

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМ. АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

ЖИЛІНКОВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 656.136(043.3)

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АВТОПОЇЗДІВ НА ЗОВНІШНІХ
ПЕРЕВЕЗЕННЯХ МЕТАЛОПРОДУКЦІЇ**

05.22.12 – промисловий транспорт

Автореферат
дисертації на здобуття науково ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі транспортних технологій підприємств у Державному вищому навчальному закладі «Приазовський державний технічний університет» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Парунакян Ваагн Емільович, завідувач
кафедри транспортних технологій підприємств
(ДВНЗ «Приазовський державний технічний
університет», м. Маріуполь)

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Бейгул Олег Олексійович,
завідувач кафедри машинобудування
(Дніпродзержинський державний технічний
університет, м. Дніпродзержинськ)

кандидат технічних наук, доцент
Сістук Володимир Олександрович,
доцент кафедри автомобільного транспорту
(Криворізький національний університет, м.
Кривий Ріг)

Захист відбудеться "___" _____ 2016 р. о ___ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.01 у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна 2, ауд. 314

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна 2.

Автореферат розісланий "___" _____ 2016 г.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 08.820.01
доктор технічних наук, професор



А.М. Муха

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В останні роки значно зросли обсяги перевезень експортної металопродукції в морські порти. Цьому сприяє вигідне географічне розташування багатьох металургійних комбінатів.

У зв'язку зі сформованою кон'юнктурою ринку транспортних послуг та умовами застосування, більш конкурентоспроможними стають автомобільні перевезення металопродукції підвищеної маси (до 30 т), які здійснюються в значних обсягах (до 1,5 млн. т на рік). На розглянутих перевезеннях використовуються великовантажні автопоїзда, що складаються з сидельних тягачів та напівпричепів, які випускаються в даний час.

Досвід використання великовантажних автопоїздів на розглянутих перевезеннях показав невідповідність конструкції застосовуваного рухомого складу умовам перевізного процесу. Інтенсивна експлуатація в складних умовах призводить до передчасного (через 1-2 роки) зносу окремих елементів несучої системи (рами) автопоїздів і вимагає проведення позапланових ремонтів зі значною трудомісткістю і тривалістю простоїв.

У результаті знижуються техніко-експлуатаційні та техніко-економічні показники використання автопоїздів. На основі даних за дворічний період експлуатації коефіцієнт технічної готовності машин знижується в середньому до 0,6, продуктивність на 35%, собівартість перевезень збільшується на 20%.

Без вирішення даної проблеми транспортні витрати будуть зростати, а конкурентні можливості автотранспорту на розглянутих перевезеннях будуть втрачатися.

Таким чином, вирішення питань підвищення ефективності використання великовантажних автопоїздів при перевезенні металопродукції на основі методів, моделей і алгоритмів, розроблених у дисертаційній роботі, дозволяє класифікувати її як актуальну.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно плану науково-дослідних робіт ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет». Основні результати отримані при виконанні науково-дослідних робіт: «Вдосконалення транспортного процесу на зовнішніх і технологічних перевезеннях металургійних підприємств» (ГР № 0112U005784), «Вдосконалення перевізного процесу металургійних підприємств на основі застосування прогресивних технологій, нової техніки і логістичного управління роботою транспорту» (ГР № 0113U006291).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності використання великовантажних автопоїздів на зовнішніх перевезеннях металопродукції шляхом оптимізації показників режимів руху і схем навантаження.

Для досягнення поставленої мети дисертаційної роботи необхідно вирішити наступні завдання:

1. Розробити модель і алгоритм оптимізації схеми розміщення вантажів підвищеної маси на платформі великовантажних автопоїздів;

2. Дослідити закономірності і встановити параметри швидкісного режиму великовантажних автопоїздів;

3. Розвинути метод і розробити модель визначення інтегрального показника для оцінки дорожніх умов роботи великовантажних автопоїздів;

4. Розробити метод, модель і алгоритм оптимізації режиму руху великовантажних автопоїздів.

Об'єкт дослідження – процес транспортування металопродукції підвищеної маси автопоїздами.

Предмет дослідження - закономірності, що визначають схеми розміщення вантажу і режими руху в залежності від дорожніх умов.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі використані наступні методи: метод приватних коригуючих коефіцієнтів, метод апроксимації, тензометричний, візуальний і статистичний методи - для оцінки дорожніх умов і оптимізації режимів руху; метод кінцевих елементів (МКЕ), обчислювальний метод і метод циклічного покоординатного спуску - для розрахунку статичних навантажень і оптимізації схем розміщення вантажу.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна полягає в наступному:

Вперше:

- на основі експериментальних досліджень отримано інтегральний показник, який встановлює взаємозв'язок параметрів навантажувального режиму несучої системи великовантажних автопоїздів з дорожніми умовами при різних швидкостях руху;

- розроблені метод і модель оптимізації режимів руху великовантажних автопоїздів, параметри яких, встановлюються за критерієм допустимого динамічного навантаження в несучих системах.

Удосконалено і отримали подальший розвиток:

- метод і модель оптимізації схем розміщення вантажів підвищеної маси на платформі напівпричепів, які на відміну від існуючих, дозволяють на основі багатовимірної оптимізації мінімізувати статичні навантаження в несучій системі;

- метод оцінки дорожніх умов роботи великовантажних автопоїздів, який на відміну від існуючих, дозволяє кількісно зіставити складність дорожніх умов з еквівалентним динамічним навантаженням в несучій системі.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Запропоновані методи, моделі та алгоритми дозволили в комплексі підвищити ефективність використання великовантажних автопоїздів на перевезеннях вантажів великої маси в складних дорожніх умовах (вулично-дорожня мережа міст, автодороги підприємств та ін.) за рахунок:

- зниження статичних навантажень в несучій системі при оптимізації схем розміщення вантажу;

- зниження динамічних навантажень в несучій системі при оцінці дорожніх умов і оптимізації швидкісних режимів.

2. Отримані розробки по розміщенню вантажу і оптимізації швидкісного режиму прийняті до впровадження в автотранспортних підрозділах на ПАТ «ММК ім. Ілліча» (м. Маріуполь) і впроваджені на ПБП «Азовінтекс» (м. Маріуполь). При цьому зменшені витрати на позапланові ремонти, скорочені простой парку автопоїздів на 25-30% і знижена собівартість перевезень на 5-7%. Відповідний акт впровадження додається.

3. Отримані теоретичні та практичні результати використовуються в навчальному процесі ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» на кафедрі «Транспортні технології підприємств» при вивченні дисциплін «Рухомий склад промислового транспорту», «Управління експлуатаційною роботою на залізничному та автомобільному транспорті підприємств», «Будова і обслуговування транспортних комунікацій підприємств» та ін., що підтверджується відповідним актом.

