залучення вітчизняних ТДК в міжнародні транспортно-логістичні схеми перевезень. ТДК України повинен бути рівноправним учасником в світового розподілу ринку транспортних послуг і одержувати прибутки, гідні транзитному статусу України. В цьому напрямку першочергова увага вчених і спеціалістів повинна акцентуватися на дослідженні перспектив розвитку міжнародного продуктообміну, що визначають основні транзитні вантажопотоки, створення умов привабливості України для

держав-транзитерів, підготовки транспортної інфраструктури й визначення ресурсної забезпеченості на напрямках активного розвитку транзитних перевезень, а також адаптації організаційно-правової, економічної, техніко-технологічної й екологічної бази ТДК України до європейського рівня.

БИБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бугроменко В. Н. Транспорт в территориальных системах. – М.: Наука, 1987. – 112 с.
2. Новикова А. М. Україна в системі міжнародних транспортних коридорів. – К.: НІМБ, 2003. – 494 с.
3. Пашенко Ю.Є. Розвиток та розміщення транспортно-дорожнього комплексу України. – К.: Науковий світ, 2003. – 467 с.

Надійшла до редколегії 25.06.2007.

СЕЛЕКЦІЯ ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ З УРАХУВАННЯМ ЇХ АДАПТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

У статті запропоновано використання кількісної оцінки адаптивних властивостей інноваційних проектів для розробки концепції оцінки і добору пріоритетних проектних рішень регіонального економічного розвитку. Визначені складові технології селекції проектів з урахуванням їх адаптивних властивостей. Запропонована організаційно-економічна модель дозволяє приймати ґрунтовні рішення відносно інвестування коштів у розвиток підприємств регіону.

В статье предложено использование количественной оценки адаптивных свойств инновационных проектов для разработки концепции оценки и выбора приоритетных проектных решений регионального экономического развития. Определены основные этапы технологии селекции проектов с учетом их адаптивных качеств. Предложенная организационно-экономическая модель позволяет принимать обоснованные решения по инвестированию средств в развитие предприятий региона.

In clause use of a quantitative estimation of adaptive properties innovation of the projects for development of the concept of an estimation and choice of the priority design decisions of regional economic development is offered. The basic stages of technology of selection of the projects are determined in view of their adaptive qualities. The offered economic model allows to accept the proved decisions on investment of means in development of the enterprises of

Вступ

Оцінка ефективності інвестування коштів у реалізацію інноваційного проекту є ключовою задачею при прийнятті управлінських рішень стосовно доцільності впровадження проекту на підприємстві. Для цього, перш за все, необхідно обчислити показник чистої приведеної вартості (NPV) потоку витрат, необхідних для реалізації проекту.

Інноваційні проекти в силу своєї ризикованості потребують розробки і використання специфічних методів їх оцінки. На етапі прийняття рішень про вкладення коштів для реалізації проекту відсутня вичерпна інформація, необхідна для економічного обґрунтування цього рішення. У таких умовах важливим стає оцінка адаптивних властивостей інноваційного проекту.

Під адаптивністю розуміємо процес цілеспрямованого пристосування проекту як системи до складного оточення. Адаптивність разом із стійкістю, динамічною рівновагою, диференціацією і лабільністю формує таке поняття як самоорганізація проекту [2]. Урахування цих чинників при вирішенні проблеми добору і фінансування проектів регіонального розвитку є актуальною задачею, для розв'язання якої пропонується використання оригінальної організаційно-економічної моделі, що дозволяє кількісно обчислити адаптивні властивості інноваційних проектів.

Запропонована модель дозволяє приймати ґрунтовні рішення відносно інвестування коштів у розвиток підприємств регіону.

Постановка задачі

Аналіз існуючих моделей оцінки і селекції інноваційних проектів дозволив зробити висновки, що перш за все існуючі методики або певною мірою, або зовсім не враховують фактори ризику і невизначеності, що притаманні прийняттю інноваційних рішень [1]. Оцінка інноваційних проектів не можлива без урахування ризику і невизначеності зовнішніх і внутрішніх обставин і ситуацій, що змінюються у часі.

Таким чином, для врахування особливостей інноваційної діяльності існує потреба уточнення методики селекції пріоритетних проектних рішень. Для цих цілей пропонується модель кількісної оцінки адаптивних властивостей проекту.

Ступінь адаптивності проекту характеризується різноманітністю умов, до яких може пристосуватися проект в процесі своєї реалізації. Високоорганізовані адаптивні проекти навіть здатні змінювати зовнішнє середовище, щоб не змінювати власний план реалізації, тобто для досягнення своєї мети вони можуть адаптувати зовнішні умови.

Для оцінки адаптивних властивостей проектів необхідно впровадити спеціальну систему моніторингу, що забезпечує спостереження і визначення характеристик об'єкту управління, використовуючи для цього зворотній зв'язок.

Для кількісної оцінки ступеня адаптивності проекту пропонується використання так званого «моменту витрат» [2]. Цей показник висту-

пає специфічною мірою адаптивності проекту, що впроваджується. Доцільність використання вимірників адаптивності проекту пов'язана з невизначеністю і вірогідним характером умов реалізації інноваційних проектів.

Метод розв'язання

Для урахування адаптивних властивостей інноваційних проектів у задачах їх оцінки і селекції пропонується будувати показник «момент витрат» за принципом дисконтування витрат з урахуванням двох коефіцієнтів. Перший – звичайний, що враховує різну значимість витрат за роками їх здійснення, а другий – спеціальний, для кількісної оцінки адаптивних властивостей проекту. Таким чином розрахунок «моменту витрат» здійснюємо за наступною формулою:

$$INV_{\text{витрат}} = \sum_i^T INV_i \cdot D_i \cdot A_i, \quad (1)$$

де INV_i – витрати i -го періоду; D_i – коефіцієнт дисконтування витрат за роками їх здійснення; A_i – коефіцієнт, що враховує адаптивні властивості проекту.

Для обчислення спеціального коефіцієнту A_i використовуємо наступну формулу

$$A_i = \frac{1}{(1 + \xi)^i}, \quad (2)$$

де ξ – середньорічний темп зростання невизначеності майбутніх можливостей реалізації проекту.

Зміст значення ξ можна визначити через уявлення про надійність проекту. Якщо для кожного року інвестиційного періоду визначити надійність умов реалізації цього проекту, то можна отримати ряд значень, що зменшуються – H_1, H_i, H_T . За цими даними можна обчислити темп зростання нашого «незнання» вірогідності реалізації проекту:

$$\xi = \frac{1 - H_i}{1 - H_{i-1}}. \quad (3)$$

Більш повну і змістовну характеристику адаптивних властивостей проекту надає показник «питомого моменту витрат», який пропонується обчислювати за наступною формулою:

$$PNPV_{\text{витрат}} = \frac{\sum_i^T INV_i \times D_i \times A_i}{\sum_i^T INV_i \times D_i} \quad (4)$$

Якщо перспектива характеризується зростанням нашої необізнаності деяких умов майбутньої реалізації проекту, то чим пізніше пла-

нуються витрати (за іншими рівними умовами), тим краще, або чим вище значення показника питомого моменту витрат, тим більш адаптивним є інвестиційний проект.

Необхідно відмітити, що адаптивність проекту у значній мірі визначається динамікою надійності умов його реалізації та множиною способів маневрування ресурсами, на яке здатний той чи інший проект.

