



ЛГТУ



I Международная научно-практическая конференция

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

ТОМ 1



АДМИНИСТРАЦИЯ ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ
И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
НА ТРАНСПОРТЕ**

ТОМ 1

Материалы I международной
научно-практической конференции

12-13 декабря 2018 г.

Липецк
Липецкий государственный технический университет
2018

УДК 656.13(06)

И742

Рецензент: Родионов Ю.В., д-р техн. наук, проф. (Пенза, ПГУАС)

И742 Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте ПТТ'2018 [Текст]: материалы I междунар. науч.-практ. конф., 12-13 декабря 2018 г. В 2 т. Т. 1. – Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2018. – 271 с.

ISBN 978-5-88247-903-8 (т. 1)

ISBN 978-5-88247-902-1

Представлены материалы I международной научно-практической конференции «Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте», проходившей 12-13 декабря 2018 г. в г. Липецке.

В том 1 включены материалы работы секций «Интеллектуальные транспортные системы и безопасность дорожного движения», «Моделирование, автоматизация и управление транспортными процессами и компонентами».

УДК 656.13(06)

Организационный комитет:

председатель Погодаев А.К., д-р техн. наук, проф.,
зам. председателя Ляпин С.А., д-р техн. наук, доц.,
зам. председателя Галкин А.В., канд. техн. наук, доц.,
ученый секретарь Ризаева Ю.Н., д-р техн. наук, доц.

*Мероприятие проведено при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований, Проект 18-07-20107 Г.*

Издано при поддержке ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат».

ISBN 978-5-88247-903-8 (т. 1)

ISBN 978-5-88247-902-1

© ФГБОУ ВО «Липецкий государственный
технический университет», 2018

I международная научно-практическая конференция

«ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ»

Важность проведения конференции заключается в объективной необходимости: системного осмысления и обсуждения преобразований на транспорте, применения современных тенденций в области инфокоммуникационных и интеллектуальных технологий на транспорте, архитектуры национальной интеллектуальной транспортно-логистической системы; обмена результатами деятельности зарубежными и российскими научными школами, среди молодых ученых и представителей бизнеса для повышения конкурентоспособности России на мировом рынке транспортно-логистических услуг и повышения системной безопасности транспортного процесса.

Направления работы конференции позволяют расширить возможности применения научных результатов заявленной предметной области, обеспечить проведение ряда взаимосвязанных фундаментальных междисциплинарных исследований в области информатики на основе математических, информационных, экологистических принципов и связаны с обсуждением разработанных теоретико-методологических и практических аспектов инфокоммуникационных и интеллектуальных технологий для решения научных проблем и поставленных задач управления транспортными системами.

Мероприятие проводится в рамках празднования 65-летия Липецкой области и 30-летия кафедры автоматизированных систем управления Липецкого государственного технического университета.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- Интеллектуальные транспортные системы и безопасность дорожного движения
- Моделирование, автоматизация и управление транспортными процессами и компонентами
- Автомобиле- и тракторостроение, навесное и прицепное оборудование. Перспективные материалы, оборудование и технологии технического сервиса транспортных средств
- Транспортно-логистические закономерности взаимодействия железнодорожного транспорта с сопредельными подсистемами

ОБЩЕЕ РУКОВОДСТВО

ПОГОДАЕВ Анатолий Кириянович

ректор, доктор технических наук, профессор (Липецк, ЛГТУ)

ЕЛФИМОВ Валерий Иванович

начальник Управления дорог и транспорта Липецкой области (Липецк)

САРАЕВ Павел Викторович

проректор по научной работе, доктор технических наук, доцент (Липецк, ЛГТУ)

ЛЯПИН Сергей Александрович

декан факультета инженеров транспорта, доктор технических наук, доцент (Липецк, ЛГТУ)

ГАЛКИН Александр Васильевич

декан факультета автоматизации и информатики, кандидат технических наук, доцент (Липецк, ЛГТУ)

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

ПОГОДАЕВ Анатолий Кириянович

доктор технических наук, профессор (Липецк, ЛГТУ)

ЕЛФИМОВ Валерий Иванович

начальник Управления дорог и транспорта Липецкой области (Липецк)

САРАЕВ Павел Викторович

доктор технических наук, доцент (Липецк, ЛГТУ)

ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович

академик РАН, доктор технических наук, профессор (Мичуринск, МичГАУ)

ДИДМАНИДЗЕ Отари Назирович

член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор (Москва, РГАУ)

Olja ŠOKORILO

Prof. Dr. (Belgrade, Serbia, University of Belgrade)

Pavel PŘIBYL

Prof. Dr. (Prague, Czech Republic, Czech Technical University)

Stanimir VALTCHEV

Prof. Auxiliar (Portugal, Lisbon, New University of Lisbon)

ФЛИЦАНОВ Юрий Исакович

доктор технических наук (Тель-Авив, Израиль, Тель-Авивский университет)

БАЖИНОВ Алексей Васильевич

доктор технических наук, профессор (Харьков, Украина,
Харьковский Национальный Автомобильно-Дорожный Университет)

МАМАТОВ Фармон Муртозевич

доктор технических наук, профессор (Карши, Узбекистан,
Каршинский инженерно-экономический институт)

БАСКОВ Владимир Николаевич

доктор технических наук, профессор (Саратов, СарГТУ им. Ю.А. Гагарина)

- ДУДКИН Евгений Павлович**
доктор технических наук, профессор (Санкт-Петербург, ПГУПС)
- ЕВТЮКОВ Сергей Аркадьевич**
доктор технических наук, профессор (Санкт-Петербург, СПбГАСУ)
- ЖАНКАЗИЕВ Султан Владимирович**
доктор технических наук, профессор (Москва, МАДИ)
- ЗЫРЯНОВ Владимир Васильевич**
доктор технических наук, профессор (Ростов-на-Дону, ДГТУ)
- КОРНИЛОВ Сергей Николаевич**
доктор технических наук, профессор (Магнитогорск, МГТУ им. Г.И. Носова)
- КОРЧАГИН Виктор Алексеевич**
доктор технических наук, профессор (Липецк, ЛГТУ)
- КРОПОТОВ Андрей Леонидович**
начальник Управления железнодорожного транспорта (Липецк, НЛМК)
- ЛИ Роман Иннакентьевич**
доктор технических наук, профессор (Липецк, ЛГТУ)
- НОВИКОВ Александр Николаевич**
доктор технических наук, профессор (Орел, ОГУ им. И.С. Тургенева)
- ПЕРЦЕВ Дмитрий Владимирович**
начальник Лискинского центра организации работы железнодорожных станций
(Лиски, Воронежская область, РЖД)
- ПОПОВ Алексей Тимофеевич**
кандидат технических наук, профессор (Липецк, ЛГТУ)
- РАХМАНГУЛОВ Александр Нельевич**
доктор технических наук, профессор (Магнитогорск, МГТУ им. Г.И. Носова)
- РОДИОНОВ Юрий Владимирович**
доктор технических наук, профессор (Пенза, ПГУАС)
- САРБАЕВ Владимир Иванович**
доктор технических наук, профессор (Москва, МПУ)
- СИЛЬЯНОВ Валентин Васильевич**
доктор технических наук, профессор (Москва, МААДО)
- СТОРОЖЕНКО Дмитрий Викторович**
начальник цеха эксплуатации подвижного состава
Управления железнодорожного транспорта (Липецк, НЛМК)

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

ПОГОДАЕВ Анатолий Кирьянович – *председатель*
ректор, доктор технических наук, профессор

ЛЯПИН Сергей Александрович – *заместитель председателя*
декан факультета инженеров транспорта, доктор технических наук, доцент (Липецк, ЛГТУ)

ГАЛКИН Александр Васильевич – *заместитель председателя*
декан факультета автоматизации и информатики, кандидат технических наук, доцент (Липецк, ЛГТУ)

РИЗАЕВА Юлия Николаевна – *ученый секретарь оргкомитета*
доктор технических наук, доцент, заместитель декана
факультета инженеров транспорта ЛГТУ по научной работе

Члены оргкомитета

СЫСОЕВ Антон Сергеевич

СУСЛОВА Ольга Анатольевна

БУТИН Антон Владимирович

КАДАСЕВ Дмитрий Анатольевич

ХАБИБУЛЛИНА Елена Леонидовна

ЕВСЕЕВ Алексей Михайлович

ВРЕМЯ И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ

12-13 декабря 2018 г.

Липецк, Липецкий государственный технический университет

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «Интеллектуальные транспортные системы и безопасность дорожного движения»

| | |
|--|----|
| <i>Баранов Ю.Н., Трясцин А.П., Дубровин А.Г.</i> РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОДИТЕЛЕЙ | 13 |
| <i>Басков В.Н., Игнатов А.В.</i> МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА РИСК ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАТОРА | 18 |
| <i>Волков В.С., Кастырин Д.Ю.</i> ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ | 24 |
| <i>Гринченко А.В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АВТОПАРКА ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ | 30 |
| <i>Гусев С.А., Славина Ю.А.</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ | 34 |
| <i>Жилин И.В.</i> ПРОГРАММИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ | 39 |
| <i>Жилин И.В.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ | 44 |
| <i>Зеликов В.А., Денисов Г.А., Струков Ю.В., Шаталов Е.В., Дорохин С.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ II КАТЕГОРИИ В МЕСТАХ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕШЕХОДНОГО ДВИЖЕНИЯ В ОДНОМ УРОВНЕ | 49 |
| <i>Кадасев Д.А., Воронин Н.В., Кадасева И.М.</i> ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ТРАНСПОРТНУЮ ЗАГРУЗКУ РАЙОНА ГОРОДА ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ | 52 |
| <i>Кадасев Д.А., Воронин Н.В.</i> СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РАЙОНА ГОРОДА ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ | 60 |
| <i>Клявин В.Э., Барышев Н.В., Двуреченская А.В.</i> РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ | 68 |

| | |
|--|-----|
| <i>Коростелев А.А., Бондарь Н.С., Митюхин С.О.</i> СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ – ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА | 74 |
| <i>Коростелев А.А.</i> ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ БЕЗНАЛИЧНОЙ ОПЛАТЫ ПРОЕЗДА В ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ | 78 |
| <i>Корчагин В.А.</i> РАЗВИТИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОГО СОЦИОЭКОЛОГОЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА | 85 |
| <i>Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н., Сухатерина С.Н.</i> ОРГАНИЗАЦИОННО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ОБЛАСТНОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ЭКОЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ПЕРЕВОЗОК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ | 95 |
| <i>Логинов В.А., Суворов В.А., Ляхов А.С.</i> КВАЗИПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФУНКЦИЯ ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ПЕРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ПЕРЕВОЗОК | 101 |
| <i>Логинов В.А., Суворов В.А., Ляхов А.С.</i> МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА НА ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ | 105 |
| <i>Луконькина К.А., Етифанов В.В., Обшивалкин М.Ю., Гусев С.И.</i> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В МЕЖРЕГИОНАЛЬНОМ СООБЩЕНИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ СТРУКТУ-РИРОВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА (QFD) | 109 |
| <i>Ляпин С.А., Елфимов В.И., Симаков А.В., Коновалова В.А.</i> МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ | 114 |
| <i>Ляпин С.А., Симаков А.В., Коновалова В.А., Пачин А.Р.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ДИЛЕРСКИХ ЦЕНТРАХ | 121 |
| <i>Моисеева Н.М.</i> УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ОПТИМАЛЬНЫМ РАСХОДОМ ТОПЛИВА | 129 |
| <i>Новиков А.Н., Глаголев С.Н., Новиков И.А., Шевцова А.Г.</i> ПОСТРОЕНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ИТС НА ИЗОЛИРОВАННОМ УЧАСТКЕ УДС | 133 |
| <i>Трясцин А.П., Баранов Ю.Н., Дубровин А.Г.</i> ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ | 142 |