Особистий внесок здобувача. Всі положення і результати, які виносяться на захист, отримані автором самостійно. Роботи [2,3,5,6,7,8,10,11-18,21-24] опубліковані без співавторів. У публікаціях у співавторстві Жилінкова О.О. належить: [1] - оцінка працездатності великовантажних автопоїздів на зовнішніх перевезеннях металопродукції; [4,15,19,20] - розробка методики експериментальних досліджень процесів деформації несучої системи автопоїздів; [9] - розробка моделі швидкісних режимів руху автопоїздів. Без співавторства опубліковані результати наступних досліджень: [2,12] - аналіз відмов автопоїздів на перевезеннях металопродукції; [3,14] - оцінка ефективності експлуатації автопоїздів при перевезенні металопродукції; [5,11,13] - оптимізація розміщення сталевих рулонів на вантажній платформі; [6,17,18] - дослідження режимів руху; [7,16] - питання підвищення експлуатаційної готовності; [8,10,21,23,24] - моделювання дорожніх умов роботи автопоїздів; [22] - оптимізація режимів руху.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися і були схвалені на наступних науково-технічних конференціях і семінарах: на Міжнародних науково-технічних конференціях «Університетська наука» (м. Маріуполь, 2007-2015 р.р.), на Міжнародній науково-практичній конференції «Логістика промислових регіонів» (м. Донецьк, 2010 р.); на Міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів, молодих вчених «Комп'ютерні науки для інформаційного суспільства» (м. Луганськ, 2010 р.), на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільної галузі» (м. Донецьк, 2011 р.); на 7-й Всеукраїнській науковій інтернет-конференції «Наукові дослідження: шлях від теоретичного пошуку до практичної реалізації», (м. Тернопіль, 2011 р.); на II і III Міжнародних науково-практичних конференціях «Technology, Materials, Transport and Logistics: Development Prospects» TMTL'12, 13; (м. Луганськ, 2012 р., м. Ялта,

2013 р.), на III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів «Транспорт і логістика» (м. Донецьк, 2012 р.).

Публікації. 3 теми дисертації опубліковано 25 наукових робіт, в тому числі 8 статей у спеціалізованих виданнях, 2 статті в зарубіжних виданнях і 14 тез доповідей. Зокрема, роботи [1-8] опубліковані в спеціалізованих виданнях, затверджених МОН України, роботи [2-5,7,8] - у виданнях, включених в міжнародні наукометричні бази, роботи [9,10] - в зарубіжних виданнях. За результатами досліджень отримано патент на винахід [25].

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 146 найменувань на 16 сторінках і додатків на 27 сторінках.

Повний обсяг дисертації становить 188 сторінок, з яких 161 сторінка основного тексту, робота має 62 рисунка, у тому числі на 8 повних сторінках; 20 таблиць за текстом.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета і завдання досліджень, викладені наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, представлені публікації за темою дисертації.

У **першому розділі** розглянуто сучасний стан проблеми, виконано аналіз техніко-експлуатаційних і техніко-економічних показників роботи автопоїздів на зовнішніх перевезеннях металопродукції та здійснена постановка завдань.

Аналіз основних техніко-експлуатаційних та техніко-економічних показників вказує на доцільність використання автомобільного транспорту для доставки металопродукції до морських портів. Навіть при зниженні тарифів на залізничному транспорті, автомобільні перевезення залишаються конкурентоспроможними.

Однак, існуючий парк автопоїздів повною мірою не пристосований для виконання зовнішніх перевезень металопродукції в специфічних умовах експлуатації.

Зі збільшенням експлуатаційного пробігу в процесі інтенсивного використання несуча система великовантажних автопоїздів піддається швидкому фізичного зносу. Для підтримки працездатного стану автопоїздів виконуються багаторазові ремонти, що призводить до значного зниження техніко-експлуатаційних показників і істотного росту витрат на їх експлуатацію.

Основною причиною зниження показників використання машин є недоліки системи технічної експлуатації, які не дозволяють пов'язати навантажувальний режим несучих систем автопоїздів з маючими місце експлуатаційними умовами. Тому проблема підвищення ефективності автомобільних перевезень металопродукції, з використанням

великовантажних автопоїздів, в першу чергу, пов'язана з необхідністю забезпечення їх експлуатаційної готовності.

Встановлено, що у формуванні показників експлуатаційної готовності домінуючу роль грає навантажувальний режим несучої системи автопоїздів, який визначається схемою розміщення вантажу і режимами руху рухомого складу в складних дорожніх умовах. Схема розміщення вантажу визначає величину статичних навантажень, а дорожні умови і режими руху величину - динамічних навантажень (рис. 1).

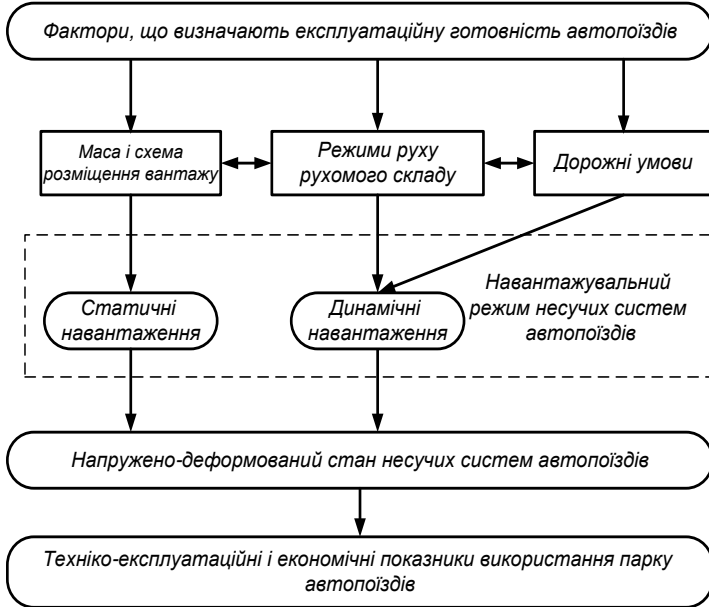


Рисунок 1 - Структурна схема формування показників експлуатаційної готовності великовантажних автопоїздів

На цій основі базується робоча гіпотеза виконання досліджень.

Таким чином, для вирішення наукової задачі підвищення ефективності використання великовантажних автопоїздів на перевезеннях металопродукції підвищеної маси необхідно розглянути наступні питання:

- визначення величин статичних навантажень в несучій системі;
- оптимізація схем розміщення вантажу;
- оцінка параметрів дорожніх умов, що впливають на експлуатаційну готовність;
- визначення величин динамічних навантажень в несучій системі;
- оптимізація режимів руху з урахуванням впливу дорожніх умов на величину динамічних навантажень.

В рамках поставлених питань виконано аналіз вітчизняних і зарубіжних літературних джерел.

Проблеми підвищення ефективності автомобільних перевезень та експлуатаційної готовності транспортних засобів достатньо освітлені в роботах В.Ф. Ванчукевича, Д.П. Великанова, А.В. Вельможина, А.Е. Горєва, М.Є. Майбороди, Н.В. Пеньшина, Л.Г. Резніка та інших вчених.