Міру маневреності проекту можна визначити наступною композицією:

$$M = \{\Delta \bar{X}_j^+, \Delta \bar{X}_j^-, \Delta \bar{\zeta}\} \quad (5)$$

де $\Delta \bar{X}_j^+, \Delta \bar{X}_j^-$ – вектори граничних маневрів відповідно у напрямку збільшення і зменшення інтенсивності реалізації проекту за об'єктами і способами, що увійшли до базисних умов реалізації; $\Delta \bar{\zeta}$ – вектор припустимої відстані між варіантами реалізації проекту.

Маневрові якості проекту визначаються гранично можливою швидкістю зміни умов його реалізації у часі.

Надійність проекту визначається як потенційна вірогідність виконання плану його реалізації за обсягами і термінами виконання робіт і впровадження основних напрямків науково-технічного прогресу, пов'язаних із проектом.

Надійність проекту H_n можна визначити наступним чином

$$H_n = 1 - \frac{E(\Delta P_n)}{P_n}, \quad (6)$$

де P_n – виконання n -го виду робіт по реалізації проекту, що заплановані; ΔP_n – математичне очікування несвоєчасного виконання, або виконання не в повному обсязі робіт по реалізації проекту.

Частіше за все неможливість своєчасного виконання робіт пов'язана з відсутністю ресурсів (фінансових, людських і таке інше). В цьому випадку надійність проекту можна обчислювати за наступною формулою:

$$H_k = 1 - \frac{E(\Delta S_k)}{S_k \cdot E_k^*}. \quad (7)$$

де $E(\Delta S_k)$ – математичне очікування недоотримання необхідного для реалізації проекту k -го ресурсу S_k ; E_k^* – середній у діапазоні ΔS коефіцієнт еластичності за k -им ресурсом проекту.

Таким чином можна отримати вектор надійності проекту за всіма видами ресурсів:

$$\bar{H}(P) = \{H(P_k)\} \text{ при } k = \overline{1, K}. \quad (8)$$

Надійність проекту у вартісному вираженні

можна визначити за наступною формулою:

$$H(C) = 1 - \frac{E \left[\frac{\Delta S_k}{S_k} \right] \sum_1^K \frac{C_k}{E_k} \cdot P_k}{W}, \quad (9)$$

де $E \left[\frac{\Delta S_k}{S_k} \right]$ – математичне очікування відносноного недоотримання необхідного ресурсу S_k ; C_k – вартісна оцінка одиниці k -го виду ресурсу;
 $W = \sum_1^K C_k \cdot P_k$ – вартість загальної потреби у ресурсах для реалізації проекту.

На показник надійності проекту впливають два основних фактора, а саме:

- еластичність проекту за кожним ресурсом;
- вірогідність отримання різних видів ресурсів за обсягами і часом.

Під еластичністю проекту взагалі розуміється його здатність до визначених «деформацій» без суттєвої втрати можливості реалізації кінцевої мети.

Існують різні способи обчислення показників еластичності проектів. Обираємо варіант, що ґрунтується на оцінці ступеня впливу забезпеченості проекту необхідними ресурсами для його реалізації.

Залежність між відносним недовиконанням n -го виду робіт за проектом ($\Delta P_n/P_n$) і відносним недоотриманням k -го ресурсу ($\Delta S_k/S_k$) характеризує еластичність проекту за зв'язком $P_n \leftrightarrow S_k$.

В кожній точці функції еластичності $F \left[\frac{\Delta P_n}{P_n}, \frac{\Delta S_k}{S_k} \right]$, відношення $g_{nk} = \frac{\Delta P_n}{P_n} : \frac{\Delta S_k}{S_k}$ характеризує жорсткість, а зворотній вираз – еластичність

$$E_{nk} = \frac{1}{g_{nk}}. \quad (10)$$

Таким чином оцінка адаптивних властивостей інноваційного проекту залежить, перш за все, від наших можливостей обчислення надійності проекту як системної його характеристики.

Для оцінки надійності проекту доцільно використовувати методику кількісної оцінки шансів на успіх [3]. Ця методика включає виконання чотирьох основних етапів:

- аналіз зовнішніх умов реалізації проекту;
- аналіз сильних і слабких сторін самого інноваційного проекту;
- аналіз відповідності тенденцій розвитку зовнішнього оточення напрямкам розвитку, які забезпечує реалізація проекту;
- кількісна оцінка шансів на успіх.

Треба зазначити, що використання запропо-

нованої методики потребує попередньої її доробки до умов реалізації конкретного інноваційного проекту, залучення до роботи експертів і розробки програмного забезпечення для розрахунків показників кількісної оцінки адаптивних властивостей проектів.

Висновки

Висхідним моментом формування регіональної науково-технологічної та інноваційної політики мають бути прогнозно-аналітичні дослідження, які здійснюються науковою спільнотою за участі працівників сфери адміністративного регіонального управління. На основі вироблених таким чином прогнозних оцінок формуються пропозиції щодо науково-технологічних та інноваційних пріоритетів подальшого розвитку регіону.

Для формування пріоритетних напрямків регіонального розвитку доцільно мати ефективну модель селекції інноваційних проектів. Запропонований у статті підхід до оцінки і добору пріоритетних проектів дозволяє враховувати адаптивні можливості проектних рішень за допомогою показників їх надійності, маневреності, еластичності до ресурсів, необхідних для реалізації проекту.

Модель селекції інноваційних проектів з урахуванням їх адаптивності дозволяє на практиці втілити системне дослідження проблеми ефективного використання інвестиційних коштів для інноваційного регіонального розвитку.

Для успішного втілення запропонованого підходу у практику регіонального управління необхідно сформувати функціонально-системні зв'язки, що визначають саме науково-технічну та інноваційну політику. Майже всі складові інноваційної політики передбачені українським законодавством, а насправді поки що відсутні прогнозно-аналітичні дослідження, що розглядаються у якості інформаційної бази системи. Моніторингу ходу реалізації програм і їх впливу на ситуацію в регіоні також фактично немає. Все це визначає актуальність запропонованих досліджень і шляхи подальшого їх розгортання.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Сіднев С. П., Шарапов О. Д. Математичні методи підвищення якості управлінських рішень. - К.: 1997.
2. Соколов В. Г., Смирнов В. А. Исследование гибкости и надежности плановых решений. - Новосибирск: Наука, 1990.
3. Устинова Г. М. Информационные системы менеджмента: Основные аналитические технологии в поддержке принятия решений. - СПб.: Издательство «ДиаСофтЮП», 2000.

Надійшла до редколегії 15.05.07.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАПАСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

Стаття присвячена дослідженню актуальної проблеми підприємств – оптимізації запасів на складах. Розглянуті методи раціоналізації, проаналізована можливість їх застосування на підприємствах України, також надані висновки щодо застосування того чи іншого метода в сучасних умовах.

Статья посвящена исследованию актуальной проблемы предприятий – оптимизации запасов на складах. Рассмотрены методы рационализации, проанализирована возможность их применения на предприятиях Украины, также приведены выводы относительно применения того или иного метода в современных условиях.

The article is devoted to research of the issue of the day of enterprises – optimization of supplies on storages. The methods of rationalization are considered, possibility of their application on the enterprises of Ukraine is analysed, conclusions in relation to application of that or other method in modern terms are also resulted.

Проблема оптимизации запасов весьма актуальна для предприятий Украины. При неэффективном управлении ресурсами, излишки запасов вызывают замораживание денежных средств в запасах, ухудшая показатели ликвидности и деловой активности предприятия.

Появление излишков запасов обычно связано с ошибками в прогнозировании спроса или отсутствием гибкого графика выпуска продукции. Практика показала, что чрезмерно большие запасы готовой продукции чаще всего являются результатом неэффективного управления ресурсами, отсутствия взаимосвязи между производственными и сбытовыми процессами.

