

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ГВУЗ «ПРИАЗОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи
УДК 656.136(043.3)

Жилинков Александр Александрович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА ВНЕШНИХ ПЕРЕВОЗКАХ
МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ**

05.22.12 – Промышленный транспорт

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук,
профессор Парунакян В.Э.

Мариуполь – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.....	6
РАДЕЛ 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	12
1.1 Общая характеристика внешних автомобильных перевозок металлопродукции.....	12
1.2 Общая характеристика металлопродукции, отгружаемой на экспорт.....	15
1.3 Эксплуатационно-технические и технико-экономические показатели перевозок.....	16
1.4 Цель исследования.....	22
1.5 Рабочая гипотеза исследования.....	23
1.6 Анализ исследований, отечественной и зарубежной литературы.....	28
1.7 Критерии, целевая функция и задачи исследований.....	33
РАЗДЕЛ 2 ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ГРУЗА.....	35
2.1 Анализ статистических данных по отказам автопоездов.....	35
2.1.1 Классификация отказов.....	35
2.1.2 Установление мест концентрации специфических отказов.....	39
2.2 Расчет статических нагрузок.....	41
2.2.1 Методы определения статических нагрузок несущих систем автотранспортных средств.....	41
2.2.2 Анализ габаритно-весовых параметров металлопродукции и схем размещения груза.....	42
2.2.3 Оценка нагруженности несущей системы полуприцепа при перевозке грузов, создающих равномерно-распределенную нагрузку.....	45
2.2.4 Оценка нагруженности несущей системы полуприцепа при	

	3
перевозке грузов, создающих сосредоточенную нагрузку.....	48
2.3 Оптимизация схем погрузки металлопродукции повышенной массы.....	63
2.3.1 Метод оптимизации.....	63
2.3.2 Алгоритм оптимизации схемы размещения груза.....	65
2.3.3 Модель оптимизации схемы размещения груза.....	71
2.3.4 Верификация полученных данных.....	72
2.4 Выводы по разделу 2.....	74
РАЗДЕЛ 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ, ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЕ АВТОПОЕЗДОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ.....	76
3.1 Характеристика условий автомобильных перевозок металлопродукции.....	76
3.2 Исследование дорожных условий на маршруте перевозки.....	91
3.2.1 Методика исследования дорожных условий.....	91
3.2.2 Оценка дорожных условий.....	93
3.3 Недостатки существующей методики оценки дорожных условий.....	95
3.4 Оценка нагруженности несущей системы в условиях действия динамических нагрузок.....	96
3.4.1 Методы оценки нагруженности несущей системы автотранспортных средств в условиях действия динамических нагрузок.....	96
3.4.2 Планирование экспериментальных исследований.....	97
3.4.3 Информационно-измерительная система.....	98
3.4.4 Тарировка информационно-измерительной системы.....	101
3.4.5 Экспериментальное определение динамических нагрузок.....	105
3.4.6 Результаты экспериментальных исследований.....	107
3.5 Установление зависимостей между величиной динамических	

	4
нагрузок и параметрами дорожных условий.....	111
3.5.1 Параметры дорожных условий.....	111
3.5.2 Влияние параметров кривых на величину динамической нагрузки.....	111
3.5.3 Влияние параметров ровности и дефектности дорожного покрытия на динамическую нагрузку.....	112
3.6 Определение интегрального показателя дорожных условий по динамической нагрузке.....	114
3.6.1 Метод определения интегрального показателя дорожных условий.....	114
3.6.2 Модель определения интегрального показателя дорожных условий.....	115
3.6.3 Алгоритм расчета интегрального показателя дорожных условий.....	117
3.6.4 Номограмма для определения частных коэффициентов динамичности и расчета интегрального показателя оценки дорожных условий.....	119
3.7 Выводы по разделу 3.....	121
РАЗДЕЛ 4 ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ.....	122
4.1 Критерии оптимизации режимов движения и оценочные показатели.....	122
4.2 Метод оптимизации режимов движения.....	124
4.3 Модель оптимизации режимов движения.....	127
4.4 Алгоритм расчета параметров оптимальных режимов движения.....	128
4.5 Расчет параметров оптимальных режимов движения.....	129
4.6 Верификация полученных результатов.....	132
4.7 Рекомендации по повышению эффективности использования большегрузных автопоездов на перевозках грузов повышенной	