Питання дослідження, аналізу та моделювання дорожніх умов автомобільних доріг різних видів, призначення та стану висвітлені в роботах М.М. Яценко, О.К. Прутчікова, В.Б. Проскуракова, Я.М. Певзнера, А.Д. Дербаремдікера, І.І. Леоновича, Р.В. Ротенберга, В. В. Сильянова, В. Л. Афанасьєва, А.А. Хачатурова, Л.Г. Резніка, В.Ф. Бабкова, А.П. Васильєва, В.Н. Дегтяренко та інших вчених. Питаннями визначення статичних і динамічних навантажень для вирішення проблем запобігання втомних руйнувань елементів автомобільних несучих систем в експлуатації займалися В. К. Гарг, В.А. Колокольцев, П. Д. Павленко, В. Б. Проскураков, О. А. Русанов, Т. В. Астахова, К. Е. Сібгатуллин, В. К. Халтурін, К. Ерц, І. Дойч, М. Ханке і інші вчені.

Одними з перших робіт з ідентифікації дорожніх умов є роботи Д.П. Великанова, В.Ф. Бабкова і Г.Б. Безбородової. У цих роботах дорожні умови моделюються за критеріями безпеки дорожнього руху, пристосованості до перевезення і паливної економічності. У роботах О.О. Бейгула, Н. В. Ага, З. Альдайуба та ін. розглянуті питання дослідження різних навантажень несучих систем з позицій мінімізації маси конструкції, збільшення міцності і зниження вібронавантаженості. Аналіз показав, що існуючі методи оцінки дорожніх умов не враховують повною мірою всі особливості вантажу та схеми його розміщення, маршруту і режимів руху на перевезеннях металопродукції.

Крім того, відсутні методи оптимізації схем розміщення вантажів на платформах з перемінним перетином лонжеронів і методи оптимізації режимів руху великовантажних автопоїздів за критерієм динамічного навантаження.

Тому в основу рішення наукової задачі прийнята оптимізаційна модель знаходження такого показника функціонування парку великовантажних автопоїздів, у якого критерієм ефективності є мінімум витрат (Z), що включають експлуатаційні витрати ($C_{эк}$) і витрати на перевезення ($C_{пер}$).

Цільова функція дослідження приймає наступний вигляд

$$Z = \varphi[C_{эк}; C_{пер}(\sigma_{cm}(g; x); \sigma_d(v; d))] \rightarrow \min, \quad (1)$$

при обмеженнях:

$$\left| \begin{array}{l} \sigma_{cm_i} \leq \sigma_{cm}^{\max}, (i = 1, \bar{k}); \sigma_{d_j} \leq \sigma_d^{\max}, (j = 1, \bar{n}); \\ v_j \leq V_{доп}, (j = 1, \bar{n}) \end{array} \right|, \quad (2)$$

де $\sigma_{cm}; \sigma_{\partial}; \sigma_{cm}^{\max}, \sigma_{\partial}^{\max}$ - відповідно статичні, динамічні фактичні і максимально-допустимі навантаження (напруги) в несучих системах автопоїздів, МПа;

$v, V_{\text{доп}}$ - відповідно фактична і допустима для даних перевезень швидкість руху, за умовами безпеки руху, км/год;

g - величина, що характеризує параметри вантажу;

d - координата центра ваги вантажу, м;

x - величина показника дорожніх умов, що характеризує їх параметри.

На підставі виконаного аналізу сформульовані завдання дисертаційної роботи, що стосуються кількісної оцінки дорожніх умов, оптимізації схем розміщення вантажу і режимів руху.

У **другому** розділі отримав розвиток метод, вдосконалені модель і розроблено алгоритм оптимізації схем розміщення вантажу підвищеної маси на платформі напівпричепів.

В основу рішення задачі оптимізації покладено визначення місця концентрації напружень. З цією метою проведено аналіз відмов і виконані розрахунки статичних навантажень з використанням методу кінцевих елементів.

В результаті встановлено, що найбільше число відмов (до 40%) припадає на ділянку лонжерона з перемінним перетином (рис. 1, а) в зоні сидельно-зчіпного пристрою («небезпечна зона»), а величина статичного навантаження визначається ваговими параметрами вантажу і схемою його розміщення.

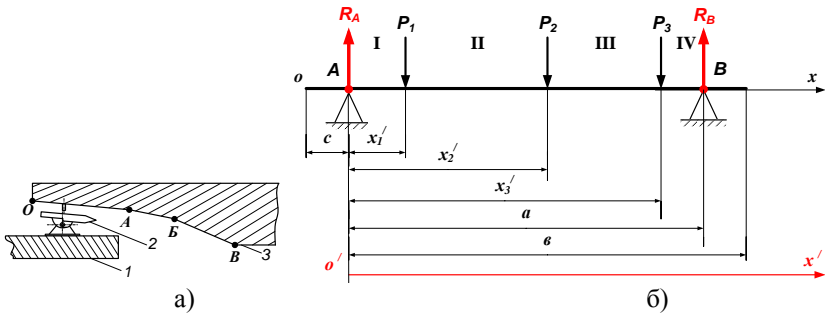


Рисунок 2 - Розрахункова схема для визначення згинального моменту: а - ділянка балки з перехідним перетином; б - силова схема; I, II, III, IV - ділянки балки; 1 - рама тягача; 2 - сидельно-зчіпний пристрій; 3 - рама напівпричепи

Критерієм оптимізації схеми розміщення прийнята величина максимального статичної напруги (σ_{cm}^{\max}), яка дорівнює відношенню згинального моменту (M_Z) і моменту опору перетину при вигині (W_Z):

$$\sigma_{cm}^{\max} = \frac{M_Z}{W_Z} . \quad (3)$$

В якості керованої змінної прийнята координата центра ваги (x_i') i -го вантажу вагою (P_i), яка формує величини (M_Z) і (σ_{cm}^{\max}), як показано на розрахунковій схемі, наведеній на рис. 1, б.

Задача оптимізації схеми розміщення відноситься до багатовимірної оптимізації і вирішена з використанням методу циклічного покоординатного спуску. Прийнятий метод зводить задачу пошуку найменшого значення функції декількох змінних $M_Z = f(P_i; x_i')$ до багаторазового рішення одновимірних задач.

Для оптимізаційного дослідження прийнята кінцево-елементна модель, яка складається з балкових елементів BEAM189 і створена за допомогою програмного комплексу ANSYS. У середовищі ANSYS виконаний розрахунок моментів і напруг в несучих системах напівпричепів при перевезенні сталевих рулонів, а також побудовані епюри напруг (рис. 3).

Задача знаходження оптимального розміщення рулонів вирішена у два етапи. На першому етапі здійснювалася послідовна варіація мас рулонів P_1 , P_2 , P_3 , і координат їх центрів тяжіння x_1 , x_2 , x_3 . Для кожного з поєднань значень зазначених параметрів визначено значення згинального моменту в середині «небезпечної зони». Таким чином, результат розрахунку визначення значень згинального моменту як функції $M_Z = (P_i, x_i')$.