В действительности не только слишком большие, но и слишком малые запасы негативно сказываются на результатах работы предприятий. Дефицит сбытовых запасов в условиях жесткой конкуренции предприятий-производителей приводит к потере потенциальных клиентов из-за отсутствия необходимого товара на складе и их переключению на товары-аналоги, производимые конкурентами.

Сбытовые запасы создаются на предприятиях и предназначены для обеспечения бесперебойных поставок продукции. В основном это готовая продукция, отгружаемая в больших объемах.

В случае дефицита сбытовых запасов предприятие теряет возможную прибыль, которую могло бы получить при наличии достаточного количества запасов готовой продукции.

Другими словами, существует определенный оптимальный размер запасов, при соблюдении которого предприятие сокращает затраты и увеличивает свою прибыль.

«Количество денег, замороженных в тысячах единиц производственных запасов, комплектующих и сырья может вырастать в очень большие

цифры. Все, что делается для поддержания уровня запасов предельно низким, может уменьшить затраты за счет уменьшения выплат процентов и освобождение дорогих мест на складе. Но если уровень запасов слишком низкий, это может привести к торможению производства, когда материалов не хватает в нужное время.

Можно посоветовать иметь несколько независимых поставщиков для каждого материала: если у одного из них произойдет забастовка или авария, это не очень отразится на поставках. Методом наблюдения за операциями с помощью компьютера несложно рассчитать оптимальный уровень запасов для каждого материала в соответствии с потребностями производства и требованиями экономии». (С. Паркинсон, М. Рустомджи).

Производственные и торговые предприятия обычно инвестируют немалые средства соответственно в производственные и товарные запасы. Это обусловлено разными причинами, например: удаленностью поставщика и невозможностью доставки необходимого сырья, материалов или товара в момент, когда в них возникает потребность; нестабильными связями с поставщиками и неуверенностью, что поставщик обеспечит необходимым сырьем или материалом соответствующего качества в нужный момент; ожидаемым повышением цен на сырье, материалы или товары; риском нехватки ресурсов в случае неожиданного увеличения спроса и т. д. В связи с этим система планирования и контроль приобретения, производства и реализации запасов существенно определяют успех предприятия, особенно при условии нестабильной экономики и жесткой конкуренции.

Исходя из этого, основной целью управления запасами является их нормирование, что означает

определение размера запаса, который должен быть не только достаточным для нормальной деятельности предприятия, но и минимальным.

Популярный метод управления запасами – метод экономического размера заказа (метод EOQ). Оптимальный размер заказа определяет размер партии поставки, при котором общие затраты на выполнение заказа и хранение запасов будут минимальными.

Экономический размер заказа – это количество заказанных запасов, которое обеспечивает оптимальную комбинацию затрат на приобретение и хранение их.

Для определения оптимального уровня заказа запасов необходимо учитывать релевантные затраты на их приобретение и хранение.

Релевантными являются только те затраты, которые изменяются в зависимости от уровня запасов.

Затраты на закупку запасов, как правило, нерелевантны, так как затраты на приобретение единицы запасов не меняются, за исключением тех случаев, когда при закупке большого количества материалов или товаров покупателю предоставляются скидки.

Затраты на заказ запасов включают в себя затраты на оформление документов и осуществление расчетов, связанных с заказом.

Релевантными затратами на заказ запасов, произведенных самим предприятием, обычно являются затраты на перенастройку оборудования для выпуска определенной партии изделий.

Часть затрат на хранение запасов нерелевантна (например, заработная плата кладовщика, амортизация оборудования и постоянная арендная плата за оборудование и помещение).

Релевантные затраты на хранение запасов включают: дополнительные затраты на страхование запасов, на содержание складских помещений, на обработку материалов; потери от обесценивания запасов; возможная потеря прибыльности инвестиций (эти затраты отражают прибыль, потерянную из-за инвестирования средств в запасы, а не использование их в других направлениях).

Потери от недостачи запасов – возможные потери из-за отсутствия достаточного количества запасов для удовлетворения производственных нужд или потребностей клиентов.

Такие затраты включают: потерянный доход от продажи; штрафные санкции за несвоевременную доставку продукции заказчику; сверхнормативные затраты в связи с заменой материалов более дорогими; потери от простоев.

Потери от недостачи запасов не учитываются при определении экономического размера заказа, но берутся во внимание при вычислении момента размещения заказа.

Итак, оптимальный размер заказа определяется теми затратами, на которые влияет или количество запасов, которые хранятся, или количество выполненных заказов. Чем больше количество единиц заказывается одновременно, тем меньше заказов необходимо сделать за год, то есть уменьшаются затраты на выполнение заказа. Оптимальным размером заказа будет такое заказанное количество, по которому общие затраты на заказ и хранение запасов будут минимальными.

Используя модель экономического размера заказа, необходимо учитывать, что эта модель базируется на определенных предположениях, а именно: потребность в запасах, затраты на заказ, затраты на хранение запасов – величины постоянные и известные; производственные мощности и мощности для хранения запасов неограничены.

Так как на практике эти предположения не всегда существуют, модель экономического размера заказа часто применяют в модернизированном виде, то есть с учетом конкретных условий поставок, в частности в случаях, когда: заказ на продукции или материалы можно делать только определенными партиями (1 тонна, 1000 шт); предоставляются скидки при закупке большими партиями; возможности предприятия относительно размещения экономического размера заказа ограничены. Когда есть определенные ограничения относительно размещения заказа, расчет размера заказа может отличаться от модели экономического заказа. В этом случае необходимо определить годовую совокупную стоимость заказа на уровнях, высшем и низшем, чем оптимальный размер заказа.

На практике потребность предприятия в определенных видах запасов часто колеблется от одного операционного цикла к другому. Если запасы использовались быстрее, чем ожидалось, может возникнуть нехватка запасов. Это может произойти в случае увеличения темпа потребления запасов или несвоевременной поставки их на предприятие. Результатом нехватки запасов является потеря дохода от продажи и неудовлетворение потребителей.

Для минимизации риска нехватки запасов предприятие должно иметь резервный запас, то есть страховой на случай увеличения спроса или времени выполнения заказа, а также для выполнения специальных заказов. При этом момент

размещения заказа определяется критическим уровнем запаса, при котором нужно сделать очередной заказ на пополнение запасов.

Образование резервных запасов приводит к дополнительным затратам на хранение, которые могут быть значительными. Поэтому резервные запасы будут экономично выгодными только тогда, когда затраты на их хранение не превышают ожидаемых потерь от нехватки запасов.

Модель экономического размера заказа дает ответ на вопрос: сколько необходимо заказывать, но не обеспечивает информацию относительно момента размещения заказа.

Момент размещения заказа – момент, когда необходимо сделать заказ для пополнения запасов. Его определяют такие факторы: экономический размер заказа; время выполнения заказа; расход запасов на протяжении периода выполнения заказа.

Момент размещения заказа – это произведение времени выполнения заказа на расход запасов за единицу времени.

В случае наличия резервного запаса момент размещения заказа является момент, когда объем запасов предприятия достиг уровня, которого хватит только на время выполнения заказа плюс резервные запасы, которые удерживаются на постоянном уровне как на конец, так и на начало периода. Если заказ размещается именно по такому уровню запасов, то когда этот заказ будет выполнен, уровень запасов (не учитывая резервные) будет равен нулю.