массы.....	134
4.8 Расчет экономического эффекта мероприятий по повышению эффективности использования большегрузных автопоездов на ПАО «ММК им. Ильича».....	136
4.9 Расчет экономического эффекта мероприятий по повышению эффективности использования большегрузных автопоездов на ПСП «Азовинтэкс».....	140
4.10 Выводы по разделу 4.....	141
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	143
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	146
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	162
Приложение А. Характерные отказы несущих систем большегрузных автопоездов.....	162
Приложение Б. Блок-схема алгоритма многомерной оптимизации схем размещения груза.....	166
Приложение В. Техническая характеристика подвижного состава.....	169
Приложение Г. Результаты исследования дорожных условий.....	170
Приложение Д. Блок-схемы алгоритмов для определения интегрального показателя и оптимизации режимов движения.....	176
Приложение Е. Акты внедрения, расчет экономического эффекта и протоколы технических совещаний.....	178
Приложение Ж. Уведомление об использовании лицензионного программного обеспечения «ANSYS».....	188

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В последние годы значительно возросли объемы перевозок экспортной металлопродукции в морские порты. Этому способствует выгодное географическое местоположение многих металлургических комбинатов.

В связи со сложившейся конъюнктурой рынка транспортных услуг и условиями применения, более конкурентоспособными становятся автомобильные перевозки металлопродукции повышенной массы (до 30 т), которые осуществляются в значительных объемах (до 1,5 млн. т в год). На рассматриваемых перевозках используются большегрузные автопоезда, состоящие из седельных тягачей и полуприцепов, выпускаемых в настоящее время.

Опыт использования большегрузных автопоездов на рассматриваемых перевозках показал несоответствие конструкции применяемого подвижного состава условиям перевозочного процесса. Интенсивная эксплуатация в сложных условиях приводит к преждевременному (через 1-2 года) 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. На основе данных за двухлетний период эксплуатации коэффициент технической готовности машин снижается в среднем до 0,6, производительность на 35%, себестоимость перевозок увеличивается на 20%.

Без решения данной проблемы транспортные издержки будут возрастать, а конкурентные возможности автотранспорта на рассматриваемых перевозках будут утрачиваться.

Таким образом, решение вопросов повышения эффективности использования большегрузных автопоездов при перевозке металлопродукции на основе методов, моделей и алгоритмов, разработанных в диссертационной работе, позволяет классифицировать ее как актуальную.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена в соответствии планом научно-исследовательских работ ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет». Основные результаты получены при выполнении научно-исследовательских работ: «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).

Цель и задачи исследования. Целью работы является повышение эффективности использования большегрузных автопоездов на внешних перевозках металлопродукции на основе оптимизации показателей режимов движения и схем погрузки.

Для достижения поставленной цели диссертационной работы необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать модель и алгоритм оптимизации схемы размещения грузов повышенной массы на платформе большегрузных автопоездов;
2. Исследовать закономерности и установить параметры скоростного режима большегрузных автопоездов;
3. Развить метод и разработать модель определения интегрального показателя для оценки дорожных условий работы большегрузных автопоездов;
4. Разработать метод, модель и алгоритм оптимизации режима движения большегрузных автопоездов.

Объект исследования – процесс транспортирования металлопродукции повышенной массы автопоездами.

Предмет исследования – закономерности, определяющие схемы размещения груза и режимы движения в зависимости от дорожных условий.

Методы исследования.

Для достижения поставленной цели в работе использованы следующие методы: метод частных корректирующих коэффициентов, метод аппроксимации, тензометрический, визуальный и статистический методы – для оценки дорожных условий и оптимизации режимов движения; метод конечных элементов (МКЭ), вычислительный метод и метод циклического покоординатного спуска – для расчета статических нагрузок и оптимизации схем размещения груза.

Научная новизна полученных результатов. Научная новизна заключается в следующем:

Впервые:

- на основе экспериментальных исследований получен интегральный показатель, устанавливающий взаимосвязь параметров нагрузочного режима несущей системы большегрузных автопоездов с дорожными условиями при различных скоростях движения;
- разработаны метод и модель оптимизации режимов движения большегрузных автопоездов, параметры которых, устанавливаются по критерию допустимой динамической нагрузки в несущих системах.