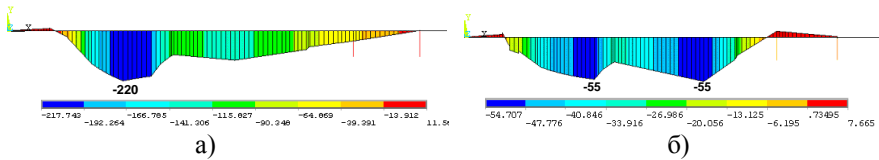


Рисунок 3 - Епюра поздовжньої балки: а - при існуючій схемі; б - після оптимізації

На основі проведених досліджень, що включають 2940 циклів моделювання величини σ_{cm}^{\max} , розроблена оптимізована схема розміщення сталевих рулонів на платформі напівпричепи (рис. 4), для якої характерно значне зменшення величини згинального моменту (в 2,3 рази) і напруги (в 4,2 рази).

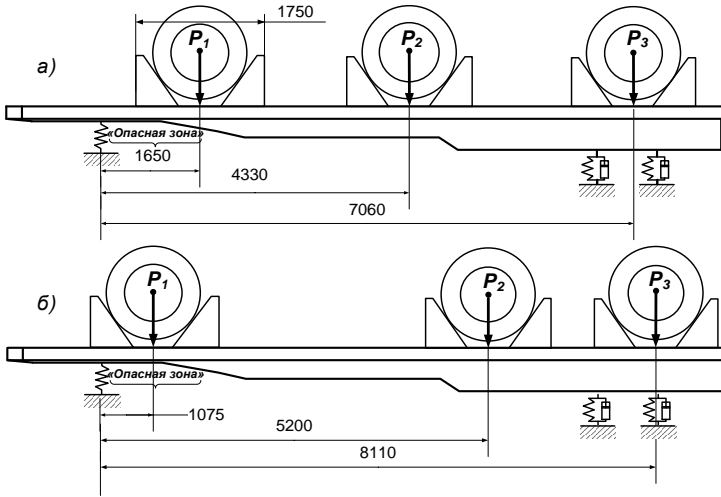


Рисунок 4 - Схеми розміщення ролонів: а - існуюча; б - оптимізована

За результатами дослідження математична модель оптимізації розміщення декількох одиниць вантажу на платформі представлена в наступному вигляді:

$$\sigma_{\max}(x') = \frac{M_Z(x')}{W_Z(x' + c)}; \quad \begin{cases} R_A = \sum_{i=1}^3 P_i - \frac{1}{a} \sum_{i=1}^3 P_i x_i, \\ R_B = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^3 P_i x_i. \end{cases} \quad (4)$$

де R_A і R_B - реакції опор (навантаження на осі), кН.

Формули для визначення значень M_Z і W_Z наведені в табл. 1.

Таблиця 1 - Формули для визначення значень M_Z і W_Z

| Значення згинального моменту по ділянках балки, Н·м: | | Значення моменту опору перетину по ділянках балки, см ³ : | |
|--|--|--|----------------------|
| I | $M_Z = R_A x'$ | ОА | $W_Z = 0,031x + 181$ |
| II | $M_Z = (R_A - P_1)x' + P_1 x'_1$ | АБ | $W_Z = 0,213x - 113$ |
| III | $M_Z = (R_A - P_1 - P_2)x' + P_1 x'_1 + P_2 x'_2$ | БВ | $W_Z = 2,21x - 4935$ |
| IV | $M_Z = (R_A - \sum_{i=1}^3 P_i)x' + \sum_{i=1}^3 P_i x'_i$ | $x > B$ | $W_Z = 811$ |

Розроблені модель і алгоритм оптимізації прийняті в основу інженерної методики для розрахунку схем розміщення декількох штучних вантажів підвищеної маси.

У **третьому** розділі досліджено закономірності і встановлені параметри швидкісного режиму, на основі яких отримав розвиток метод, розроблені модель та алгоритм визначення інтегрального показника для оцінки дорожніх умов.

Для зіставлення різних маршрутів перевезень і виявлення оптимального, який характеризується мінімальними динамічними навантаженнями, розвинуто метод кількісної оцінки і визначено еквівалентний інтегральний показник дорожніх умов.

Оцінка дорожніх умов і розрахунок інтегрального показника виконані на основі методу приватних коригуючих коефіцієнтів. В якості оціночного критерію прийнятий коефіцієнт динамічності (K_d), рівний відношенню величин динамічного (σ_∂) та статичного (σ_{cm}) навантаження:

$$K_d = \frac{\sigma_\partial}{\sigma_{cm}}. \quad (5)$$

З урахуванням рекомендацій при проектуванні автомобільних несучих систем, максимальне значення коефіцієнта для розглянутих рамних конструкцій приймається рівним 3,0.

Керованою змінною є динамічне навантаження (σ_∂), а параметрами, що формують її величину - радіус горизонтальної кривої (R), рівність (S) і дефектність дорожнього покриття (d) при заданому значенні швидкості руху ($V = const$).

В якості приватних коригуючих коефіцієнтів i -ї ділянки j -го маршруту перевезень прийняті коефіцієнти динамічності по радіусу горизонтальної кривої ($K_{\partial(R)}^{ij}$), величинам нерівностей ($K_{\partial(S)}^{ij}$) і дефектів ($K_{\partial(d)}^{ij}$), як основні оціночні показники.

Динамічні навантаження (напруги) в несучій системі визначалися електротензометричним методом. Дослідження проводилися на рухливому навантаженому автопоїзді основного маршруту перевезення металопродукції в умовах міських доріг і в діапазоні швидкостей 10-40 км/год. Лінійний графік усереднених коефіцієнтів динамічності, отриманий за даними експериментальних досліджень, показаний на рис. 5.

Залежності динамічного навантаження від розглянутих параметрів дорожніх умов ($K_\partial = f(R, S, d)$) при заданих значеннях швидкості руху ($V \rightarrow \{10-40 \text{ км/ч}\}$), представлені на рис. 6. Отримані залежності

апроксимовані в лінійні рівняння виду $y = -\pm ax + b$ і визначені значення емпіричних коефіцієнтів a і b .

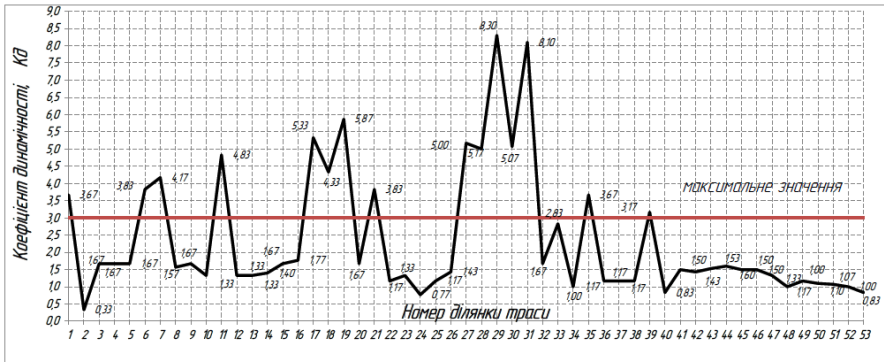


Рисунок 5 - Лінійний графік усереднених коефіцієнтів динамічності на ділянках траси

За результатами дослідження, математична модель знаходження комплексного інтегрального показника (K_{∂}^k) для оцінки дорожніх умов представлена в наступному вигляді:

$$\begin{cases} K_{\partial}^k = \min(K_{\partial}^j) = \min(K_{\partial}^1, K_{\partial}^2, \dots, K_{\partial}^m); \\ K_{\partial}^j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \max(K_{\partial(R)}^{ij}, K_{\partial(S)}^{ij}, K_{\partial(d)}^{ij}) = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \max(a_R^i \cdot R_i + b_R^i; a_S^i \cdot S_i + b_S^i; a_D^i \cdot d_i + b_D^i) \right]. \end{cases} \quad (6)$$

де K_{∂}^j - середнє значення коефіцієнта динамічності на j -му маршруті перевезень;

$a_R^i, b_R^i, a_S^i, b_S^i, a_D^i, b_D^i$ - емпіричні коефіцієнти, відповідні i -й ділянці за радіусом горизонтальної кривої R_i , величинам нерівностей S_i або дефектів d_i відповідно;

K_{∂}^{ij} - коефіцієнт динамічності i -ої ділянки j -го маршруту перевезень;

n - кількість ділянок j -го маршруту;

m - кількість маршрутів перевезення.