Использование модели экономического размера заказа не всегда целесообразно и возможно. Например, в современных супермаркетах, которые имеют в ассортименте несколько тысяч наименований товаров, большую часть запасов составляют продукты питания, срок хранения которых ограничен. Поэтому для продуктового супермаркета спрогнозировать потребность в товарах на квартал достаточно сложно.

Поэтому основным фактором, на который обычно ориентируются супермаркеты в управлении запасами, является переменный потребительский спрос. Чтобы управлять широким ассортиментом продукции, супермаркеты используют компьютерную программу, которая дает возможность отслеживать движение товаров с момента поступления их на склад до момента реализации.

Поскольку при значительной номенклатуре запасов использование модели экономического размера относительно каждого наименования

проблематично, на практике часто используют ABC-анализ.

Украинские компании каждая по-своему подходят к пониманию значимости проблемы управления запасами и по-разному ее решают. Чем больший дефицит в оборотном капитале испытывает фирма, тем быстрее она обращает внимание на запасы. Чаще всего на первом этапе это проявляется в нормировании общей величины оборотного капитала, вкладываемого в запасы. Нормируется величина оборотного капитала, которую компания, исходя из стратегических целей или текущего финансового состояния, в состоянии выделить на закупку материальных ресурсов и, как следствие, на формирование запасов. Но эти ограничения в ряде случаев прописываются не относительными, а абсолютными значениями, которые закладываются в бюджеты соответствующих структур. Например, отделу закупок выделяется на каждый месяц строго фиксированная сумма на закупку сырья и материалов, которую они вправе расходовать по своему усмотрению.

Однако введение этих ограничений требует проведение работы по оптимизации запасов «снизу» – менеджеры начинают выяснять, какие запасы, в каком количестве, какой стоимости, какого качества и как долго хранятся на складе. Идентифицировать запасы, классифицировать и структурировать их помогает ABC-анализ.

Суть этого метода в том, что, в зависимости от стоимости приобретения, все запасы делятся на 3 категории: А, В, С.

Так, 10 % всех статей запасов (А) составляют 73 % всей стоимости, 20 % статей (В) – 19 % и 70 % статей (С) – 8 %. Это означает, что самый строгий контроль должен осуществляться относительно категории А.

Поэтому для запасов категории А очень тщательно определяются размеры и моменты заказов. Затраты на заказ и хранение запасов пересматривают каждый раз при размещении очередного заказа.

Для запасов категории В определяют экономические размеры заказов и момент выдачи повторного заказа. Переменные величины пересматривают раз в квартал или раз в полгода. Предусматривается установление обычного контроля и получение качественной информации о запасах, что дает возможность своевременно определять основные изменения в использовании материальных запасов.

Относительно категории С никаких формальных расчетов не делают. Размер повторного заказа обычно рассчитывается таким обра-

зом, чтобы поставки осуществлялись на протяжении 1-2 лет. Проверку наличных запасов проводят периодически раз в год.

Некоторые компании делят все запасы уже не на три группы, а на четыре, выделяя группу D, к которой относят неликвиды, называемые также «мертвым» запасом.

Многие фирмы с успехом используют этот метод как в его классическом варианте, так и с различными модификациями, исходя из особенностей конкретной деятельности. Для установления приоритетов по закупке и выбора метода закупок многие фирмы классифицируют товары не по их доле в общей стоимости, а по их доле в общей массе полученной прибыли или маржинального дохода. Таким образом, денежные средства в первую очередь выделяются на покупку высокорентабельных или быстрооборачиваемых товаров, приносящих компаниям наибольший доход. Возможна и дальнейшая классификация товаров в зависимости от сложности их закупок. Для дефицитных товаров, относимых к группе А по рентабельности и оборачиваемости, то есть приносящих максимальный доход фирме, практически снимаются все ограничения на закупку. Классификационным признаком может выступать и коммерческий риск невыполнения фирмой собственных договорных обязательств вследствие срывов поставок ей сырья, материалов, товаров. Практика открывает все новые и новые возможности использования универсального ABC-метода, который позволяет не только формализовать задачу выбора приоритетов пополнения запасов, но и применять объективное решение по закупке следующей партии. Дальнейшая детализация: расчет норм хранения запасов и размера заказа происходит в компаниях по мере накопления достоверной статистической информации и освоения современных технологий управления запасами.

Одной из самых сложных систем управления запасами является система планирования потребностей в материалах (ППМ). С помощью компьютера эта модель дает возможность связать графики закупки и производства, непосредственно образуя при этом систему формирования себестоимости.

ППМ – это система управления непрерывным процессом путем заказов тех компонентов, которые необходимы для обеспечения непрерывного производственного процесса. Это могут быть заказы как на компоненты, которые закупаются, так и на компоненты, которые изготавливаются. В системе ППМ сначала опреде-

ляют количество готовой продукции и ее распределение по терминам производства, а потом определяют потребность в сырье и компонентах на каждой стадии производства.

Важным предусловием практического внедрения системы ППМ является наличие необходимой информации, а именно: график основного производственного процесса, который определяет количество и время изготовления готовой продукции; предельные нормы использования материалов, которые определяют количество и состав сырья и компонентов, необходимых для каждого вида продукции; данные относительно каждого субкомпонента, агрегата и детали, в частности информации о фактическом их количестве, ожидаемые поступления и количество запасов, которое уже распределено для выполнения заказов, но еще не списано со счета запасов; информация относительно основных компонентов, которая включает запланированные циклы запасов всех видов материалов, которые необходимо будет закупить, а также всех субагрегатов и компонентов, которые необходимо будет изготовить самим предприятием.

Модель экономического размера заказа можно применять в системе ППМ для определения оптимального количества компонентов, которые изготавливаются или закупаются, и которые необходимы для запланированного производства. Однако в этой ситуации необходимо быть предельно внимательным относительно рассмотренных ограничений модели. В частности, эта модель не сработает, если большинство компонентов зависимы, то есть используются в производстве нескольких продуктов или агрегатов, спрос на которые на протяжении определенного периода колеблется.

Проанализировав это бухгалтер-аналитик при создании и внедрении модели ППМ выполняет две важные функции.

Первая заключается в сборе детальной информации относительно запасов незавершенного производства и готовой продукции, а вторая – в оценке затрат на хранение запасов, настройку оборудования и стоимости инструментов.

Практика свидетельствует о том, что фактором успешного использования ППМ является объединение усилий менеджеров и бухгалтеров на ранних стадиях внедрения этой системы.

Многие компании пытались внедрить систему «точно вовремя», которая исключает хранение запасов на складах за счет своевременных поставок на всех стадиях деятельности, однако в большинстве случаев затраты на обеспечение своевременных поставок превышали

затраты на складское хранение минимально необходимых запасов.

Рассмотренные модели управления запасами предусматривают затраты на их хранение, учет, инвентаризацию и т.д., которые могут быть значительными. Поэтому увеличивается количество компаний, которые применяют систему «как раз вовремя», что предусматривает отсутствие стадии хранения запасов путем организации своевременных поставок на всех стадиях деятельности.

Основная проблема при поиске оптимальной величины запасов – прогнозирование спроса, величина которого носит вероятностный характер. В известных моделях оптимизации запасов целевая функция ориентирована на снижение общих затрат по управлению запасами (расходы, связанные с хранением и организацией заказов) и в некоторых случаях на предупреждение экономического ущерба, обусловленного отсутствием запаса. Такой подход позволяет найти оптимальную норму запаса аналитическим методом, что заметно упрощает процедуру расчета.