| | |
|---|-----|
| <i>Ушаков Д.И.</i> УПРАВЛЕНИЕ «БОЛЬШИМИ ДАННЫМИ» - «BIGDATA» АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА | 152 |
| <i>Хабибуллина Е.Л.</i> РАЗНОРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ В КОНЦЕПЦИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ | 159 |
| <i>Чиликина И.А., Мактамкулова Г.А., Ризаева Ю.Н.</i> ОЦЕНКА КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА РАБОТНИКОВ АВТОТРАНСПОРТА | 164 |
| Секция «Моделирование, автоматизация и управление транспортными процессами и компонентами» | |
| <i>Абалуев Р.Н.</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ | 171 |
| <i>Белоусов А.С., Кокорев А.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВУХФАЗНЫМ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ | 175 |
| <i>Блюмин С.Л., Миловидов С.П.</i> ГРАФОСТРУКТУРНОЕ РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ С УЧЕТОМ СОЗРЕВАНИЯ ПРОДУКТОВ | 183 |
| <i>Васильев Е.М., Скобов Э.А.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДВУХКОЛЕСНОЙ САМОБАЛАНСИРУЮЩЕЙСЯ ПЛАТФОРМЫ, УПРАВЛЯЕМОЙ ПОЛОЖЕНИЕМ ЦЕНТРА МАССЫ ВОДИТЕЛЯ | 189 |
| <i>Галкин А.В.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНЕРЦИОННОГО ТРАНСФОРМАТОРА ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА | 195 |
| <i>Зацепин Е.П., Уваров Г.Г.</i> СИММЕТРИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РАБОТЫ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТКОМ | 203 |
| <i>Ковальчук А.Д., Гаев Л.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКАЗОВ ПРИ ТАКСОМОТОРНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ | 208 |
| <i>Лаврухина Т.В., Назаркин О.А., Алексеев В.А., Домашнев П.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ | 211 |
| <i>Лаврухина Т.В., Смоленцева Т.Е.</i> МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МНОГОУРОВНЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА | 216 |

| | |
|---|-----|
| <i>Лубенец Ю.В., Юрова А.Ю.</i> ВЫБОР ДИСЦИПЛИНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ОБСЛУЖИВАЮЩИХ КАНАЛОВ | 222 |
| <i>Мещеряков В.Н., Данилов В.В.</i> ЭЛЕКТРОПРИВОД ЦЕПНОГО КОНВЕЙЕРА НА БАЗЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И УЛУЧШЕННЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ | 228 |
| <i>Мещерякова О.В., Мещеряков В.Н., Валтчев С.С.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА С БЕСКОНТАКТНОЙ СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ | 235 |
| <i>Сысоев А.С., Сараев П.В.</i> НЕЙРОСЕТЕВОЕ РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКА АВТОМАГИСТРАЛИ | 242 |
| <i>Ширяева А.В.</i> ТРИПЛАНАРНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ ЗАДАЧА МИНИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ ПЕРЕВОЗОК ПРОДУКЦИИ | 251 |
| <i>Шишлин Д.И., Пахомов А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОЯКОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ЛОКОМОТИВАХ | 255 |
| <i>Шишлин Д.И., Языкова Л.Н., Мантухов Е.С.</i> ПОСТРОЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ БЛОКИРОВКИ НА ПЕРЕГОНАХ И МАРШРУТИЗАЦИЯ МАЛЫХ СТАНЦИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА БУЛЕВОЙ АЛГЕБРЫ | 263 |

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ
СИСТЕМЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

УДК 656.13.001

**РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО
СТАТУСА ВОДИТЕЛЕЙ**

**DEVELOPMENT OF METHODS FOR DETERMINING THE PHYSIOLOGICAL
STATUS OF DRIVERS**

Баранов Юрий Николаевич¹, Трясцин Антон Павлович¹
Дубровин Александр Георгиевич²

¹ Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел, Россия

² Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации

Yuri Baranov¹, Anton Tryastsin¹, Alexander Dubrovin²

¹ Orel state University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia

² Academy of Federal security service of the Russian Federation

Аннотация

Изучение индивидуальных психофизиологических характеристик водителя является одним из путей повышения безопасности дорожного движения. С этой целью была изучена активность поверхностно локализованных биологически активных точек на теле человека в зависимости от психофизиологического статуса водителя. В результате проведенных исследований выявлены взаимосвязи между активностью точек и типами высшей нервной деятельности и состоянием алкогольного опьянения. На основе полученных данных разработаны способы позволяющие определять темперамент водителя, наличие или отсутствие алкогольного опьянения, в том числе и наличие похмельного синдрома. Предложенные способы реализуются при прохождении предрейсового медосмотра и при отборе и подборе водителей на определенные виды перевозок.

Ключевые слова: водитель, характеристика, безопасность, потенциал, способ.

Abstract

The study of individual psychophysiological characteristics of the driver is one of the ways to improve road safety. To this end, the activity of superficially localized biologically active points on the human body depending on the psychophysiological status of the driver was studied. As a result of the conducted researches interrelations between activity of points and types of the higher nervous activity and a state of alcoholic intoxication are revealed. On the basis of the data obtained, methods have been developed to determine the temperament of the driver, the presence or absence of alcohol intoxication, including the presence of hangover. The proposed methods are implemented during the pre-trip medical examination and the selection and selection of drivers for certain types of transportation.

Key words: driver, characteristic, safety, potential, method.

Введение

Водитель транспортного средства, является главным звеном системы «Человек-Машина-Среда», который обязан обеспечивать безопасное функционирование данной системы. Исходя из этого, изучение особенностей психофизиологических особенностей водителей различных классов профессиональной пригодности является одним из определяющих факторов его надежности в профессиональной деятельности [1].

При изучении психофизиологических характеристик водителя, как одним из источников сбора информации, является система биологически активных точек (БАТ). БАТ представляют собой проецируемые на кожный покров участки наибольшей активности системы взаимодействия «покровы тела – внутренние органы» [2], осуществляющей важнейшую функцию в процессах физиологической адаптации. Нгуен Ван Нги (цит. по Портнову Ф.Г.), характеризуя БАТ, отмечает: «...эти точки нетрудно найти [3]. В тех случаях, когда имеется нарушение деятельности одного из внутренних органов, и только в этих случаях некоторые точки на коже становятся чувствительными. Данный феномен может быть использован и для подтверждения диагноза, так как чувствительность некоторых точек позволяет нам установить нарушение деятельности того органа, к которому они относятся».

БАТ и рефлекторные зоны кожной поверхности человека обладают электрическим свойствам, которые обнаружил Д. Нибое [4,5]. Д. Нибое провел глубокие и разносторонние исследования сопротивления кожи под воздействием электрического тока и установил роль факторов, присущих организму человека и его коже, и «внешних» факторов.

Каждая точка или группа точек несут определенную нагрузку по регуляции деятельности отдельных органов или систем органов, тем самым участвуя в поддержании гомеостаза организма в целом [6,7]. Несмотря на значительные достижения в области активности БАТ, вопросы, связанные с разработкой способов определения психофизиологических характеристик человека, остаются малоизученными.

Одним из важных факторов надежности человека, в нашем случае водителя, является его темперамент или другими словами, его тип высшей нервной деятельности (ВНД). Как известно, темперамент является индивидуальной особенностью человека, которая определяет его поведение в изменяющейся реальности жизни, т.е. это особенности человека которые закладываются на генетическом уровне и которые обуславливают физиологические особенности приспособления к окружающей среде. Человеческий фактор является ключевым моментом при стремлении к совершенствованию дорожно-го движения и снижать или вообще исключить его роль - означает обречь всю работу системы на неудачу уже на стадии планирования.

1. Цель исследования

С целью изучения и прогнозирования поведенческой реакции водителя был разработан способ определения типов ВНД основанный на индивидуальных показателях биоэлектрического потенциала в поверхностно локализованных биологически активных точках человека (ПЛБАТ).

2. Результаты исследования

В мировой практике известно множество методов и способов определения типов ВНД у человека. К ним относятся: метод определения силы нервных процессов у человека; способ изменения реакций при разной интенсивности раздражителя и изменения реакций при длительном раздражении, на основе которых и определяется тип ВНД; метод условных рефлексов; наиболее часто используется в практике метод психологических тестов; способ определения генетической основы общих типов ВНД (данный способ наиболее трудозатратный и требует дорогостоящего оборудования); метод наблюдений, еще известен как метод Павлова И.П. У перечисленных способов имеется 3 основных недостатка – это необходимость использования дорогостоящего оборудования, большая трудоемкость и длительность наблюдений.

Основной задачей изобретения являлось - повышение объективности заключений в количественно сравнимых величинах биопотенциала водителя для определения типов ВНД.

В разработанном способе измерения биопотенциала водителя проводят на меридиане желудка в 10 ПЛБАТ V21, E8, E11, E15, E16, E21, E40, E41, E42, E45 (рисунок 1) один раз в день, при прохождении предрейсового медицинского осмотра. Особенностью измерений является то, что они проводятся однократно, в редких случаях их проводят дважды. Затем находят среднюю его величину и при значении $25,0 \pm 1,36$ мкА определяли слабый тип ВНД (меланхолик), при $35,0 \pm 2,03$ мкА – сильный уравновешенный подвижный тип ВНД (сангвиник), при $42,0 \pm 1,13$ мкА – сильный уравновешенный инертный тип ВНД (флегматик), при $54,0 \pm 1,3$ мкА – сильный неуравновешенный тип ВНД (холерик).

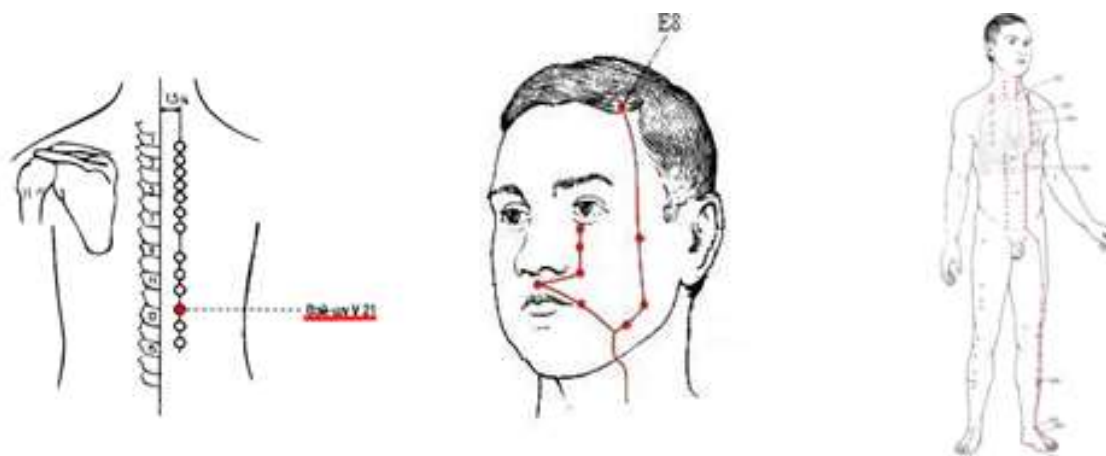


Рисунок 1. Локализация биологически активных точек на теле человека

Для измерения биоэлектрического потенциала ПЛБАТ может использоваться любой прибор, позволяющий установить биопотенциалы БАТ.