Математична модель, представлена виразом (6), розроблений алгоритм визначення інтегрального показника і номограма, показана на рис. 6, прийняті в основу інженерної методики вибору маршруту перевезень за критерієм динамічного навантаження.

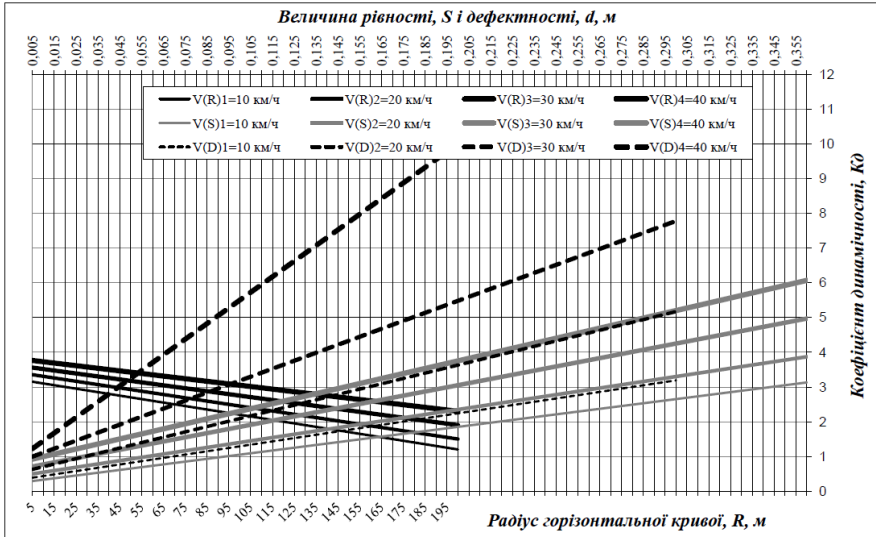


Рисунок 6 - Номограма для визначення приватних коефіцієнтів динамічності та розрахунку інтегрального показника оцінки дорожніх умов

Функціональні залежності $K_D = f(R, S, d)$ приймаються для подальшої оптимізації режимів руху великовантажних автопоїздів.

У четвертому розділі розроблені метод, модель і алгоритм оптимізації режимів руху великовантажних автопоїздів.

Задача оптимізації вирішена у два етапи. На першому етапі виконана оцінка напружено-деформованого стану несучої системи.

На основі даних по динамічним навантаженням отримані функціональні залежності швидкості руху (V) від величин радіуса (R), розмірів нерівностей (S) і дефектів (d) дорожнього покриття (рис. 7). Криві побудовані для несучих систем з різними значеннями коефіцієнта запасу міцності ($K_{3j} = 1,5 - 3,0$) при допустимому рівні динамічних навантажень ($K_D^H = 3,0$).

Криві апроксимовані і отримані рівняння, виражені формулами (7), які прийняті в основу визначення швидкісного режиму.

$$V_i^R = a_j \cdot R_i^{\alpha_j}; \quad V_i^S = b_j \cdot \exp^{-\beta_j \cdot S_i}; \quad V_i^d = c_j \cdot \exp^{-\varphi_j \cdot d_i}, \quad (7)$$

де V_i^R , V_i^S , V_i^d - відповідно допустимі швидкості руху на i -й ділянці маршруту з кривою радіусом R_i , з нерівностями S_i і дефектами d_i дорожнього покриття, км/год;

$a_j, \alpha_j, b_j, \beta_j, c_j, \varphi_j$ - емпіричні коефіцієнти для розрахунку допустимої швидкості руху, відповідні j -му значенню характеристики міцності несучої системи (табл. 2).

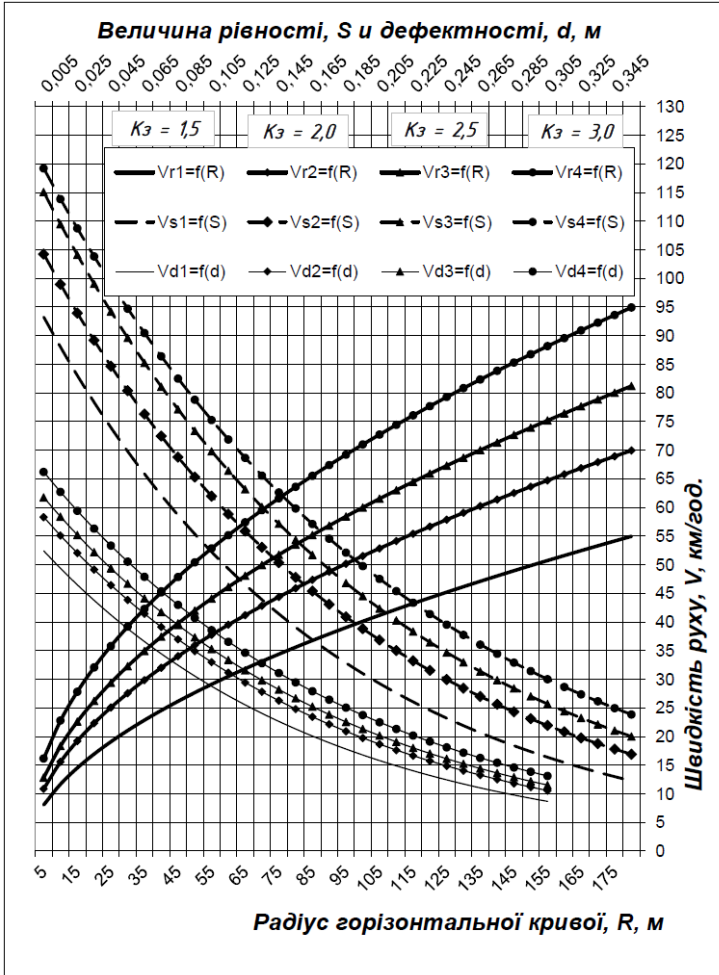


Рисунок 7 – Залежність швидкості руху від величин рівності, дефектності та радіуса горизонтальної кривої

На наступному етапі встановлені залежності параметрів швидкісного режиму від величини динамічних навантажень в ув'язці з параметрами дорожніх умов і характеристиками міцності. Оптимізація режиму руху зведена до вибору найменшою допустимою швидкістю зі значень, розрахованих за виразами (7).