Усовершенствованы и получили дальнейшее развитие:

- метод и модель оптимизации схем размещения грузов повышенной массы на платформе полуприцепов, которые в отличие от существующих, позволяют на основе многомерной оптимизации минимизировать статические нагрузки в несущей системе;
- метод оценки дорожных условий работы большегрузных автопоездов, который в отличие от существующих позволяет количественно сопоставить сложность дорожных условий с эквивалентной динамической нагрузкой в несущей системе.

Практическое значение полученных результатов.

1. Предложенные методы, модели и алгоритмы позволили в комплексе повысить эффективность использования большегрузных автопоездов на перевозках грузов большой массы в сложных дорожных условиях (улично-дорожная сеть городов, автодороги предприятий и др.) за счет:

- снижения статических нагрузок в несущей системе при оптимизации схем размещения груза;
- снижения динамических нагрузок в несущей системе при оценке дорожных условий и оптимизации скоростных режимов.

2. Полученные разработки по размещению груза и оптимизации скоростного режима приняты к внедрению в автотранспортных подразделениях на ПАО «ММК им. Ильича» (г. Мариуполь) и внедрены на ПАО «Азовинтэкс» (г. Мариуполь). При этом уменьшены затраты на внеплановые ремонты, сокращены простои парка автопоездов на 25-30% и снижена себестоимость перевозок на 5-7%. Соответствующий акт внедрения прилагается.

3. Полученные теоретические и практические результаты используются в учебном процессе ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет» на кафедре «Транспортные технологии предприятий» при изучении дисциплин «Подвижной состав промышленного транспорта», «Управление эксплуатационной работой на железнодорожном и автомобильном транспорте предприятий», «Устройство и обслуживание транспортных коммуникаций предприятий» и др., что подтверждается соответствующим актом.

Личный вклад соискателя. Все положения и результаты, которые выносятся на защиту, получены автором самостоятельно. Работы [2,3,5,6,7,8,10,11-18,21-24] опубликованы без соавторов. В публикациях в соавторстве Жилинкову А.А. принадлежит: [1] - оценка работоспособности большегрузных автопоездов на внешних перевозках металлопродукции; [4,15,19,20] - разработка методики экспериментальных исследований

процессов деформации несущей системы автопоездов; [9] – разработка модели скоростных режимов движения автопоездов. Без соавторства опубликованы результаты следующих исследований: [2,12] – анализ отказов автопоездов на перевозках металлопродукции; [3,14] – оценка эффективности эксплуатации автопоездов при перевозке металлопродукции; [5,11,13] – оптимизация размещения стальных рулонов на грузовой платформе; [6,17,18] – исследование режимов движения; [7,16] – вопросы повышения эксплуатационной готовности; [8,10,21,23,24] – моделирование дорожных условий работы автопоездов; [22] – оптимизация режимов движения.

Апробация результатов диссертации. Материалы диссертационной работы докладывались, обсуждались и были одобрены на следующих научно-технических конференциях и семинарах: на Международных научно-технических конференциях «Университетская наука» (г. Мариуполь, 2007-2015 г.г.), на Международной научно-практической конференции «Логистика промышленных регионов» (г. Донецк, 2010 г.); на Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых «Комп’ютерні науки для інформаційного суспільства» (г. Луганск, 2010 г.), на Всеукраинской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития автомобильной отрасли» (г. Донецк, 2011 г.); на 7-й Всеукраинской научной интернет-конференции «Наукові дослідження: шлях від теоретичного пошуку до практичної реалізації», (г. Тернополь, 2011 г.); на II и III Международных научно-практических конференциях «Technology, Materials, Transport and Logistics: Development Prospects» TMTL’12, 13; (г. Луганск, 2012 г., г. Ялта, 2013 г.), на III Всеукраинской научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Транспорт и логистика» (г. Донецк, 2012 г.).

Публикации. В соответствии с темой диссертации опубликовано 25 научных работ, в том числе 8 статей в специализированных изданиях, 2 статьи в зарубежных изданиях и 14 тезисов докладов. В частности, работы

[1-8] опубликованы в специализированных изданиях, утвержденных МОН Украины, работы [2-5,7,8] – в изданиях, включенных в международные наукометрические базы, работы [9,10] – в зарубежных изданиях. По результатам исследований получен патент на изобретение [25].

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, выводов, списка использованных источников из 146 наименований на 16 страницах и приложений на 28 страницах.

Полный объем диссертации составляет 183 страницы, из которых 155 страниц основного текста, работа имеет 61 рисунок, в том числе на 8 полных страницах; 20 таблиц по тексту.