Опыты проводились над водителями транспортных средств мужского пола в возрасте 30-45. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Биоэлектрический потенциал ПЛБАТ водителей автотранспортных средств с разными типами ВНД

| Группа опыта | Кол-во водителей, чел | Тип высшей нервной деятельности определенный путем наблюдений | Средний биопотенциал, мкА |
|--------------|-----------------------|---|---------------------------|
| 1 | 10 | меланхолик | 25,0±1,36 |
| 2 | 10 | сангвиник | 35,0±2,03** |
| 3 | 10 | флегматик | 42,0±1,13** |
| 4 | 10 | холерик | 54,0±1,3** |

** - $p < 0,01$

Различия в технологических процессах перевозки грузов и пассажиров, протекающих в разных дорожных условиях, при различной плотности транспортных потоков, создают предпосылки, для разработки дифференцированного подхода к выбору водителя, на основе знаний о типе его темперамента. На основе выше сказанного разработана матрица предпочтений темперамента в зависимости от вида перевозки и дорожных условий, которая была заложена в программу (таблица 2).

Таблица 2. Матрица предпочтений темперамента в зависимости от вида перевозки и дорожных условий

| Вид перевозки | Внутрихозяйственные | Пригородные | Междугородные | Городские с умеренной плотностью | Городские с высокой плотностью | Международные |
|--|---------------------|-------------|---------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------|
| Грузовые перевозки | С, Х, Ф, М | С, Х, Ф, М | Ф | С, Х, Ф, М | С, Ф | Ф |
| Перевозка пассажиров | С, Ф | С, Ф | Ф | С, Х, Ф | С, Ф | Ф |
| Перевозка опасных грузов | С, Ф | С, Ф | Ф | С, Ф | С | Ф |
| Перевозка тяжеловесных и крупногабаритных грузов | С, Ф | С, Ф | Ф | С, Ф | С | Ф |
| Перевозка детей | Ф | Ф | Ф | Ф | Ф | Ф |

М- меланхолик; С- сангвиник; Ф- флегматик; Х- холерик

3. Обсуждение полученных результатов

Реализация предложенного дифференцированного подхода к подбору и отбору водителя, на основе знаний о типе его ВНД позволяет учитывать «человеческий фактор» и повысить уровень безопасности при организации перевозочного процесса в условиях сельскохозяйственного производства [8].

При изучении психофизиологических особенностей также был разработан способ определения состояния алкогольного опьянения, который тоже основан на активности ПЛБАЦ, но имеет особенность, что при использовании данного способа можно определять «похмельный синдром» [9].

Использование описанных способов существенно добавляет информацию о водителе, а также использование разработанных способов применимо и в промышленности, в сельском хозяйстве и других отраслях народного хозяйства для операторов механизированных производств.

Список литературы

- [1] *Катышева, К.В.* Влияние психофизиологических особенностей водителей на безопасность дорожного движения // Молодой ученый. 2017. №12(146). С. 172-175.
- [2] *Русецкий И. И.* Покровы тела и внутренние органы. Клин. мед. 1959. № 10. С. 25-31.
- [3] *Портнов Ф. Г., Морозова О. И.* Применение электропунктуры (ЭЛАП) при лечении больных вазомоторными и аллергическими риносинусопатиями (методические рекомендации МЗ СССР). Москва-Рига, 1978. 15 с.
- [4] *Niboyet J. E. H.* Lanesthesie par lacupuncture. Maisonneuve, Sainte Ruffine, 1973. 433 p.
- [5] *Bossy J., Lafont J.-L., Maurel J.-C.* Semiologie en acupuncture. Paris, Doin Editeurs, 1980. 243 p.
- [6] *Baranov Yu.N.* 2010 Methodology of increasing the safety of livestock workers through engineering technical and organizational measures: Diss. doct. tech. sciences (S. Peterburg).
- [7] *Баранов, Ю.Н.* Поверхностно локализованные биологически активные центры и функциональное состояние крупного рогатого скота : автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.13 / Юрий Николаевич Баранов. Орел, 1999. 24 с.
- [8] *Баранов Ю.Н., Катунин А.А., Трясцин А.П., Бодров А.С., Кондратов С.В.* Способ определения типов высшей нервной деятельности/патент на изобретение RUS 2597808 31.03.2015.
- [9] *Баранов Ю.Н., Баранова С.В., Дубровин А.Г., Катунин А.А., Трясцин А.П., Бодров А.С., Кондрашов С.В., Новиков А.Н., Новиков И.А., Кулева Н.С.* Способ определения состояния алкогольного опьянения. Патент на изобретение RUS 2648345 от 22.12.2016.

УДК 656.13

**МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА РИСК
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАТОРА**

**MECHANISM OF INFLUENCE OF INTENSITY OF THE MOVEMENT ON RISK
OF EMERGENCE OF THE TRANSPORT JAM**

Басков Владимир Николаевич, Игнатов Антон Валерьевич
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.», Россия

Vladimir Baskov, Anton Ignatov
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

Аннотация

В статье рассмотрен показатель интенсивности движения, как один из факторов, влияющих на риск возникновения транспортного затора. Описано изменение интенсивности по временам года, дням недели и часам суток. Представлена модель расчета риска возникновения транспортного затора на регулируемых пересечениях. Произведено сравнение полученных результатов и физического смысла с данными основной диаграммы транспортного потока. Использование модели риска возникновения транспортного затора позволит обосновать необходимость реализации организационных мероприятий на самых загруженных участках улично-дорожной сети. В результате чего будет получен социально-экономический эффект, который окажет влияние на повышение средней скорости транспортного потока за счет увеличения пропускной способности, а, следовательно, и интенсивности движения транспортного потока. Также появится дополнительная возможность выбора наиболее оптимального маршрута движения по перегонам с наименьшим риском возник-

Abstract

In article the indicator of intensity of the movement as one of the factors influencing risk of emergence of a transport jam is considered. Change of intensity from time to time year, to days of the week and hours of days is described. The model of calculation of risk of emergence of a transport jam is presented on adjustable crossings. Comparison of the received results and physical sense with data of the main chart of traffic flow is made. Use of model of risk of emergence of a transport jam will allow to prove need of implementation of organizational actions on the most loaded sites of a street road network. Therefore the social and economic effect which will exert impact on increase in average speed of traffic flow due to increase in flow capacity and consequently, and intensity of the movement of traffic flow will be gained. Also to appear an additional possibility of the choice of the most optimum route of the movement on stages with the smallest risk of emergence of a transport jam (at creation of several shortest distances the most optimum of them by the same principle gets out). Such approach is most relevant for cars of the emergency services.

новения транспортного затора (при построении нескольких кратчайших расстояний выбирается наиболее оптимальный из них по такому же принципу). Такой подход наиболее актуален для автомобилей экстренных служб.

Key words: *traffic flow, transport jam, intensity of the movement, risk, street road network.*

Ключевые слова: *восстановление, наплавка, кинематика процесса, толщина металлопокрытия.*

Введение

Одним из факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на риск возникновения транспортного затора является интенсивность движения. Данный показатель может быть неравномерным, как во времени, так и в пространстве.

Годовая интенсивность транспортного потока – величина непостоянная. Она зависит от уровня автомобилизации конкретных районов, категории дорог, времени года, времени суток и других факторов. В настоящий момент в России рост интенсивности связан с ростом автомобилизации населения. Однако при сохранении старой улично-дорожной сети (УДС) увеличение данного параметра вызывает повышение плотности транспортного потока (ТП), а, следовательно, и риск возникновения транспортного затора.

В сельской местности уровень интенсивности движения, как правило невысокий и не превышает 1000 авт/сут. На большей части улично-дорожной сети городов (за исключением основных магистралей) наблюдается средняя интенсивность движения – 4000 авт/сут. На наиболее загруженных участках улично-дорожной сети наблюдается высокая интенсивность движения – порядка 10000 авт/сут и более.

Интенсивность движения по сезонам изменяется в соответствии с известными закономерностями. На большинстве дорог наибольший уровень интенсивности движения приходится на летнее и осеннее время года.

Интенсивность движения во многом зависит от дней недели. Наибольший уровень интенсивности движения наблюдается в пятницу. Он достигает 125% от среднесуточной. Наименьший уровень интенсивности движения приходится на воскресенье (72%) [1].

С течением суток величина интенсивности движения также подвергается изменению и имеет, как правило, один или два максимума в рабочий день. На дороге пятой категории один максимум соответствует 12-14 часам суток. На дорогах третьей категории имеют место два максимума, соответствующие 10-11 и 18-19 часам суток. На дорогах первой категории тоже два максимума (10-11 и 19-20 часов суток).

Интенсивность движения на улично-дорожной сети городов в течение суток изменяется быстрее, и она зависит как от расположения конкретного участка улично-дорожной сети, так и от режима работы предприятий.

1. Материал и методы

По результату проведенного исследования среднечасовой интенсивности движения

транспортного потока (утренних, дневных и вечерних часов) в будние дни на локальном участке в центральной части города Саратова в зимний и летний периоды 2016/17 года было выявлено, что на данном участке улично-дорожной сети уровень интенсивности движения в летний и зимний периоды приблизительно одинаковы (Рисунок 1). Это связано с тем, что через центральную часть города проходят основные транспортные узлы и магистрали города.