До утверждения руководством предприятия совокупного норматива оборотных средств нельзя установить нормы производственных запасов до тех пор, пока не будут проведены все расчеты и проанализированы полученные нормы и нормативы, вложенных в запасы материальных ресурсов, денежные средства в кассе, на расчетных счетах в банках и т.д. Этими нормативами руководители соответствующих подразделений и должны руководствоваться при выполнении своих функций.

В процессе формирования нормативной базы по запасам и оборотным средствам на предприятиях Украины можно выделить следующие организационные этапы: подготовка исходной информации, необходимой для расчетов норм; выполнение предварительного расчета норм (первая итерация расчетов норм); анализ выполненных расчетов, выбор марок материальных ресурсов, в исходной информации о которых есть ошибки при вводе; внесение исправлений, учитывающих изменение условий снабжения в плановом году, которые не были учтены в первом расчете; внесение соответствующих исправлений во входную информацию, в которой обнаружены ошибки, и расчетов уточнение расчетов норм по исправленной информации (вторая итерация); выбор источников формирования оборотных средств по результатам выполненных расчетов норм и устанавливаемых норм и уровней надежности обеспечения запасами и оборотными средствами; ут-

верждение руководством предприятия норм запасов, норм и нормативов оборотных средств.

Согласно новым методическим подходам предлагается определять функциональную зависимость специфицированной нормы оборотных средств от уровня надежности обеспечения, что открывает большие возможности для предприятия в маневрировании при управлении оборотными средствами.

Под надежностью обеспечения запасами следует понимать относительное количество дней в году, в течение которых предприятие будет обеспечено запасами определенной марки материальных ресурсов при установленной норме.

Правильное определение норматива имеет важное значение для нормальной деятельности предприятия. Если норматив окажется меньше действительной потребности, то предприятие не сможет создать необходимых запасов материалов, а также своевременно рассчитаться с поставщиками, своими работниками и будет постоянно испытывать финансовые затруднения. А если норматив завышен, то это приведет к созданию чрезмерных запасов, отвлечению средств из оборота. Без запасов материальных ценностей невозможно обеспечить непрерывность производственного процесса. Но средства, вложенные в запасы, непосредственно не участвуют в процессе производства, они бездействуют.

Также при определении оптимального размера запасов используют имитационное моделирование, которое позволяет оценить статистические параметры движения запасов на основе первичной бухгалтерской информации и проводить моделирование по любому количеству товарно-номенклатурных групп или по всему объему продаж предприятия.

Спрос на продукцию – случайная величина. На нее кроме целенаправленных действий самого предприятия, определяемых его сбытовой политикой, оказывают влияние сезонность, покупательная способность населения, действия конкурентов. Предсказать точную величину спроса в планируемом периоде невозможно.

На размер запасов кроме спроса оказывает влияние динамика выпуска продукции. В случае согласованности между сбытовыми и производственными процессами предприятия и при наличии резерва производственных мощностей увеличение спроса может привести к быстрому росту выпуска продукции без существенного увеличения сбытового запаса. При неизменном спросе предприятия иногда содержат некий минимум сбытовых запасов для решения непредвиденных задач, например, для

выполнения специального заказа. Так, минимум сбытовых запасов содержат предприятия, на которых внедрены передовые системы позаказного производства, в которых процесс производства начинается лишь после получения заказа на продукцию.

Предприятия массового производства также могут управлять объемами выпуска продукции на основании прогнозирования сезонных колебаний спроса, тем самым минимизируя размер сбытовых запасов (проводить политику сезонного найма персонала и арендовать в пик деловой активности дополнительные производственные мощности, избавляясь от необходимости формировать резервный сбытовой запас во время спада продаж).

Уровень согласованности между сбытом и производством можно также измерять путем сравнения стандартного отклонения продаж. Если величина отклонения сбыта от производства значительна, то производственные процессы предприятия не согласованы со сбытовыми.

При разработке простейшего варианта модели оптимизации запасов приняты два допущения:

- 1) годовой план выпуска продукции базируется на прогнозных данных о спросе в будущем году, поэтому совокупный годовой объем производства предполагается равным прогнозу сбыта продукции на будущий год;

- 2) для равномерной загрузки производственных мощностей выпуск продукции осуществляется одинаковыми темпами в течение года.

Для применения модели необходимо уяснить величину запаса с определенными затратами. В зависимости от начального запаса, спроса и объема производства прогноз запаса на конец каждого месяца может принимать положительное или отрицательное значение. Если величина запаса больше нуля, то в течение данного месяца предприятие будет иметь излишек товара, который не востребован покупателями. Из оборота предприятия будут отвлечены денежные ресурсы, которые могли бы быть использованы для получения дохода, и предприятие понесет затраты, связанные с омертвлением капитала.

Следует обратить внимание на то, что процесс увеличения запаса вызывает отток денежных средств не в размере полной себестоимости запаса, а лишь в размере переменных затрат к ней. К переменным затратам обычно относят прямые материальные затраты, прямые расходы на оплату труда и прочие прямые затраты.

Если прогнозируемая величина запаса на конец месяца принимает отрицательное значение, то предприятие испытывает дефицит това-

ра, необходимого для удовлетворения спроса. Размер дефицита – объем неудовлетворенного спроса в месяц. В таком случае величина потерь в течение месяца будет равна сумме недополученной маржинальной прибыли из-за отсутствия необходимого количества товара на складе предприятия. Эту прибыль можно оценить как произведение двух показателей: прогнозируемой величины дефицита запаса и коэффициента, характеризующего отношение маржинального дохода к доходу от реализации.

Критерием оптимизации размера сбытового запаса служит минимум суммарных годовых затрат, включающих потери маржинальной прибыли и затраты, вызванные омертвлением капитала.

Практика некоторых предприятий показала, что для расчета оптимальной нормы запаса нужно установить различные величины сбытового запаса на начало планируемого периода путем перебора отчетных данных за прошлые периоды, затем провести моделирование возможной динамики запасов и продаж на протяжении года по каждому значению начальной нормы запаса и рассчитать суммарную величину затрат для полученных значений. Запас, которому соответствует минимум суммарных годовых затрат, будет оптимальным. Чтобы увеличить точность расчетов, необходимо учитывать динамику запасов не за один год, а за большой период (3...5 лет) и определить среднегодовую сумму затрат для каждого нормативного значения.

Разработанная методика и модель могут быть применены также для оптимизации производственной программы предприятия во времени. В случае, если спрос на продукцию характеризуется сезонными колебаниями, целесообразно внести в модель поправку на сезонность спроса, что позволит проводить более точные расчеты запасов, а также рационально спланировать производственную программу.

По мнению аналитиков, Украина имеет свои особенности управления запасами и оборотными средствами. Они обусловлены отсутствием коротких коммуникаций, трудностями прогнозирования и планирования потребительского спроса, постоянным ростом налогов, размеров арендной платы, транспортных тарифов, процентных банковских ставок.

Многие предприятия испытывают острый дефицит собственных оборотных средств. Весьма слабое место в современной практике управления запасами и оборотными средствами – нехватка у предприятий оперативной и достоверной информации о состоянии и тенденци-

ях предстоящих изменений на рынке сырьевых и товарных ресурсов.