Відповідно до розробленого методом оптимізації режиму руху, математична модель знаходження допустимої швидкості (V_i^d) має вигляд:

$$V_i^d = \min\{V_i^R; V_i^S; V_i^d\} = \min\left\{V_i^R = a_j \cdot R_i^{\alpha_j}; V_i^S = b_j \cdot \exp^{-\beta_j \cdot S_i}; V_i^d = c_j \cdot \exp^{-\varphi_j \cdot d_i}\right\}. \quad (8)$$

Таблиця 2 - Значення емпіричних коефіцієнтів для визначення допустимої швидкості руху

| № п/п | Критерій дорожніх умов | Емпіричний коефіцієнт | Значення коефіцієнтів запасу міцності | | | |
|-------|------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | $K_{3_1}=1,5$ | $K_{3_2}=2,0$ | $K_{3_3}=2,5$ | $K_{3_4}=3,0$ |
| 1. | Радіус горизонтальної кривої | a | 3,4 | 4,7 | 5,6 | 7,3 |
| | | α | 0,536 | 0,52 | 0,515 | 0,494 |
| 2. | Величина нерівності | b | 96 | 107 | 107 | 122 |
| | | β | 5,8 | 5,2 | 5,0 | 4,6 |
| 3. | Величина дефектності | c | 54 | 60 | 63,5 | 68 |
| | | φ | 6 | 5,7 | 5,6 | 5,4 |

На основі промислової перевірки на діючому маршруті транспортування довжиною 21 км автопоїздом у складі сідельного тягача SCANIA P380LA6x4NHZ і напівпричепа ВАРЗ-9996 з 3-ма рулонами стали загальною масою 26 т, визначений масив даних по напруженням і виконані розрахунки усереднених коефіцієнтів динамічності (рис. 8).

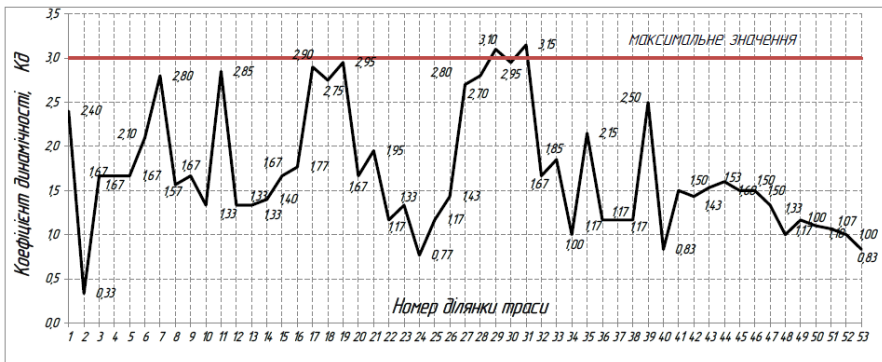


Рисунок 8 – Лінійний графік середніх значень коефіцієнтів динамічності при русі по запропонованим швидкісним режимам

Дані промислової перевірки підтвердили відповідність параметрів оптимізованих режимів руху допустимому рівню динамічних навантажень. При цьому збіжність результатів досягнута на рівні 93%.

Розроблені метод, модель і алгоритм, а також номограма (рис. 7), прийняті в основу інженерної методики оптимізації режимів руху за критерієм динамічного навантаження.

Метод оптимізації режимів руху впроваджений у виробництво на ПБП «Азовінтекс» (м. Маріуполь), прийнятий до впровадження на ПАТ «ММК ім. Ілліча», а спосіб транспортування запатентований.

Річний економічний ефект від впровадження розроблених заходів склав 45-50 тис. грн. на один автопоїзд.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена науково-прикладна задача підвищення ефективності використання великовантажних автопоїздів на зовнішніх перевезеннях металопродукції шляхом оптимізації показників режимів руху і схем навантаження.

Основні висновки, результати виконаних досліджень та наукових розробок полягають у наступному.

1. Встановлено, що на розглянутих перевезеннях рухомий склад експлуатується з підвищеними, а в ряді випадків, неприпустимими статичними і динамічними навантаженнями. Підвищений навантажувальний режим визначається нераціональними схемами розміщення вантажу і режимами руху в складних дорожніх умовах. У цих умовах має місце швидкий фізичний знос несучих систем напівпричепів. Підтримання працездатного стану вимагає багаторазових ремонтів, що призводить до значного зниження продуктивності автопоїздів й істотного росту витрат на їх експлуатацію.

2. Дослідження показали, що місцем концентрації відмов є ділянка лонжерона з перемінним перетином у зоні сидельно-зчпного пристрою, а величину статичного навантаження в цій зоні визначають координати розміщення вантажу. Зменшення статичних навантажень в розглянутій зоні вперше виконано багатовимірною оптимізацією розміщення вантажу із застосуванням методу циклічного покоординатного спуску на основі розроблених моделі і алгоритму. Запропонована оптимізована схема забезпечила значне зменшення величини згинального моменту (у 2,3 рази) і напруги (в 4,2 рази).

3. Вперше в якості основних факторів дорожніх умов, що впливають на величину динамічних навантажень, прийняті горизонтальні криві, нерівності і дефекти дорожнього покриття. За результатами експериментальних досліджень вплив цих факторів визначено для різних швидкостей руху (10-40 км/год).

Для розглянутих умов встановлені приватні коригуючі коефіцієнти динамічності, на основі яких запропоновано інтегральний показник, відповідний мінімальному значенню коефіцієнта динамічності.

На основі моделі розроблена номограма, що дозволяє зіставляти і вибирати оптимальні маршрути руху великовантажних автопоїздів за параметрами дорожніх умов.

4. У роботі вперше встановлені залежності параметрів швидкісного режиму автопоїздів від величини динамічних навантажень в ув'язці з параметрами дорожніх умов і характеристиками міцності несучих систем. З урахуванням усього комплексу умов (швидкість, характеристик міцності, радіус горизонтальної кривої, рівність і дефектність дорожнього полотна) розроблені метод, модель і алгоритм оптимізації режимів руху. Для практичних розрахунків запропонована номограма, що дозволяє визначати оптимальні режими руху великовантажних автопоїздів.

Дані промислової перевірки підтвердили відповідність параметрів оптимізованих режимів руху допустимому рівню динамічних навантажень. При цьому збіжність результатів досягнута на рівні 93%.

5. Результати проведених досліджень прийняті в основу комплексної інженерної методики для розрахунку схем розміщення декількох штучних вантажів підвищеної маси, вибору маршрутів транспортування та оптимізації режимів руху за критерієм динамічного навантаження. Результати роботи впроваджені на ПАТ «Азовінтекс» (м. Маріуполь), прийнятий до впровадження на ПАТ «ММК ім. Ілліча», а спосіб транспортування запатентований. Річний економічний ефект від впровадження розроблених заходів склав 45-50 тис. грн. на один автопоїзд.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

ОСНОВНІ РОБОТИ

1. Парунакян В.Э. Оценка работоспособности серийных автопоездов на внешних перевозках металлопродукции / В.Э. Парунакян, А.А. Жилинков // Межвузовский тематический сборник научных трудов «Защита металлургических машин от поломок» – Мариуполь: ГВУЗ «Приаз. гос. техн. ун-т», 2007. – Вып. № 10. – С. 220 – 226.