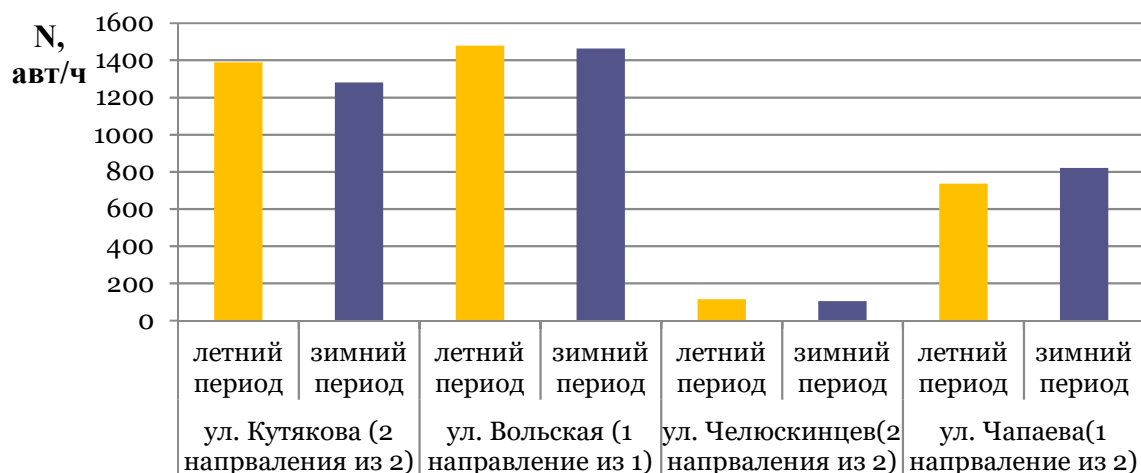


Рисунок 1. Среднечасовая интенсивность движения транспортного потока в будние дни на локальном участке центральной части города Саратова в зимний и летний периоды

Зависимость риска возникновения транспортного затора от интенсивности транспортного потока рассчитывается, как [2]:

$$r_{mз}(N) = 0,5 - \Phi \left(\frac{d_{кр} - \left(\frac{A}{1 - EN} + \frac{B}{\frac{1}{N} - K} \right)}{\sqrt{\sigma_{d_{кр}}^2 + \sigma_{d_{\phi}}^2}} \right), \quad (1)$$

где $r_{mз}(N)$ - риск возникновения транспортного затора от интенсивности движения; d_{ϕ} - среднее значение расчетной или фактической величины транспортной задержки на регулируемом пересечении в «час пик», с; $d_{кр}$ - среднее значение предельной (критической) величины транспортной задержки на регулируемом пересечении в «час пик», при которой вероятность возникновения затора будет равна 50%, с; $A = \frac{0,9C,9 - \lambda)^2}{2}$ - коэффициент, зависящий от длительности цикла регулирования и эффективной доли зеленого сигнала, с/авт; $\lambda = \frac{g}{C}$ - эффективная доля зеленого сигнала; $B = \frac{0,9K^2}{2}$ - коэффициент, зависящий от коэффициента, определяющего отношение длительности цикла к максимальному количеству транспортных средств, которые успевают покинуть

пересечение в j -м направлении за эффективное время i -й фазы регулирования, $\text{с}^2/\text{авт}^2$;

$K = \frac{C}{M_n g}$ – коэффициент, определяющий отношение длительности цикла к макси-

мальному количеству транспортных средств, которые успевают покинуть пересечение в j -м направлении за эффективное время i -й фазы регулирования, $\text{с}/\text{авт}$; $E = \lambda K$ – коэффициент, зависящий от коэффициента, определяющего отношение длительности цикла к максимальному количеству транспортных средств, которые успевают покинуть пересечение в j -м направлении за эффективное время i -й фазы регулирования и эффективной доли зеленого сигнала, $\text{с}/\text{авт}$; C – длительность цикла регулирования, с ; g – эффективная длительность зеленого сигнала, с ; M_n – поток насыщения, $\text{авт.}/\text{с}$; N – интенсивность прибытия транспортного потока, $\text{авт.}/\text{с}$.

2. Результаты и обсуждение

По результату проведенного исследования интенсивности движения в центральной части города Саратова (для выявления влияния скорости транспортного потока на риск возникновения транспортного затора) с учетом модели (1) получена расчетная зависимость влияния интенсивности движения на коэффициент риска (Рисунок 2).

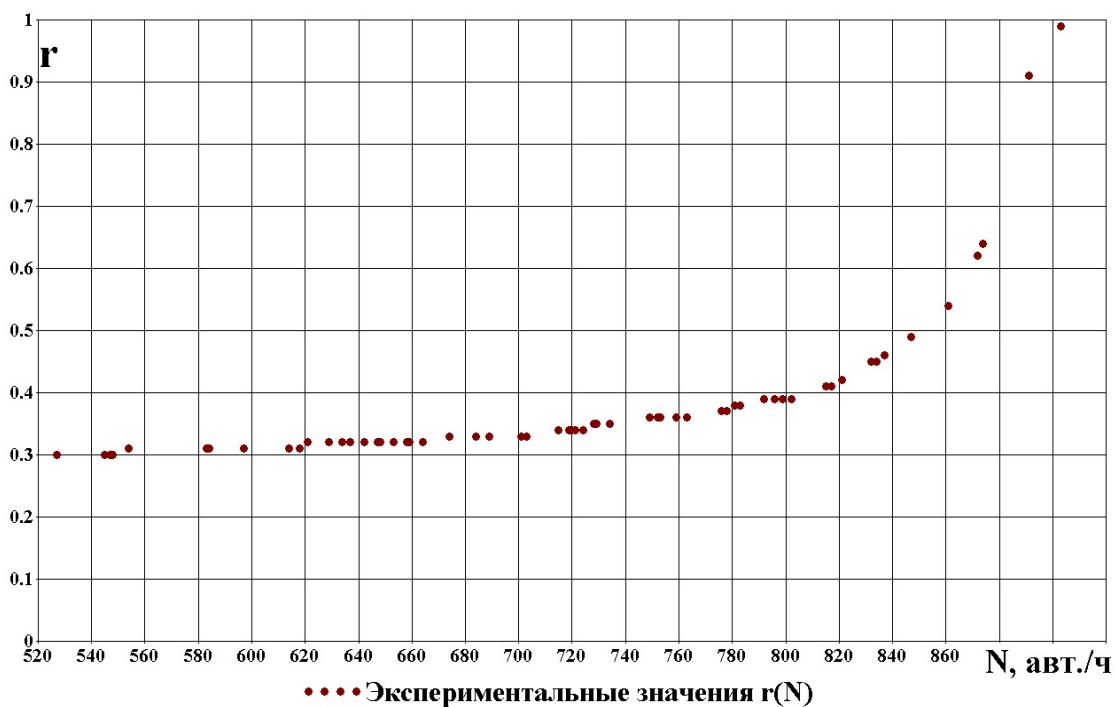


Рисунок 2. Экспериментальные (расчетные) значения риска возникновения транспортного затора ($r_{ТЗ}$) от интенсивности движения ТП (N) на ул. Рахова в обратном направлении пересечения ул. Московская – ул. Рахова в будние дни недели (при эффективной ширине проезжей части равной 6,5 м)

Таким образом, судя по графику расчетной зависимости $r_{тз}(N)$ по формуле (1) в одинаковых условиях (Рисунок 2), риск возникновения транспортного затора стремится к величине «1» с ростом интенсивности транспортного потока, которая стремится к максимальному уровню пропускной способности дороги, в результате чего плотность транспортного потока будет увеличиваться при заметном снижении его скорости, что не противоречит основной диаграмме транспортного потока.

С целью проведения экспериментального исследования фактических транспортных задержек был выделен участок УДС в центральной части города Саратова [3].

По результату исследования получена картограмма риска возникновения транспортного затора в пиковые часы будних дней обследованного участка УДС центральной части города Саратова. Выявлены участки с риском возникновения транспортного затора I и II категории [3], то есть выше 47 % (Рисунок 3).

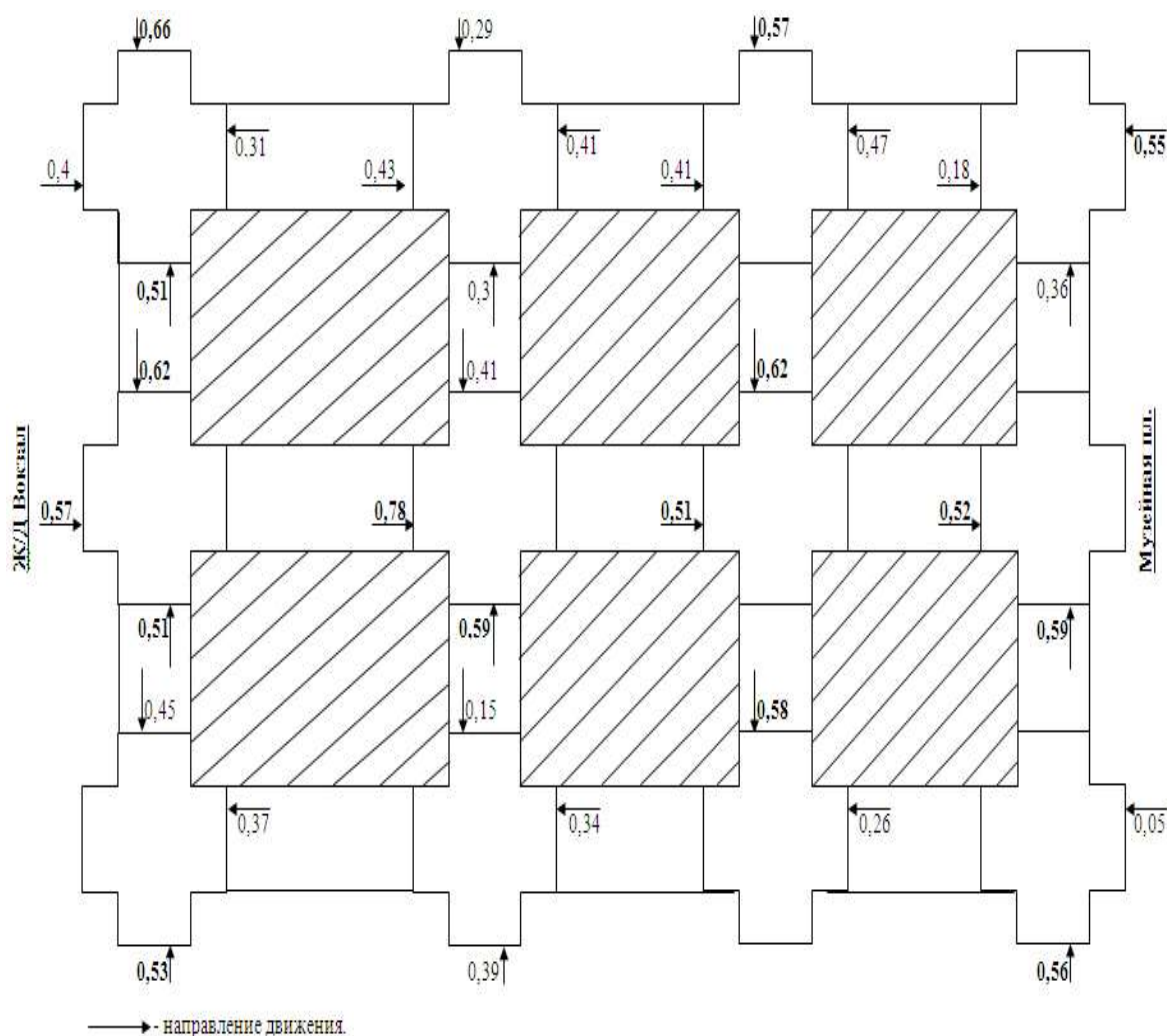


Рисунок 3. Картограмма риска возникновения транспортного затора в пиковые часы будних дней на обследованном участке УДС

3. Выводы

Таким образом, при использовании модели риска возникновения транспортного затора появится дополнительная возможность планирование маршрута по наиболее оптимальному кратчайшему расстоянию, у которого экономический эффект будет обусловлен срочностью доставки и значительным сокращением постоянных расходов.

Для примера можно привести деятельность пожарных бригад. Время прибытия пожарных машин не должно быть более 10 минут для городов и 20 минут для сельской местности [3]. Основываясь на исследованиях Брушлинского Н.Н. [4] более трёх четвертей погибших при пожарах скончались в первые 5-7 минут развития пожара, в основном по причине отравления продуктами горения. Вместе с этим почти 50% материального ущерба накапливается к моменту прибытия первых пожарных команд к месту пожара, которое в среднем равняется 8-9 минутам. В течение указанного времени первым пожарным расчетам удается достигнуть места пожара приблизительно в 60% всех случаев.