Нестабильны и часто довольно непредсказуемы меры государственного регулирования товарного обращения в стране. Вместе с тем перечисленные особенности не могут служить основанием для отказа от использования логистического подхода к управлению запасами. Отождествляя такой подход с методом поставки ресурсов «точно в срок», он противопоставляется нормативному подходу. Коренное отличие логистического подхода от нормативного заключается в том, что логистический подход оптимизации ресурсных запасов базируется на данных их реального потребительского спроса (настоящих и предстоящих заказов рынка). Нормативный же подход опирается на анализ ретроспективных данных такого спроса и их прогнозирования на основе теории вероятностей. Иначе говоря, нормативный подход пригоден преимущественно в условиях централизованной, директивно-плановой экономики, которая не существует у нас. Авторы считают нецелесообразным применение нормативного

подхода в Украине, так как обработка статистических данных с экстраполяцией их значений на перспективу не всегда может служить достоверной основой для принятия оптимальных решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голов С. Ф. Бухгалтерский учет по международным стандартам / С. Ф. Голов, В. М. Костюченко – К.: Экаунтинг, 2000. – 384 с.
2. Голов С. Ф. Финансовый и управленческий учет / С. Ф. Голов, В. И. Ефименко. – К.: «Автоинтер-сервис», 1996. – 544 с.
3. Научно-популярный журнал «Логистика», 2002, № 4; 2004, № 1.
4. Нидлз Б. Принципы бухгалтерского учета: Пер. с англ. / Б. Нидлз, Х. Андерсон, Д. Кол-дуэлл. Под ред. Я. В. Соколова. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 496 с.
5. Энтони Р. Учет: ситуации и примеры / Р. Энтони, Дж. Рис. // Пер. с англ. / Под ред. А. М. Петрачкова. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 560 с.

Поступила в редколлегию 30.05.2007.

ПРИРОДА ПОДАТКІВ, ФУНКЦІЇ Й ПРИНЦИПИ ОПОДАТКУВАННЯ

Визначені критерії відмінності податкових платежів від неподаткових, розкрита економічна природа податку, визначена суть побудови системи оподаткування.

Определены критерии отличия налоговых платежей от неналоговых, раскрыта экономическая природа налога, сформулирована суть построения системы налогообложения.

The criteria of tax payments differences from non-tax ones were determined, economic nature of charge was revealed, the essence of construction of the system of levy was formed.

Із усього різноманіття фінансових проблем, які сьогодні виникають на підприємствах, найважливішими є природа податків, функції й принципи оподаткування.

Дослідження природи податків фінансова наука проводить у сфері вчення про державу. Відомо, що з виникненням держави й державного апарата починається формування системи перерозподільчих відносин (розподіл уже розподіленого ВВП), що з розвитком товарно-грошових відносин виступає, як правило, у грошовій формі. Основним методом перерозподілу ВВП є пряме вилучення державою певної частини внутрішнього валового продукту для формування цільових централізованих фінансових ресурсів, що й становить сутність оподаткування.

Складності розгляду природи податків полягають у тому, що податки - це одночасно економічне, господарське й політичне явище, на що ще в XIX столітті вказував російський економіст М. М. Алексеєнко [1, с.25].

Певний внесок у розвиток науки про податки внесли представники англійської класичної політекономії А. Смит і Д. Рикардо. Перший виділив п'ять принципів оподаткування [12], а також вони виступали проти непрямих податків, які зменшують обсяги споживання.

Вагомий внесок у розвиток природи податків зробив А. Вагнер, який вважав, що «податки, як обов'язкові платежі, вилучаються державою частково для покриття державних видатків, частково для покриття суспільних потреб» [7, с.42]. Тобто відзначає крім фіскального характеру податків їхню розподільчу функцію.

На відміну від А. Вагнера Е. Сакс обґрунтував податок на чисто економічних явищах. Він казав: «Держава задовольняє певні потреби особи, а особа, у свою чергу, за це оплачує їй повну суму коштів у вигляді податків» [7, с.64]. Таким чином, визначення податків базується на

понятті обміну між державою й фізичною і юридичною особою.

Певний внесок у розвиток теорії податків зробили представники шведської школи - К. Віксель і Е. Ліндаль, які вважали, що головною проблемою оподаткування є досягнення справедливості [7, с.42].

Найбільшу популярність одержала податкова концепція американського економіста А. Лаффера, що обґрунтував і графічно досліджував залежність між рівнем оподаткування й доходами бюджету.

У розвиток податкової теорії в свій час внесли певний внесок економісти Росії М. Алексеєнко, М. Тургенєв, І. Озеров, СРСР - В. Андрущенко, В. Сутормина, В. Федоров і України - В. Буряковский, С. Каламбет, К. Ковальчук, А. Поддєрьогін, Р. Тянь і інші.

Однак і на сьогоднішній день розгляд природи податків, функцій і принципів оподаткування не втратило свого значення.

Податки являють собою тільки один з видів економічного примушення. Крім податків існують і інші види вилучень до державного бюджету. У зв'язку з різноманіттям форм вилучень у дохід держави виникає необхідність визначити: що ж є безпосередньо податком, а що неподатковими, хоча й обов'язковими платежами.

Проблема заключається в тому, що податок - категорія комплексна. Розглядаючи категорію податку з економічної точки зору, можна зробити висновок про те, що виділити його зі складу інших державних вилучень, а також установити його відмінність від інших зборів, мита і платежів досить складно. На думку професора А. Козака, податки як «найважливіша вартісна економічна категорія» являє собою грошові відносини, за допомогою яких держава безоплатно вилучає частину національного доходу для фінансового забезпечення реалізації своїх функцій [5, с.185]. У той же час А. Дада-

шов у розділі «Сутність податків і принципи оподаткування» визначає податок як вилучення державою на користь суспільства певної частини внутрішнього валового продукту у вигляді обов'язкового внеску [7, с.47]. Отже, при встановленні економічної сутності податків найважливішим критерієм виступає їхня приналежність до фінансово-бюджетної системи суспільства.

Без чіткого визначення терміна «податок» неможливо правильно й одноманітно застосовувати норми законодавства, що регулюють порядок установа й стягнення податкових платежів, та визначають обсяг повноважень і компетенцію податкових органів, неможливо, зокрема, правильно встановити фінансову відповідальність за порушення строків оплати обов'язкових платежів. Так, фінансова санкція у вигляді пені в розмірі 120 відсотків дисконтної ставки НБУ стягується тільки за прострочення податкових платежів, тоді як при простроченні внесення неподаткових платежів повинна стягуватися пеня в розмірі 0,05 відсотка за кожний день прострочення.

У статті 2 Закону України «Про систему оподаткування» наведене нормативне визначення податку: «Під податком і збором (обов'язковим платежем) у бюджеті й державні цільові фонди варто мати на увазі обов'язковий внесок у бюджет відповідного рівня або в державний цільовий фонд, здійснюваний платниками в порядку й на умовах, визначених законами України про оподаткування». Іншими словами, податок являє собою обов'язковий платіж, що стягується державою з юридичних і фізичних осіб.

Попереднє визначення податку є вкрай невдалим, оскільки не розкриває істотних ознак податку й не дає ніяких критеріїв відмінності податкового платежу від неподаткового. Зокрема, якщо порівнювати природу податків у суспільному їхньому розумінні (податок на прибуток, податок із власників транспортних засобів і ін.) і, наприклад, збори в пенсійний фонд, фонд соціального страхування, мита, економічні платежі й фінансові санкції, то немає ніяких принципових відмінностей між ними у світі порушеної ст. 2 Закону України «Про систему оподаткування»

У зв'язку з явно недостатнім висвітленням нормативного тлумачення категорії «податок» економічна наука змушена уточнювати визначення сутності податку. На думку С. Пепеляєва, «податок - єдино законна (установлена законом) форма відчуження власності фізичних і

юридичних осіб на засадах обов'язковості, індивідуальної безплатності, безповоротності, забезпечена державним примусом, але не носить характеру покарання або контрибуції, з метою забезпечення платоспроможності суб'єктів публічної влади» [9, с.24].