2. Жилинков А.А. Анализ отказов автопоездов на внешних перевозках металлопродукции / А.А. Жилинков // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту. Сер.: Технічні науки: Зб. наук. пр. – Маріуполь: ДВНЗ «Приаз. держ. техн. ун-т», 2008. – Вип. № 18. Ч.1. – С. 241 – 243.

3. Жилинков А.А. Оценка эффективности эксплуатации большегрузных автопоездов при перевозке металлопродукции / А.А. Жилинков // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту: Наук. Журнал – Донецьк, 2010, - Вип. № 1. - С. 18-25.

4. Жилинков А.А. Методика экспериментальных исследований

процессов деформации несущей системы автопоездов при перевозке металлопродукции / А.А. Жилинков, В.Э. Парунакян // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту/ Сер.: Технічні науки: 36. наук. пр. – Мариуполь: ДВНЗ «Приаз. держ. техн. ун-т», 2009. – Вип. № 19. – С. 256-260.

5. Жилинков А.А. Оптимизация размещения рулонов стали на большегрузных автопоездах / А.А. Жилинков // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: СНУ ім. Даля, 2010. – Вип. № 10. Ч. 2 – С. 101–107.

6. Жилинков А.А. Исследование режимов движения большегрузных автопоездов на перевозках экспортной металлопродукции / А.А. Жилинков // Защита металлургических машин от поломок – Мариуполь, 2012. – Вип. № 13. – С. 59 – 63.

7. Жилинков А.А. Вопросы повышения эксплуатационной готовности большегрузных автопоездов на перевозках металлопродукции / А.А. Жилинков // Вісник Східноукр. нац. ун-та ім В. Даля. - Наук. журнал. – Луганськ, 2012. – Вип. № 4(175) 2012. – С.146 – 152.

8. Жилинков А.А. Модель дорожных условий при эксплуатации большегрузных автопоездов на перевозках металлопродукции / А.А. Жилинков // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту: Наук. Журнал – Донецьк, 2013, - Вип. № 4. - С. 18-24.

9. Маслак А.В. Модель скоростных режимов движения большегрузных автопоездов на перевозках металлопродукции в условиях города / А.В. Маслак, А.А. Жилинков // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе : сб. науч. тр. – Воронеж, 2014. – Вип. №1. – С. 376-381.

10. Жилинков А.А. К вопросу оценки дорожных условий работы большегрузных автопоездов на перевозках металлопродукции / А.А. Жилинков // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе : сб. науч. тр. – Воронеж, 2015. – Вип. №2. – С. 271-276.

ДОДАТКОВІ РОБОТИ

11. Жилинков А.А. Оценка работоспособности серийных автопоездов на внешних перевозках металлопродукции / А.А. Жилинков // Международная научно-техническая конференция «Университетская наука – 2008»: Сб. тезисов докладов в 2 т. – Мариуполь: ПГТУ, 2008. – Т.ІІ. - С. 174-175.

12. Жилинков А.А. Метод планирования технического обслуживания и текущего ремонта большегрузных автопоездов при перевозке металлопродукции на основе комплексного коэффициента эквивалентности / А.А. Жилинков // Международная научно-техническая конференция «Университетская наука – 2009»: Сб. тезисов докладов в 2 т. – Мариуполь: ПГТУ, 2009. – Т.ІІ. - С. 193-194.

13. Жилинков А.А. Расчет оптимального размещения стальных рулонов на специализированных полуприцепах с использованием метода циклического по координатного спуска / А.А. Жилинков // Международная научно-техническая конференция «Университетская наука – 2010»: Сб. тезисов докладов в 3 т. – Мариуполь: ПГТУ, 2010. – Т.III. - С. 151-152.

14. Жилинков А.А. Пути повышения производительности большегрузных автопоездов на внешних перевозках экспортной металлопродукции / А.А. Жилинков // Міжнародна науково-практична конференція «Логістика промислових регіонів»: Сб. тез доповідей – Донецьк: Ландон-XXI, 2010. – С. 301-305.

15. Жилинков А.А. Исследование динамических нагрузок несущей системы большегрузных автопоездов с использованием специальной информационно-измерительной системы / А.А. Жилинков // Науково-практична конференція «Комп'ютерні науки для інформаційного суспільства»: Сб. тез доповідей. – Луганськ: 2010. – С. 317-319.

16. Жилинков А.А. Шляхи підвищення ефективності експлуатації великовантажних автопоїздів на зовнішніх перевезеннях металопродукції / А.А. Жилинков // Международная научно-техническая конференция «Университетская наука – 2011»: Сб. тезисов докладов в 3 т. – Мариуполь: ПГТУ, 2011. – Т.III. - С. 112-113.

17. Жилинков А.А. Алгоритм мониторинга динамических нагрузок в несущих системах большегрузных автопоездов / А.А. Жилинков // Матеріали ІV міжнародної науково-практичної конференції «Комп'ютерні науки для інформаційного суспільства»: Сб. тез доповідей. – Луганськ: «Ноулідж», 2013. – С. 208-210.

18. Жилинков А.А. Алгоритм моніторингу динамічних навантажень в несучих системах великовантажних автопоїздів при перевезенні металопродукції / А.А. Жилинков // 7-ма всеукраїнська наукова інтернет-конференція «Наукові дослідження: шлях від теоретичного пошуку до практичної реалізації»: Сб. тез доповідей. – Тернопіль, 2011. – С. 72-74.

19. Смольнякова Н.В., Жилинков А.А. К вопросу увеличения прочности рамы большегрузных серийных полуприцепов / Н.В. Смольнякова, А.А. Жилинков // Всеукраїнська науково-практична конференція «Проблеми і перспективи розвитку автомобільної галузі»: Сб. тез доповідей. – Донецьк: Ландон-XXI, 2011. – С. 85-87.

20. Ковалев Р.В., Жилинков А.А. Анализ функциональности систем мониторинга автотранспорта на мультимодальных перевозках экспортной металлопродукции / Р.В. Ковалев, А.А. Жилинков // Всеукраїнська науково-практична конференція «Проблеми і перспективи розвитку автомобільної галузі»: Сб. тез доповідей. – Донецьк: Ландон-XXI, 2011. – С. 146-148.

21. Жилинков А.А. Метод и модель оценки дорожных условий для работы большегрузных автопоездов в условиях города / А.А. Жилинков // Международная научно–техническая конференция «Университетская наука – 2012»: Сб. тезисов докладов в 3 т. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2012. – Т.III. – С. 9-10.

22. Жилинков А.А. Модель оптимизации скоростных режимов движения большегрузных автопоездов в условиях города / А.А. Жилинков // Международная научно–техническая конференция «Университетская наука – 2013»: Сб. тезисов докладов в 3 т. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2013. – Т.II – С. 310-311.