Список литературы

- [1] *Менделев Г.А.* Транспорт в планировке городов: Учебное пособие /МАДИ(ГТУ). М., 2005. 135 с.
- [2] *Басков В.Н.* Управление перевозками с учетом риска возникновения транспортного затора: учеб. пособие / В.Н. Басков, А.В. Игнатов, Е.Ю. Горшенина. - Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2017. 100 с.
- [3] *Игнатов А.В.* Категорирование участков улично-дорожной сети на основе модели риска возникновения затора / А.В. Игнатов, В.Н. Басков // Научное обозрение. – 2015. № 8. С. 384-388.
- [4] *Федеральный закон №123-ФЗ от 22 июля 2008 г.* «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
- [5] *Брушлинский Н.Н.* О нормировании времени прибытия пожарных подразделений к месту пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 9. С. 42-48.

УДК 629.039.58

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ

PROBABILISTIC ESTIMATIONS OF ROAD SAFETY HAZARDS

Волков Владимир Сергеевич, Кастырин Дмитрий Юрьевич
Воронежский государственный лесотехнический университет, Воронеж, Россия

Vladimir Volkov, Dmitry Kastyrin
Voronezh State University of Forestry and Tehnologies, Voronezh, Russia

Аннотация

Рассмотрен анализ показателей опасности конфликтных точек на равнозначных пересечениях дорог по двум направлениям движения автомобилей: прямо и налево. Приведены сведения о расчёте прогнозных характеристик опасности образующихся на пересечении конфликтных точек в режиме текущего времени по входным величинам скорости автомобилей, движущихся прямо и налево. Учтены колебания интенсивности движения автомобилей, движущихся по указанным двум направлениям по часовым интервалам. Пользование предлагаемой методикой позволяет принимать решения об ограничениях скоростных режимов и направлениях движения транспорта по полосам проезжей части.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, конфликтная точка, пересечение, скорость, интенсивность движения.

Abstract

The analysis of the indicators of the danger of conflict points on the equivalent intersection of roads in two directions of traffic of cars is considered: directly and to the left. Information is provided on the calculation of the forecast characteristics of the danger formed at the intersection of conflict points in the current time mode by the input values of the speed of cars moving straight and to the left. Variations in the intensity of movement of cars moving in these two directions along the hour intervals are taken into account. Using the proposed methodology allows you to make decisions about the limitations of speed regimes and directions of traffic along the lanes of the carriageway.

Key words: road accident, conflict point, intersection, speed, traffic intensity.

Введение

При реконструкции имеющихся дорожных пересечений потоков автомобильного транспорта, а также при проектировании новых участков дорожной сети населённых пунктов проектировщики часто не имеют сведений о возможной опасности конфликтных точек в местах, где происходит пересечение направлений движения автомобилей.

1. Постановка задачи

Целью данной работы является аналитический расчёт прогнозных оценок вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий в зависимости от схемы движения транспортных потоков, интенсивности движения автомобилей и их скорости.

2. Решение задачи

Опасность конфликтных точек на дорожных пересечениях зависит от большого числа факторов, в числе которых определённую значимую роль имеет скоростной режим транспорта. Как показывают проведенные ранее исследования [3] значительное число дорожно-транспортных происшествий наблюдается при столкновениях автомобилей, поворачивающих налево с автомобилями, движущимися в прямом направлении.

Используемая для расчёта показателя q_i оценки опасности пересечения дорог в режиме текущего времени формула [11],

$$q_{ia-a} = K_i M_i N_i 10^{-2}, \quad (1)$$

где K_i – опасность конфликтной точки; M_i и N_i – часовая интенсивность движения автомобилей по пересекающимся направлениям, не учитывает влияние скоростного режима транспорта.

При этом в рассмотрении влияния скоростного режима транспорта на показатель опасности конфликтной точки имеет значение фактор превышения фактической скорости транспортной единицы относительно установленного ограничения. В данном случае для учёта различия фактической скорости транспортного потока и существующего ограничения принят коэффициент превышения скорости

$$K_v = \frac{V_\phi}{V_{огр}}, \quad (2)$$

где V_ϕ – фактическая скорость транспортного потока; $V_{огр}$ – установленное ограничение скорости на данном участке

Тогда расчётная формула для определения показателя q_{vi} опасности конфликтной точки (рис. 1) на пересечениях дорог по столкновению автомобилей, движущихся прямо и поворачивающих налево, может быть выражена в следующем виде

$$q_{vi} = M_r M_i V_r^2 V_i^2 K_v 10^n \quad (3)$$

где M_r и M_i – соответственно часовые интенсивности движения автомобилей, совершающих поворот налево и движущихся прямо; V_r и V_i – соответственно средние часовые скорости транспортных потоков автомобилей, совершающих поворот налево и движущихся прямо; n – показатель степени, учитывающий возможность приведения расчётных данных к показателю вероятности возникновения дорожно-транспортного происшествия.

В качестве примера была взята схема, показанная на рис. 1, дорожного пересечения четырёхстороннего перекрёстка. При этом, как видно из рисунка, в режиме нерегулируемого движения каждому водителю при движении как прямо, так и налево, приходится преодолевать от четырёх до пяти конфликтных точек.

В режиме светофорного регулирования без дополнительных секций светофоров, водителям, движущимся налево, приходится преодолевать только число конфликтных точек, равных количеству полос движения в прямолинейном направлении. Если для упрощения расчёта рассматривать суммарную интенсивность автомобилей, движущихся в прямом направлении, можно рассматривать только одну конфликтную точку.

В качестве исходных данных для решения данной задачи использовались величины скорости автомобилей, поворачивающих налево $V_r = 10; 20$ и 30 км/ч. При этом скорость автомобилей, движущихся в прямом направлении V_i , принималась с интервалом 10 км/ч в диапазоне от 40 до 110 км/ч. Интенсивности движения M_r и M_i принимались по результатам наблюдений и, для данного случая, рассматривались как постоянные величины, характерные для периода наибольшей загруженности перекрёстка, $M_r = 480$ авт/ч и $M_i = 600$ авт/ч.

В условиях города при ограничении скоростного режима $V_{огр} = 60$ км/ч коэффициент превышения скорости K_v находился в пределах от $0,6$ до $1,8$.

В ходе исследовательской работы было установлено, что на показатель опасности дорожного пересечения значимое влияние оказывает скорость автомобилей, поворачивающих налево, проходящих конфликтную точку взаимодействия с автомобилями, движущимися в прямом направлении.

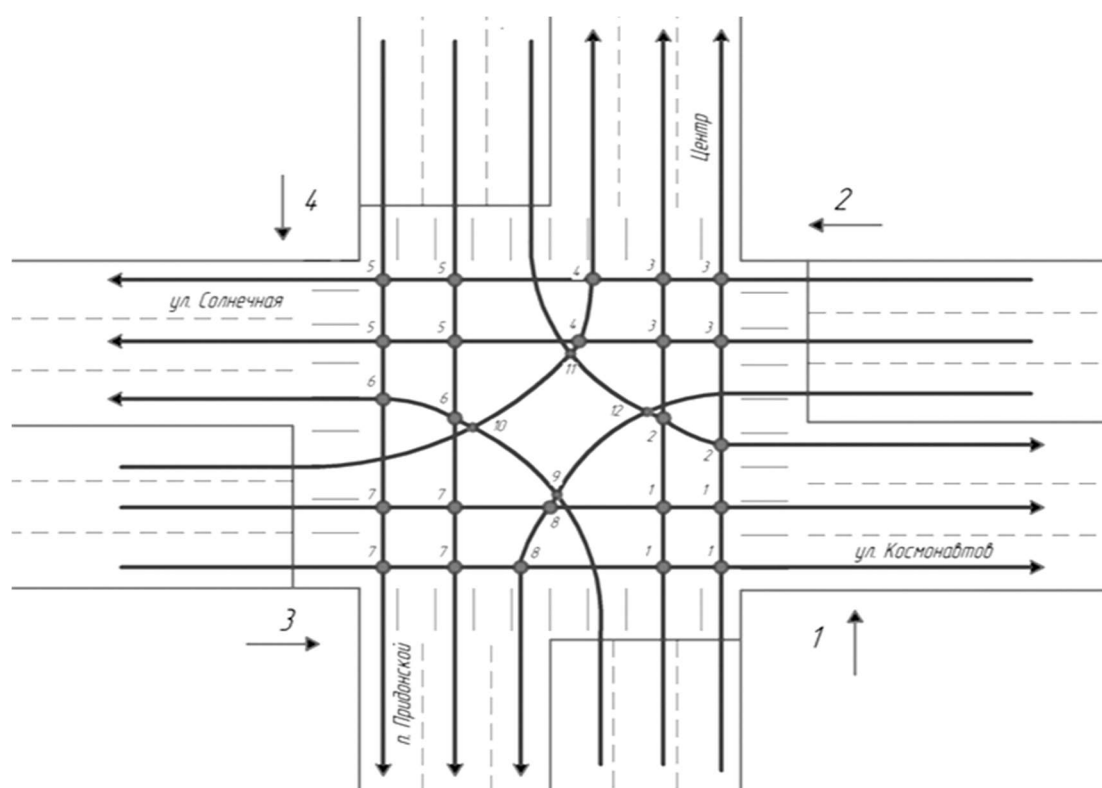


Рисунок 1. Схема расположения конфликтных точек на пересечении

В случае, как показано на рис. 2, при скоростном ограничении $V_{огр} = 40$ км/ч все, находящиеся справа от начальной точки данные, рассматриваются как следствие нарушения скоростного режима движения на данном участке и, увеличение показателя опасности конфликтной точки в зависимости от скоростного режима взаимодействия двух пересекающихся автомобильных потоков, проявляется наиболее значимо.

При скоростном ограничении $V_{огр} = 60$ км/ч, как показано на рис. 3, показатель опасности конфликтной точки, характерный для автомобилей, совершающих левый поворот при скорости $V_r = 10$ км/ч остаётся практически неизменным. Определённое увеличение этого показателя наблюдается при возрастании скорости V_r поворачивающих автомобилей, однако в диапазоне до установленного ограничения в 60 км/ч оно незначи-

тельно. При превышении автомобилями, движущимися прямо, данного ограничения скорости, наблюдается резкое возрастание показателя конфликтной точки.