Таке найбільш оптимальне визначення податку представляється все-таки неповним. Характеристика податку дається шляхом виключення («не носить характер покарання або контрибуції») і не відображає позитивних його ознак, які б дозволяли точно встановити, чим податок відрізняється від іншого неподаткового платежу.

Огляд літературних джерел показав, що у світовій практиці оподаткування вироблені два основних підходи до тлумачення економічної сутності податку: розширювальний і вузький.

Розширювальний підхід до поняття податків передбачає віднесення до них будь-яких вилучень коштів для фінансування публічних витрат. При такому підході будь-який внесок, відрахування, збір, тариф підпадають під поняття податків. Стаття 1 Закону України «Про систему оподаткування» передбачає саме таке трактування.

Вузький підхід дозволяє розглядати податок як одну з різновидів фіскальних платежів, що відповідає певним вимогам. Вибір відповідного підходу багато в чому визначається конкретними особливостями національного законодавства. Так, якщо виходити зі змісту ст. 15 Закону України «Про систему оподаткування», то можна зробити висновок, що місцеві збори податками не вважаються [3, с.486].

Основним і єдиним критерієм відмінності податку від іншого неподаткового платежу виступає ознака нормативно-галузевого регулювання. Податкові відносини, у тому числі стягнення податків, регламентується нормами податкового законодавства, у той час як неподаткові обов'язкові платежі регулюються нормами інших галузей законодавства, зокрема, екологічного, патентного й ін. Відповідно до цього критерію обов'язковий платіж здобуває статус податкового тільки у двох випадках, коли:

а) цей платіж законодавчо включений у податкову систему. Закон України «Про систему оподаткування» передбачає в статтях 14 і 15 закритий перелік податків;

б) цьому платежу статус податкового приданий у спеціальному порядку, що відповідає діючому податковому законодавству.

На підставі викладеного можна констатувати, що податок – це обов'язковий платіж у бюджет (цільовий централізований фонд) за умови, що даний платіж безпосередньо входить у податкову систему держави й установлений відповідним податковим законодавством.

В окрему групу виділяються разові державні вилучення - платежі, що стягуються державою в особливому порядку й, як правило, у надзвичайних ситуаціях, а також як покарання. Прикладом разових вилучень можуть служити ревізії й конфіскації. Широко поширені також штрафи. Розходження між податками й штрафами варто шукати, насамперед, у приводі вилучення. Приводом податкового платежу є перерозподіл національного доходу, а приводом сплати штрафу – здійснення того або іншого правопорушення.

Слід зазначити, що на ряду з категорією «податок» у законодавстві часто застосовуються терміни «збір», «мито», «податковий збір», «податковий платіж» і ін. Збори й мито звичайно стягуються державними й місцевими органами й установами за надання законно встановлених послуг або надання певного права. Обов'язковість сплати мита і зборів настає безпосередньо в результаті вільного вибору платника. Обов'язок же по сплаті податку виникає в кожному разі при наявності в платника податків об'єкта оподаткування. Істотною ознакою податку є невідшкодування його сплати.

Різноманіття існуючих податків викликає необхідність їхньої класифікації (угруповання) по видах на певній основі. У сучасній теорії й практиці оподаткування відзначаються наступні ознаки класифікації податків:

- за формою оподаткування: прямі й непрямі;
- по суб'єктах оподаткування: податки з фізичних осіб, податки з підприємств і організацій, змішані податки;
- по органу, що встановлює й конкретизує податки: державні й місцеві;
- по цільовій спрямованості податку: загальні, спеціальні.

Розглядаючи податки як інструмент вартісного розподілу й перерозподілу внутрішнього валового продукту й національного доходу держави необхідно відзначити, що в той же час оподаткування виконує кілька функцій, у кожній з яких реалізується те або інше призначення податків. Необхідно відзначити, що в офіційних документах про оподаткування функції податків не визначені. Однак, у спеціа-

льній літературі, підручниках і наукових статтях автори називають ряд функцій, що їх виконують податки. Взаємодіючи, ці функції утворюють у своїй сукупності взаємозалежну систему, що виконує наступні основні функції: фінансову (бюджетну), розподільну (соціальну), що регулює (економічну), контрольну, заохочувальну [6, с. 4].

За допомогою фінансової функції реалізується головне призначення податків: формування й мобілізація фінансових ресурсів держави, а також акумулювання в бюджеті коштів для виконання загальнодержавних і цільових державних програм.

Розподільна (соціальна) функція оподаткування відображає перерозподіл суспільних доходів між різними категоріями населення.

Регулююча (економічна) функція оподаткування спрямована, у першу чергу, на досягнення за допомогою податкових механізмів тих або інших завдань економічної політики держави. При дослідженні цього аспекту податкових відносин виділяють стимулюючу, дестимулюючу й відтворювальну підфункції оподаткування.

Стимулююча підфункція спрямована на підтримку тих або інших економічних процесів. Вона реалізується через систему пільг і звільнень. Нинішня система оподаткування України представляє широкий спектр пільг і звільнень для платників податків.

Дестимулююча підфункція, навпроти, спрямована на встановлення за допомогою податку перешкод для розвитку яких-небудь економічних процесів, що суперечать економічній політиці держави.

Відтворювальна підфункція призначена для акумуляції коштів на відновлення використовуваних ресурсів. Цю підфункцію виконують відрахування на відтворення мінерально-сировинної бази, плата за воду, обов'язковий збір на розвиток виноградарства, садівництва й т.д.

Однак регулююча функція податків не є переважною в практиці оподаткування в Україні. Органи як законодавчої, так і виконавчої влади віддають перевагу фінансової функції податків.

Недостатня увага до регулюючої функції податків з боку держави не знижує її вплив на діяльність платників податків. Об'єктивно кожний виробник зацікавлений у сплаті як можна меншої суми податків і найчастіше домагається цього як за рахунок легального зменшення величини об'єкта оподаткування, так і за рахунок вибору пільгових, з погляду опо-

даткування, умов діяльності. Таким чином, у самій суті кожного податку закладена регулююча функція.

Завдяки контрольній функції оподаткування оцінюється ефективність податкової системи, забезпечується контроль за видами діяльності й фінансовими потоками. Через контрольну функцію оподаткування виявляється необхідність внесення змін у податкову систему, а також у бюджетну політику держави.

Беручи до уваги багатогранність змісту податків, їхній комплексний характер і неоднозначність природи, необхідно відзначити, що кожній сфері податкових відносин відповідає своя система принципів. Умовно можна виділити:

- економічні принципи оподаткування;
- юридичні принципи (принципи податкового права);
- організаційні принципи податкової системи.

Економічні принципи оподаткування являють собою положення, що стосуються доцільності й оцінки податків як економічного явища. Уперше вони були сформульовані в 1776 р. Адамом Смітом у роботі «Дослідження про природу й причини багатства народів» [13]. А. Сміт виділив п'ять принципів оподаткування, названих пізніше «Декларацією прав платника»:

- 1) принцип господарської незалежності й волі платника податків, заснований на праві приватної власності;
- 2) принцип справедливості, що заключається в рівному обов'язку громадян платити податки відповідно до своїх доходів, якими вони користуються під заступництвом і захистом держави;
- 3) принцип визначеності, який визначає, що сума, спосіб, час платежу повинні бути заздалегідь відомі платникові податків;
- 4) принцип зручності, відповідно до якого податок повинен стягуватися в такий час і такий спосіб, які представляють найбільші зручності для платника;
- 5) принцип економії, відповідно до якого витрати по стягненню податку повинні бути менші ніж самі податкові надходження.