23. Жилинков А.А. Оценка дорожных условий при эксплуатации большегрузных автопоездов на перевозках металлопродукции / А.А. Жилинков // «Университетская наука – 2014»: Сб. тезисов докладов в 4 т. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2014. – Т.II – С. 310-311.

24. Жилинков А.А. Моделирование дорожных условий при эксплуатации большегрузных автопоездов на перевозках металлопродукции / А.А. Жилинков // Международная научно–техническая конференция «Университетская наука – 2015»: Сб. тезисов докладов в 4 т. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2015. – Т.II – С. 146-147.

25. Пат. 109493 Україна, МПК В62D 53/04. Спосіб транспортування вантажів великої маси сидельними автопоїздами / В.Е. Парунакян, О.О. Жилінков. – № 201400142; заявл. 09.01.2014; опубл. 25.08.2015, Бюл. №15. – 6 с.

АНОТАЦІЯ

Жилінков О.О. Підвищення ефективності використання великовантажних автопоїздів на зовнішніх перевезеннях металопродукції. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.12 - промисловий транспорт. - Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2016 р.

Дисертація присвячена питанням підвищення ефективності використання великовантажних автопоїздів на зовнішніх перевезеннях металопродукції шляхом оптимізації показників режимів руху і схем навантаження.

Досвід використання великовантажних автопоїздів на зовнішніх перевезеннях металопродукції показав невідповідність конструкції застосованого рухомого складу умовам перевізного процесу. Інтенсивна експлуатація в складних умовах призводить до передчасного зносу окремих елементів несучої системи (рами) автопоїздів і вимагає проведення позапланових ремонтів зі значною трудомісткістю і тривалістю простоїв.

У результаті знижуються техніко-експлуатаційні та техніко-економічні

показники використання автопоїздів. Однією з основних причин зниження показників є існуючі недоліки системи технічної експлуатації автотранспорту, які не дозволяють пов'язати навантажувальний режим несучих систем автопоїздів з маючими місце дорожніми умовами.

Вдосконалений метод, модель і алгоритм оптимізації схем розміщення вантажу підвищеної маси на платформі напівпричепів. В основу оптимізації покладено метод циклічного покоординатного спуску, що дозволяє мінімізувати статичні навантаження в місцях концентрації відмов шляхом зміни координат вантажів.

Отримав подальший розвиток метод кількісної оцінки дорожніх умов з використанням приватних коригуючих коефіцієнтів. Запропоновано еквівалентний інтегральний показник для зіставлення різних маршрутів перевезень і виявлення оптимального, який характеризується мінімальними динамічними навантаженнями.

З урахуванням комплексу умов (швидкість, характеристик міцності, радіус горизонтальної кривої, рівність і дефектність дорожнього полотна) розроблені метод, модель і алгоритм оптимізації режимів руху.

Ключові слова: великовантажні автопоїзда, дорожні умови, динамічні і статичні навантаження, схема розміщення вантажу, режим руху.

АННОТАЦІЯ

Жилинков А.А. Повышение эффективности использования большегрузных автопоездов на внешних перевозках металлопродукции. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.12 – промышленный транспорт. – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. В. Лазаряна. – Днепропетровск, 2016 г.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности использования большегрузных автопоездов на внешних перевозках металлопродукции путем оптимизации показателей режимов движения и схем погрузки.

Опыт использования большегрузных автопоездов на внешних перевозках металлопродукции показал несоответствие конструкции применяемого подвижного состава условиям перевозочного процесса. Интенсивная эксплуатация в сложных условиях приводит к преждевременному износу отдельных элементов несущей системы (рамы) автопоездов и требует проведения внеплановых ремонтов со значительной трудоемкостью и продолжительностью простоев.

В результате снижаются технико-эксплуатационные и технико-экономические показатели использования автопоездов. Одной из основных причин снижения показателей являются существующие недостатки системы технической эксплуатации автотранспорта, которые не позволяют увязать

нагрузочный режим несущих систем автопоездов с имеющими место дорожными условиями.

Анализ литературных источников показал, что существующие методы оценки дорожных условий не учитывают в полной мере все особенности груза, маршрута и режимов движения на перевозках металлопродукции, а существующая система технической эксплуатации не может обеспечить требуемый уровень эксплуатационной готовности парка автопоездов.

Кроме того, отсутствуют методы оптимизации схем размещения грузов на платформах с переменным сечением лонжеронов и методы оптимизации режимов движения большегрузных автопоездов по критерию динамической нагрузки.

Усовершенствованы метод, модель и алгоритм оптимизации схем размещения груза повышенной массы на платформе полуприцепов. В основу оптимизации положен метод циклического покоординатного спуска, позволяющий минимизировать статические нагрузки в местах концентрации отказов путем изменения координат грузов.

Получил дальнейшее развитие метод количественной оценки дорожных условий с использованием частных корректирующих коэффициентов. Предложен эквивалентный интегральный показатель для сопоставления различных маршрутов перевозок и выявления оптимального, который характеризуется минимальными динамическими нагрузками. Для расчета частных корректирующих коэффициентов и эквивалентного интегрального показателя разработаны модель, алгоритм и номограмма.

Установлены зависимости параметров скоростного режима автопоездов от величины динамических нагрузок в увязке с параметрами дорожных условий и прочностными характеристиками несущих систем. С учетом комплекса условий (скорость, прочностная характеристика, радиус горизонтальной кривой, ровность и дефектность дорожного полотна) разработаны метод, модель и алгоритм оптимизации режимов движения.

Ключевые слова: большегрузные автопоезда, дорожные условия, динамические и статические нагрузки, схема размещения груза, режим движения.

ANNOTATION

Zhilinkov A.A. Improving the efficiency of use of heavy trucks on external transportation of metal products. - Manuscript.

Thesis for scientific degree of Candidate of Technical Sciences on a specialty 05.22.12 - Industrial Transport. - Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan. - Dnepropetrovsk, 2016.

Dissertation is sanctified to the questions of increase of efficiency of the use of heavy trucks on external transportations of metal products by optimization of indexes of the modes of motion and charts of loading.

Improved methods, models and algorithms to optimize layouts cargo increased weight on the platform trailers. Based on the method of optimizing a cyclic coordinate descent, which minimizes static loads in places of concentration of failures by changing the origin of goods.

It was further developed method for quantitative assessment of road conditions with the use of private correction factors. We propose an equivalent integral indicator for comparing different transport routes and to identify optimal, which is characterized by minimal dynamic loads. To calculate the partial correction coefficients and the equivalent of integral index developed model, algorithm and a nomogram.

The dependences of the parameters of speeding trucks on the magnitude of dynamic loads in conjunction with the parameters of the road conditions and the strength characteristics of bearing systems. Given all the complex conditions (speed, strength characteristics, the horizontal radius of the curve, evenness and defects of the roadway) to develop methods, models and algorithms of optimization of traffic.

Keywords: heavy trucks, road conditions, dynamic and static load, the arrangement of cargo, driving mode.

Підписано до друку 24.05.2016 р. Формат 60x84/16.
Ум. друк. арк 0,9. Тираж 100 прим. Зам. № 45.

Надруковано в поліграфічному центрі
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».
87500, м. Маріуполь, вул. Університетська, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 3729 від 15.03.2010 р.