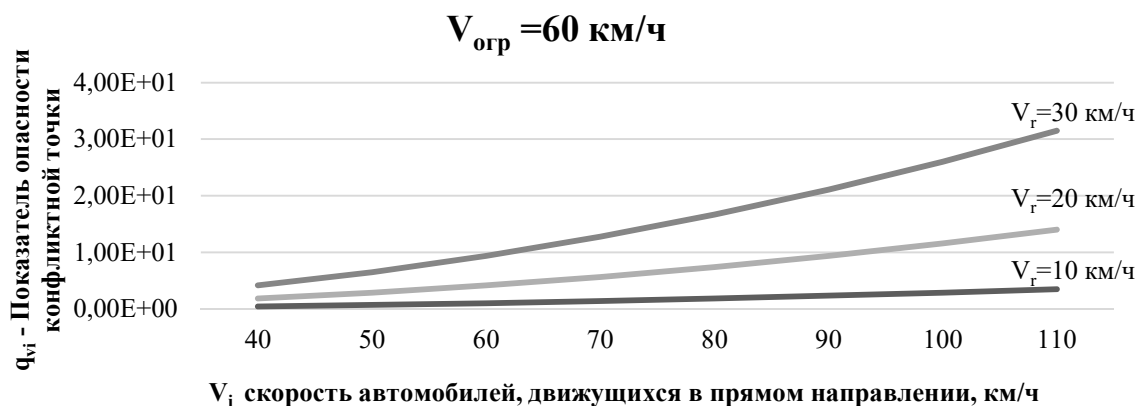


Рисунок 3. Зависимость показателя опасности конфликтной точки пересечения от скоростного режима при ограничении максимальной скорости 60 км/ч

В условиях более высокого ограничения скоростного режима на уровне $V_{огр} = 90$ км/ч, характерного для движения вне населённых пунктов, наблюдается практически повторение зависимости показателя опасности конфликтной точки для скорости поворачивающих автомобилей $V_r = 10$ км/ч, характерной для разрешённого скоростного режима до 60 км/ч.

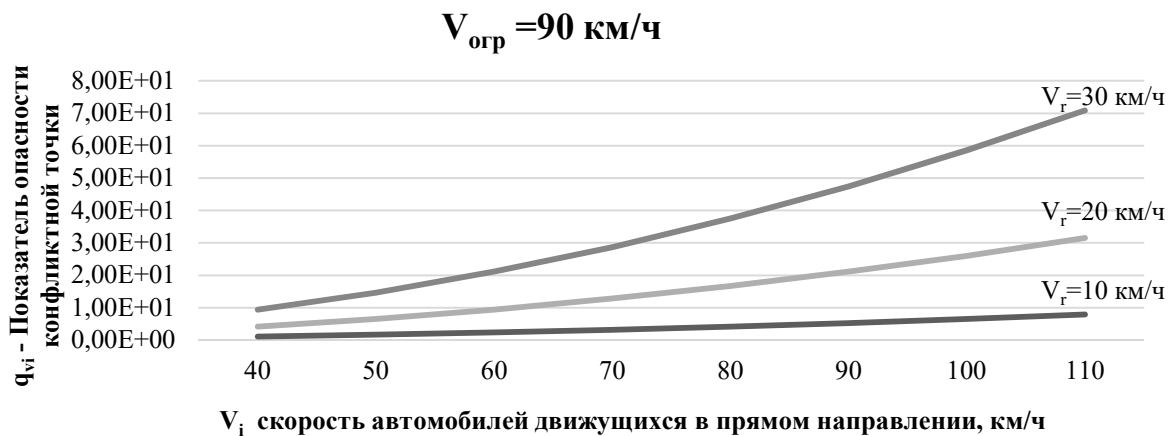


Рисунок 4. Зависимость показателя опасности конфликтной точки пересечения от скоростного режима при ограничении максимальной скорости 90 км/ч

При превышении установленного ограничения автомобилями, движущимися прямо при $V_r = 10$ км/ч, показатель опасности конфликтной точки незначительно возрастает. При увеличении скорости автомобилей, совершающих левый поворот, наблюдается, как показано на рис. 4, значительное возрастание показателя опасности конфликтной точки.

В некоторых случаях, когда на участках дорог вводятся более высокие ограничения

максимального скоростного режима, например $V_{огр} = 120$ км/ч, наблюдается, как показано на рис. 5, наиболее высокий рост показателя опасности конфликтной точки при любых величинах скорости поворачивающих автомобилей. Данное обстоятельство можно рассматривать как предупреждение о необходимости введения запрета на совершение маневра левого поворота на пересечении при таком значении разрешённого скоростного лимита.

Определённое влияние на изменение величины показателя опасности конфликтной точки на пересечении оказывает коэффициент превышения скорости относительно установленного скоростного лимита. Как было установлено, величина показателя опасности конфликтной точки резко возрастает при увеличении коэффициента K_{vi} больше единицы, то есть, как показано на рис. 6, когда скорость транспортного потока, движущегося прямо, превышает величину установленного ограничения.

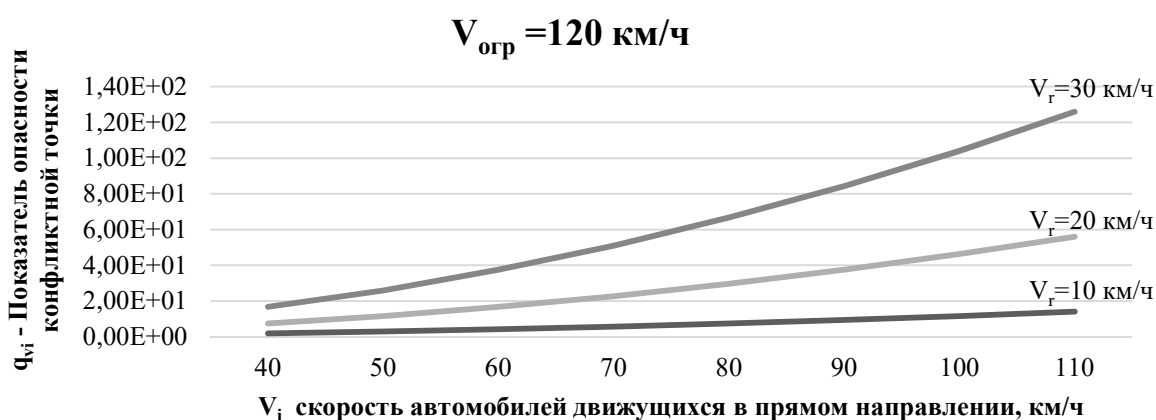


Рисунок 5. Зависимость показателя опасности конфликтной точки пересечения от скоростного режима при ограничении максимальной скорости 120 км/ч

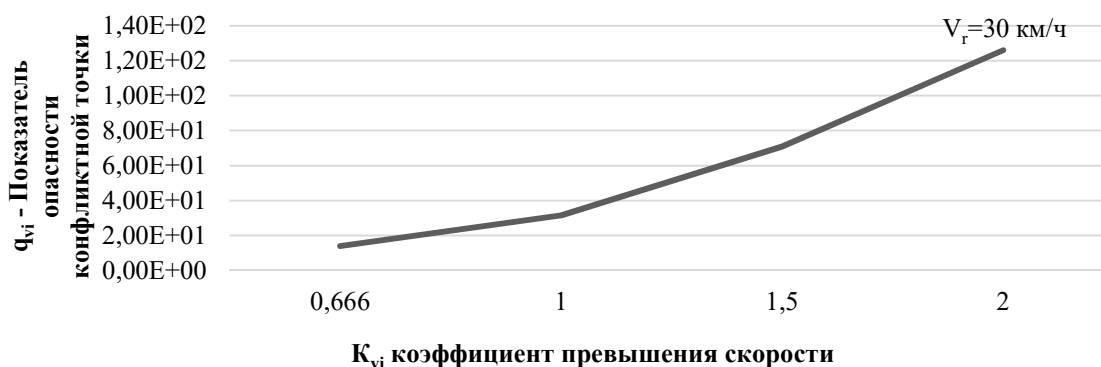


Рисунок 6. Зависимость показателя опасности конфликтной точки от коэффициента превышения скорости

3. Полученные результаты

1. Предложена методика расчёта вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий на пересечениях автомобильных дорог в зависимости от интенсивности

движения автомобилей и их скоростного режима, а также с учётом направлений движения на пересечении.

2. Установлена нелинейная квадратичная зависимость возрастания показателя опасности конфликтной точки при увеличении скорости пересекающихся транспортных потоков. При увеличении интенсивности движения на пересечениях происходит не особо выраженное возрастание вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий.

3. При превышении скорости движения транспортных средств на величину более 30 км/ч от установленного ограничения наблюдается резкий рост показателя опасности каждой конфликтной точки на пересечении и всего пересечения в целом.

4. Пользуясь изложенной методикой и располагая сведениями об интенсивностях движения по направлениям транспортных потоков, можно получать прогнозные оценки показателя опасности конфликтной точки на пересечениях дорог. В результате этого могут приниматься соответствующие решения об ограничениях скоростных режимов и направлениях движения транспорта по полосам проезжей части.

Список литературы

- [1] *Бабков, В.Ф.* Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков // М.: Транспорт, 1993. 271 с.
- [2] *Баранов, Ю.Н.* Основы обеспечения безопасности в системе «человек – машина - среда» / Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Р.В. Шкрабак, Ю.Н. Брагинец // Вестник НЦБЖД. 2014. № 1 (19). С. 73 ... 76.
- [3] *Баранов, Ю.Н.* Факторы, определяющие опасное действие водителя при управлении транспортным средством / Ю.Н. Баранов, Д.О. Кожин, Д.Е. Аклёминский, В.В. Еграшин // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 2. № 4. С. 3 - 7.
- [4] *Вентцель, Е.С.* Теория вероятностей: учебник для высших технических учебных заведений / Е.С. Вентцель. М: Издательство «Наука»: Главная редакция физико-математической литературы, 1969. 576 с. Скан, OCR, обработка, формат Djv: Feldmesser, 2013.
- [5] *Вентцель, Е.С.* Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. М.: Высшая школа, 2001. 208 с.
- [6] *Волков, В.С.* Совершенствование экспертизы дорожно-транспортных происшествий с применением квадрокоптеров / В.С. Волков, Д.Ю. Кастырин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Материалы международной заочной научно-практической конференции «Автомобильный транспорт сегодня: проблемы и перспективы» 07 – 09 октября 2015 г. Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГЛУ». С. 271 - 276.
- [7] *Волков, В.С.* Расчет вероятностных оценок опасности конфликтных точек на дорожных пересечениях / В.С. Волков, Д.Ю. Кастырин, Ю.А. Никитина "Мир транспорта и технологических машин" № 4(55) 2016, С. 105-110.
- [8] An Auto-tuning Assisted Power-Aware Study of Iris Matching Algorithm on Intel's SCC // Gildo Torres, Chen Liu, Jed Kao-Tung Chang, Fang Hua, Stephanie Schuckers // Journal of Signal Processing Systems, 2015. – Volume: 80, Issue 3, pp. 261-276.

УДК 656.073

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АВТОПАРКА
ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ**

**DEFINITION OF A RATIONAL STRUCTURE OF THE VEHICLE FLEET
TRANSPORT AND LOGISTICS COMPANY**

Гринченко Александр Викторович

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Alexander Grinchenko

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Рассматривается научный подход к решению одной из проблем оптимизации деятельности транспортно-логистических компаний. Предложено решение задачи выбора необходимого подвижного состава для выполнения грузовых перевозок, что является актуальным в современных рыночных условиях. Разработанная компьютерная программа на основе предложенной экономико-математической модели позволит выбрать рациональную структуру автомобильного парка, соответствующую требованиям потребителей на рынке. При этом учитывается ограниченный объем инвестиционных ресурсов, находящихся в распоряжении транспортно-логистической компании.

Ключевые слова: экономика транспорта, логистика, грузовые перевозки.