Принципи, запропоновані А. Смітом, зберегли свою актуальність і понині. Однак за більш ніж двохсоттридцятирічний розвиток суспільства система принципів А. Сміта перетерпіла певні зміни. У цей час особливу увагу заслуговують чотири економічних принципи оподаткування:

- принцип співрозмірності;
- принцип максимального врахування інтересів і можливостей платників податків;
- принцип економічності (ефективності);
- принцип справедливості.

Принцип співрозмірності можна також сформулювати як принцип економічної збалансованості інтересів платника податків і державного бюджету. Наочно цей принцип ілюструється рисунком американського економіста Артура Лаффера, на якому відображена залежність податкової бази від підвищення ставок податку, а також залежність бюджетних доходів від податкового тиску. Згідно його дослідженням максимальний рівень податкових надходжень у бюджет досягається при середній сумарній ставці прямих і непрямих податків у розмірі 37,7 %. В Україні ж при сьогодиншній системі оподаткування середня сумарна ставка прямих і непрямих податків становить, по оцінках фахівців, близько 80 %. Податків же надходить у бюджет значно менше [15, с.49].

Принцип максимального врахування інтересів і можливостей платників податків є одним з найважливіших економічних становищ. Відповідно до даного принципу оподаткування повинне характеризуватися визначеністю й зручністю для платника податків. За словами російського економіста XIX століття М. І. Тургенєва: «Кількість податку, час і образ платежу повинні бути визначені, відомі платнику і незалежні від влади» [6, с.22].

Іншим проявом цього принципу є своєчасна поінформованість платника податків про всі зміни податкового законодавства, а також простота обчислення й сплати податку. Крім того, даний принцип передбачає можливість вибору платником податків того або іншого способу поводження із запропонованих податковим законодавством.

На кожному етапі соціально-економічного розвитку принципи оподаткування модифікувалися залежно від цілей і функцій, які покладали на податкову систему. Так, А. Вагнер виділяє вже дев'ять принципів формування податкової системи, розділених на чотири категорії:

- фінансові принципи (достатність і динамічність);
- народногосподарські принципи (вибір джерел і видів податків);
- принцип справедливості (загальність і рівномірність);
- принцип керування системою податків (визначеність, зручність і економічність стягнення) [11].

У сучасних теоріях домінують ідеї американських економістів. Сукупність принципів побудови системи оподаткування вони доповнюють такими положеннями, як:

- антимонопольна спрямованість (податкова система не повинна сприяти концентрації виробничих факторів на ефективних ринках);
- принцип вигоди (пропорційність податкових зобов'язань тій вигоді, що платники податків одержують від реалізації урядових програм);
- принцип платоспроможності (залежність податків від економічного потенціалу, розмірів доходів і майна);
- гнучкість, чіткість, прозорість, стабільність податків [14].

В Законі України «Про систему оподаткування» закладено дванадцять принципів оподаткування. Це 1) стимулювання науково-технічного прогресу, технологічного відновлення виробництва, вихід на світовий ринок, 2) стимулювання виробничої й інвестиційної активності, 3) обов'язковість, 4) рівнозначність і пропорційність, 5) рівність, 6) соціальна справедливість, 7) стабільність, 8) економічна збалансованість, 9) рівномірність сплати, 10) компетенція, 11) єдиний підхід, 12) доступність.

Слід зазначити, що в ряді випадків сучасне українське законодавство виступає в протиріччя із принципами максимального врахування інтересів і можливостей платників податків. Так, складність, громіздкість і запутаність нормативних положень найчастіше утрудняють точно й правильно обчислювати виникаючі податкові зобов'язання. Система оподаткування піддається частим змінам, які іноді вводяться в дію, що зовсім неприпустимо, «заднім числом». Така система вимагає, на нашу думку, доробки.

Податкова система і її принципи, процедура сплати податків повинні бути оптимальними, зрозумілими і зручними для платників податків і економічними для податкових органів, що збирають податки, задовольняти потреби держави й ураховувати інтереси платників податків.

Таким чином, виконані дослідження, дозволили зробити наступні висновки:

1. Характерними ознаками податків, які дають можливість відрізнити їх від неподаткових платежів, є те, що податки не мають ні елементів конкретного еквівалентного обміну, ні конкретного цільового призначення. Вони характеризуються однобічним рухом грошових коштів від юридичних і фізичних осіб до держави й регламентуються нормами податкового законодавства.

2. Економічна природа податку складається у визначенні його призначення, об'єкта оподаткування й джерела оплати, а також визначення впливу, яке роблять податки на кінцеві результати діяльності суб'єкта оподаткування й народного господарства.

3. Суть принципів побудови системи оподаткування повинна складатися в узгодженні двох основних вимог: задоволення фіскальних потреб держави й врахування інтересів платників податків.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Алексеенко М. М. Взгляд на развитие учения о налоге. – Харьков. – 1870.
2. Андриюшенко В. Л., Суторміна В. М., Федосов В. М. Держава – податки – бізнес. – К. – 1992. – 276 с.
3. Буряковский В. В., Кармазин В. А., Каламбет С. В., Водолазская О. А. Налоги: – Днепропетровск: Пороги, 1998. – 615с.
4. Державні фінанси: теорія і практика перехідного періоду в Центральній Європі. За ред. Ю. Немеца, Г. Райта (пер. з англ.), К.: Основи. – 1998. – 542 с.
5. Козак А. и др. Финансы и кредит: Учебник/ Под ред. А. Козака. – Екатеринбург: МП. «ПИПП», 1994. – 238 с.
6. Козырин А. Налоговое право зарубежных стран: Вопросы теории и практики. – М.: Независимое издательство «Манускрипт», 1993.
7. Налоги: Учеб. пособие/ Под. ред. Д.Г. Черника. 2-е изд. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 400с.
8. Озеров И. Х. Основы финансовой науки. – М.: 1911.
9. Основы налогового права: Учебно-методическое пособие / Под ред. С. Пепеляева. – М.: Инвестфонд, 1995. – 160 с.
10. Поддєрьогін А. М. Податкова система України на шляху розвитку // Фінанси України, 2001 – С. 3–11.
11. Пушкарева В. М. История финансовой мысли и политика налогов. – М.: ИНФ–М, 1996. – 191 с.
12. Рикардо Д. Начало политической экономики и налоговое обложение// Соч. в 2т. – М.: Госполитиздат, 1941. – Т.1.
13. Сміт А. Дослідження про природу та причини добробуту націй. К.: 2001. – 594 с.
14. Семюелсон П., Нордгауз В. Мікроекономіка. / Пер. з англ., - К.: Основи, 1998. – 676 с.
15. Тянь Р. В., Ватченко О. Б. Фінанси: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Пороги, 2004. – 252 с.

Надійшла до редколегії 17.05.2007.

В І С Н И К

Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Випуск 17

Українською, російською та англійською мовами

Відповідальний за випуск *І. П. Корженевич*
Комп'ютерна верстка *Я. І. Заїц, Т. В. Шевченко*

Статті в збірнику друкуються в авторській редакції

Здано до набору 31.05.2007. Підписано до друку 25.06.2007. Формат 60×84 1/8.
Папір офсетний. Друк офсетний. Умов. друк. арк. 28,56.
Обл.-вид. арк. 29,77. Тираж 100 прим. Зам. № 1100. Вид. № 101.

Видавництво Дніпропетровського національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна. ДК № 1315 від 31.03.2003

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, www.diitrvv.dp.ua, admin@diitrvv.dp.ua