Abstract

The scientific approach to solving one of the problems of optimization of transport and logistics companies is considered. The solution of a problem of a choice of the necessary rolling stock for performance of freight transportations that is actual in modern market conditions is offered. The developed computer program on the basis of the proposed economic and mathematical model will allow you to choose a rational structure of the car park that meets the requirements of consumers in the market. This takes into account the limited amount of investment resources at the disposal of the transport and logistics company.

Key words: economy of transport, logistics, freight traffic.

В современных условиях жесткой конкуренции для работы на рынке грузовых перевозок транспортно-логистической компании (ТЛК) необходимо иметь достаточный уровень экономической эффективности своей деятельности. Для этого ТЛК должна обеспечить предоставление широкого набора качественных услуг, соответствующих запросам потребителей, по приемлемой цене. Это обуславливает актуальность и значимость задач, связанных с транспортным обеспечением логистики.

Одной из важных логистических задач, стоящих перед ТЛК, является выбор рациональной структуры автомобильного парка, которая обеспечит удовлетворение существующего спроса на грузовые перевозки с возможностью получения прибыли при приемлемом уровне рентабельности перевозок. При этом необходимо учесть, что приобретение необходимого количества грузовых автомобилей должно быть обеспечено соответствующими денежными средствами, находящимися в распоряжении ТЛК.

Теоретические основы и предпосылки создания модели определения рациональной

структуры автомобильного парка ТЛК изложены в работах [1,2,3,5]. В случае создания собственного рационального парка грузовых автомобилей целевая функция задачи будет представлять собой максимизацию чистого денежного потока и иметь вид

$$f_1 = \left[1 - \frac{\psi}{100} \right] \cdot \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n [A_{ij} (D_{ij} - R_{ij})] - E_n \sum_{i=1}^n A_i K_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

где ψ – ставка налога на прибыль, %; A_{ij} – рациональное количество автомобилей i -го типа (марки, модели) для перевозки j -го вида груза (для эксплуатации на j -м маршруте), ед.; D_{ij} – валовый доход от выполнения плановой транспортной работы автомобилями i -го типа (марки, модели) при перевозке j -го вида груза (при эксплуатации на j -м маршруте), руб.; R_{ij} – расходы от эксплуатации автомобилей i -го типа (марки, модели) при перевозке j -го вида груза (при эксплуатации на j -м маршруте), руб.; E_n – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности капитальных вложений, равный 0,15 [4]; K_i – стоимость капитальных вложений на приобретение автомобиля i -го типа (марки, модели), руб.

В случаях приобретения грузовых автомобилей в лизинг или в кредит параметр K_i в целевой функции (1) будет представлять собой величину первоначального взноса на закупку автомобиля i -го типа. А к расходам ТЛК R_{ij} добавится стоимость лизинговых платежей или ежемесячных платежей по кредиту.

При решении задачи определения рациональной структуры автомобильного парка ТЛК необходимо учитывать ряд условий:

1. Плановая транспортная работа P_j по перевозке каждого j -го вида груза (на j -м маршруте) в прогнозируемом периоде должна быть выполнена

$$P_j \leq \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n A_{ij} W_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

где W_{ij} – прогнозируемая производительность одного i -го автомобиля при перевозке j -го вида груза (на j -м маршруте) за исследуемый период, т-км.

Плановая производительность одного автомобиля определяется по формуле

$$W_{ij} = \frac{q_i \cdot \gamma_{cj} \cdot \beta_j \cdot V_{Tij} \cdot T_{nij} \cdot D_{pij} \cdot \alpha_{ei}}{l_{ej} + \beta_j \cdot V_{Tij} \cdot t_{(n-p)ij}} \cdot l_{ej}, \quad (3)$$

где q_i – грузоподъемность i -го автомобиля, т; γ_{cj} – статический коэффициент использования грузоподъемности при перевозке j -го вида груза (на j -м маршруте); β_j – коэффициент использования пробега на j -м маршруте; V_{Tij} – средняя техническая скорость i -го автомобиля при перевозке j -го вида груза (на j -м маршруте), км/ч; T_{nij} – среднее время в наряде i -го автомобиля при перевозке j -го вида груза (на j -м маршруте), ч; D_{pij} – количество дней работы i -го автомобиля при перевозке j -го вида груза (на j -м маршруте) в прогнозируемом периоде, дн.; α_{ei} – коэффициент выпуска i -го автомобиля на линию; l_{ej} – средняя длина ездки с грузом на j -м маршруте, км; $t_{(n-p)ij}$ – время погрузки-разгрузки i -го автомобиля при перевозке j -го вида груза (на j -м маршруте) за ездку, ч.

2. Приобретение рационального количества грузовых автомобилей должно быть обеспечено соответствующими денежными средствами

$$\sum_{i=1}^n A_i K_i \leq S, \quad (4)$$

где K_i – полная стоимость или величина первоначального взноса на приобретение одного i -го автомобиля, руб.; S – денежные средства, которые ТЛК может израсходовать на приобретение автомобилей, руб.

В случае определения рациональной структуры существующего автомобильного парка ТЛК для оперативного реагирования на изменения спроса на транспортные услу-

где целевая функция (1) примет вид

$$f_2 = \left[1 - \frac{\psi}{100} \right] \cdot \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n [A_{ij} (D_{ij} - R_{ij})] - E_n \sum_{i=1}^n (A_i K_i - \Pi_i) \rightarrow \max, \quad (5)$$

где Π_i – доход от продажи автомобилей i -го типа (марки, модели), руб.

Ограничение (4) в этом случае примет вид

$$\sum_{i=1}^n (A_i K_i - \Pi_i) \leq S. \quad (6)$$

Если ТЛК не имеет собственного автопарка и не планирует создавать его в будущем, а в своей деятельности использует подвижной состав сторонних организаций или индивидуальных предпринимателей, то перед такой компанией стоит задача привлечения рационального количества автомобилей i -го типа (марки, модели) для перевозки j -го вида груза (для выполнения транспортной работы на j -м маршруте). Целевая функция задачи в этом случае примет вид

$$f_3 = \left[1 - \frac{\psi}{100} \right] \cdot \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n [A_{ij} (D_{ij} - R_{ij})] \rightarrow \max, \quad (7)$$

где R_{ij} – расходы ТЛК на оплату работы i -го автомобиля, связанные с перевозкой j -го вида груза (выполнением транспортной работы на j -м маршруте), руб.

Ограничение (4) в этом случае действовать не будет.

Пример расчета. Планируемый объем транспортной работы по видам грузов: навалочные, тарно-штучные, скоропортящиеся и наливные составляет соответственно 650, 1900, 535 и 720 тыс. т-км/год. Для реализации плана по приобретению грузовых автомобилей в лизинг ТЛК имеет в распоряжении финансовые средства в размере 11000 тыс. руб. Техничко-эксплуатационные характеристики исследуемых автомобилей представлены в табл. 1.

Таблица 1. Техничко-эксплуатационные характеристики автомобилей

| Показатель | Самосвалы | | Изотермы | | Фургоны | | Цистерны | |
|---------------------------------------|-----------|-------|----------|-------|---------|-------|----------|-------|
| | МАЗ | КамАЗ | Скания | МАЗ | Рено | DAF | Вольво | КамАЗ |
| Грузоподъемность, т | 13 | 10 | 10 | 9 | 11 | 15 | 10 | 8 |
| Доходы в год, тыс.руб./авт. | 325 | 250 | 624 | 561,6 | 729,3 | 994,5 | 700 | 560 |
| Расходы в год, тыс.руб./авт. | 260 | 200 | 515 | 465 | 600 | 810 | 550 | 450 |
| Стоимость автомобиля, тыс.руб. | 700 | 600 | 1000 | 900 | 900 | 1000 | 1000 | 700 |
| Коэф-т использования грузоподъемности | 1 | 1 | 0,8 | 0,8 | 0,85 | 0,85 | 1 | 1 |
| Коэф-т использования пробега | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Техническая скорость, км/ч | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Время в наряде, ч | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Кол-во дней работы, дн. | 301 | 301 | 301 | 301 | 301 | 301 | 301 | 301 |
| Коэф-т выпуска на линию | 0,9 | 0,85 | 0,9 | 0,85 | 0,9 | 0,87 | 0,9 | 0,85 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Длина ездки с грузом, км | 50 | 50 | 120 | 120 | 130 | 130 | 100 | 100 |
| Время погрузки/разгрузки, мин | 13 | 15 | 25 | 20 | 27 | 30 | 15 | 13 |

С помощью компьютерной программы в среде Microsoft Excel рассчитана рациональная структура автомобильного парка:

- для перевозки навалочных грузов: 2 самосвала МАЗ;
- для перевозки тарно-штучных грузов: 5 фургонов DAF;
- для перевозки скоропортящихся грузов: 2 изотермических фургона Скания;
- для перевозки наливных грузов: 3 автоцистерны КамАЗ.

Для реализации предложенных мероприятий ТЛК необходимы капитальные вложения в размере 10500 тыс. руб. Срок окупаемости инвестиций рассчитан по формуле

$$T_p = \frac{\sum_i K_i}{\sum_i ПР_i}, \quad (8)$$

где $\sum_i K_i$ - суммарные капитальные вложения по всем типам автомобилей, тыс. руб.;

$\sum_i ПР_i$ - суммарная годовая прибыль, тыс. руб.

Расчетный срок окупаемости составит 6,56 лет. Расчетный срок окупаемости инвестиций меньше нормативного, равного 6,6 лет, следовательно, предлагаемый проект является экономически выгодным.

Разработанная компьютерная программа на основе исходных данных об объеме планируемой транспортной работы, технико-эксплуатационных и экономических характеристиках грузовых автомобилей, величине инвестиционных ресурсов ТЛК позволит определить рациональную структуру автомобильного парка в нестабильных условиях рынка транспортных услуг с целью оперативного принятия соответствующих управленческих решений.

Список литературы

- [1] Гринченко А.В., Шокорова Т.А. Оценка эффективности функционирования грузового транспорта // «Транспорт. Тенденции развития современной науки». Сб. статей науч. конф. Студентов и аспирантов ЛГТУ. В 2 ч., Ч. 2. Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2018. С. 171-173.
- [2] Гринченко А.В., Шокорова Т.А. Повышение экономической эффективности услуг транспортно-логистической компании // «Актуальные вопросы в науке и практике». Сб. статей VI междунар. научн.-практ. конф. В 4 ч., Ч. 2. Уфа: Денра, 2018. С. 84-90.
- [3] Корчагин В.А., Новиков А.Н., Ляпин С.А., Ризаева Ю.Н. Сложные саморазвивающиеся транспортные системы // Мир транспорта и технологических машин. 2016. № 2 (53). С. 110-116.
- [4] Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н. Оценка эффективности инженерных решений: учеб. пособие. Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2008. 160 с.
- [5] Фасхиев Х.А., Нуретдинов Д.И., Гарифов А.Г. Оценка экономической эффективности и выбор подвижного состава. Набережные Челны: Камская гос. инж.-эконом. академия, 2006. 306 с.

УДК 656.13

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

**INTELLECTUALIZATION OF INFORMATION SYSTEMS DEPARTMENT OF
PASSENGER TRANSPORT OF GENERAL USE**

Гусев Сергей Александрович, Славина Юлия Андреевна
*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Саратов, Россия*

Sergey Gusev, Julia Slavina
*Saratov state technical University named after Y. A. Gagarin,
Saratov, Russia*

Аннотация

В статье дано обоснование актуальности темы. Приведен обзор современных подходов формирования интеллектуальных информационных систем управления транспортом общего пользования. Рассмотрены основные тенденции в данной области, программное обеспечение и конфигурации программно-аппаратных комплексов. Рассмотрены основные перспективы их развития.

Ключевые слова: интеллектуальные информационные системы управления, пассажирские перевозки, городской наземный пассажирский транспорт.

Abstract

The article provides a rationale for the relevance of the topic. A review of modern approaches to the formation of intelligent information systems for public transport management is given. The main trends in this area, software and configuration of hardware and software systems are considered. The main prospects of their development are considered.

Key words: rebuilding, welding-up, kinematics of process, thickness of the metal.

Введение

На сегодняшний день развитие системы городского транспорта общего пользования в крупных городах, учитывая состояние материальной базы транспортных компаний и городской инфраструктуры, связано с тенденциями использования современных информационно-коммуникативных технологий, что в свою очередь, определяет траекторию их развития, а также потребность поиска нестандартных решений при разработке научно-практических подходов за контролем его функционирования. С развитием информационных технологий в области транспорта появилась возможность контролировать процесс перевозки пассажиров при использовании механизмов проектирования и создании контуров интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Общеизвестно, что процесс перевозки пассажиров зависит от непрерывно изменяющейся ситуации на улично-дорожной сети (УДС) города, от значительных колебаний пассажиропотока и степени наполнения подвижного состава по участкам УДС и време-

ни суток. Постоянное наблюдение за состоянием подвижного состава и контролем его технического состояния, движения транспортных средств по четко установленному графику, наличия всей путевой информации у обслуживающего персонала, составление отчетов и т. д. - это основные задачи центральной диспетчерской службы, которые в современных условиях успешно решаются путем использования инструментария ИТС. Эффективность ИТС выражается в возможности обеспечения выполнения заранее установленного плана перевозок пассажиров и оперативной корректировке при снижении показателей функционирования транспорта общего пользования, которое может возникнуть из-за неточности планирования работы подвижного состава, неисправности транспортных средств, изменения дорожной ситуации на УДС и т. д.

1. Внедрение ИИСУ пассажирскими перевозками в г. Саратове

Надежность и эффективность процесса перевозки пассажиров транспортом общего пользования является одними из важнейших факторов стабильности экономики, а также социальной и политической ситуации в стране, так как им обеспечивается колоссальное число трудовых поездок жителей. В настоящее время в РФ существует около 500 тысяч автотранспортных предприятий (АТП) и индивидуальных предпринимателей (ИП) пассажирского автомобильного транспорта. Ежедневно на линию выходят 72 тысячи автобусов (30 % - в больших и крупных городах), 11 тысяч троллейбусов, 8,6 тысяч трамвайных вагонов, 6,5 тысяч вагонов метро. На сегодняшний день, развитие системы транспорта общего пользования значительно отстает от запросов населения. Наиболее критична транспортная ситуация в крупных городах, т.к. в них пассажиры тратят на перемещения в 1,5 - 2 раза больше времени, чем установлено нормативными актами. Выбранный нами в качестве объекта исследования г.Саратов не стал исключением.

В связи с этим является актуальным и своевременным решение вопросов управления пассажирскими автомобильными перевозками на основе систем мониторинга работы подвижного состава, реализующих организационное взаимодействие всех участников перевозочного процесса и выступающих неотъемлемым технологическим компонентом развития автотранспорта с учетом границ исследуемой территории.

Целью реформирования в настоящее время является формирование устойчиво развивающейся, эффективно и надежно функционирующей системы ГПТ, отвечающей потребностям населения и доступной всем его слоям.

В связи со строительством нового аэропорта в с. Сабуровка и планируемым открытием новых маршрутов ГПТ для обслуживания рассматриваемого терминала и вновь вводимых в эксплуатацию жилых массивов в ближайшее время конфигурация и состав сети ГПТ г. Саратова могут существенно измениться.

Внедрение интеллектуальных систем управления (ИСУ) городским пассажирским транспортом (ГПТ) на современном этапе их функционирования и в целом формирования интеллектуальных транспортных систем (ИТС), является логичным продолжением существующих методических подходов и положений в управлении системой пассажирских перевозок крупного города.

В 2015 году СГТУ имени Гагарина Ю.А. совместно с сотрудниками МКУ «Транспортное управление» администрации МО «Город Саратов» была разработана и внедрена интеллектуальная информационная система управления (ИИСУ)".

ИИСУ используется в управлении процессом перевозки пассажиров на ГНПТ города Саратова, на основе инструментария инновационных технологий сбора, накопления, передачи и обработки информации, а также в оценке качества обслуживания населения в реальном масштабе времени на УДС города, при этом она синхронизирована с потребностями пассажиров и адаптируется к воздействиям внешней среды. ИИСУ пассажирскими перевозками разработана на базе аппаратно-програмного комплекса «АвтоТрекер». По Распоряжению Правительства Саратовской области от 8 июля 2013 года N 156-Пр "О региональной навигационно-информационной системе" бортовое оборудование ГЛОНАСС и «АвтоТрекер» установлено на городских муниципальных и частных автобусах. В качестве инструментария была разработана нечеткая экспертная система (НЭС) для оценки качества обслуживания пассажиров, а также применено прогнозирование транспортных процессов на основе искусственных нейронных сетей (ИНС). После проведенного исследования разработана методика оценки качества обслуживания пассажиров на основе ИИСУ пассажирскими перевозками и дан перечень рекомендаций по работе с ней. [1, 5]

Апробация ИИСУ на примере г. Саратова показала, что в результате использования операторами диспетчерского движения методики оценки качества обслуживания пассажиров ГНПТ число отрицательных отзывов на «горячую линию» МКУ «Транспортное управление» сократилось за год на 32 %. А также ожидаемо повысилась эксплуатационная скорость автобусов на 5 %. Таким образом, информационные технологии позволяют значительно повысить эффективность функционирования транспортных систем, а автоматизация процессов сбора и обработки информации даёт возможность в режиме реального времени получать более точную информацию для принятия управленческих решений.

2. Основные перспективы и тенденции развития ИИСУ пассажирскими перевозками

В настоящее время в ряде крупных городов РФ применяется система безналичной оплаты проезда на ГНПТ. Электронные проездные билеты на основе бесконтактной пластиковой карты уже успешно применяются во многих крупных городах России, таких как: Москва (и Московская область), Самара, Челябинск, Нижний Новгород, Екатеринбург, Красноярск, Санкт-Петербург и др. В городе Саратове была внедрена система безналичной оплаты проезда по банковским картам на городском наземном электротранспорте (трамвай, троллейбус) после опыта успешного применения на двух троллейбусных маршрутах. Она позволяет определить, на каких маршрутах электротранспорта пассажиропоток слабой или высокой интенсивности. Информация поступает после обработки данных со считывающих устройств (ручных терминалов). Предприятие-перевозчик МУПП "Саратовгорэлектротранс" пользуется личным кабинетом и может контролировать количество, место проведения платежей и способы оплаты. После закрытия смены средства перечисляются на расчетный счет, и затем переводятся предприятию-перевозчику. К 1 августа 2018 года терминалы оплаты появились в 160 единицах подвижного состава. Внедрение данной системы позволило не только существенно упростить процесс оплаты проезда для пассажиров, но и получать более точную информацию о количестве перевезенных пассажиров в единицу времени.

Однако, статистические данные показывают высокую степень наполнения салонов

транспортных средств на маршрутах с интенсивным устойчивым пассажиропотоком, что затрудняет передвижения кондукторов с терминалами по салону. В таких условиях целесообразно использовать стационарные валидаторы, которые устанавливаются на поручнях или турникетах.

В городских автобусах города Саратова система безналичной оплаты проезда не получила распространения в связи с угрозой удорожания стоимости проезда, организационными трудностями, а также с прохождением ряда автобусных маршрутов по "слепым зонам" УДС, где терминалы не получают связь с банком. В связи с этим возник вопрос о дальнейшей реконструкции маршрутной сети ГНПТ г. Саратова.

Вследствие высокой степени загруженности салонов автобусов целесообразно использование комплексной информационной системы, обеспечивающей безопасность и информирование пассажиров во время поездки. Подобные проекты по типу "Безопасный автобус" представлены: ООО "ИМПУЛЬС-ГЛОНАСС", ГК "М2М телематика", ГК «АвтоТрекер» и др. [2, 3, 4]

Системы такого рода имеют возможность интеграции с системой спутниковой навигации ГЛОНАСС и «АвтоТрекер» (ГЛОНАСС/GPS мониторинг и контроль транспорта), за счет чего происходит геопозиционирование подвижного состава на электронной карте. Внедрение проекта "Безопасный автобус" позволяет осуществлять контроль за соблюдением графиков движения транспортных средств. Автобусы оборудуются "тревожными кнопками", позволяющими передавать экстренную информацию в соответствующие спецслужбы. Посредством сотовой связи выполняется постоянный обмен данными между транспортными средствами и центральной диспетчерской службой, ведется прослушивание и видеонаблюдение в салоне и записываются переговоры водителей с операторами, что необходимо для принятия управленческих решений в чрезвычайных ситуациях. Таким образом выявляются отклонения транспортных средств от установленного маршрута и несоблюдения графиков движения. С помощью программы «АТ-Наблюдатель» операторы центральной диспетчерской службы составляют расписание движения пассажирских транспортных средств, наряды, путевые листы. Также ведется информационная база данных. Программное обеспечение «АТ-Наблюдатель» имеет опции составления отчетов и ведения другой документации. Опыт использования систем по типу "Безопасный автобус" в крупных городах РФ показал возможность интеграции с программным комплексом "1С-бухгалтерия" для ведения документации. [1]

Одной из задач интеллектуализации процесса перевозки транспорта общего пользования является повышение качества обслуживания населения. Важнейшим показателем качества поездки является ее комфортабельность. Комфортабельность поездки должна быть обеспечена не только непосредственно в салоне транспортного средства, но и в процессе ожидания его пассажирами на остановочном пункте.

Решением задачи является внедрение системы "Умная остановка" на УДС города. "Умные остановки" оснащаются ИТС, позволяющей пассажирам во время ожидания получить информацию о расписании движения транспортных средств на городских маршрутах, времени прибытия на остановочный пункт, стоимости проезда на различных видах транспорта и т.д. Данная остановка служит также для размещения рекламных проспектов. В перспективе разработчиками планируется оснащать "Умные остановки" терминалами для покупки билетов.

Введение систем такого типа в эксплуатацию началось довольно недавно - в 2015 году. В РФ одна из первых "Умных остановок" была установлена в Москве. В настоя-

щее время подобные павильоны можно встретить в Нижнем Новгороде, Санкт-Петербурге, Кирове, Белгороде, Тамбове и многих других крупных городах.

Для передачи пассажирам посредством сенсорных табло информации о местонахождении транспортных средств такие объекты через сервер связаны с транспортными средствами, на которых установлены модули ГЛОНАСС/GPS. Одной из самых популярных функций "Умной остановки" является зарядка мобильных устройств: с этой целью устанавливается ряд USB-разъемов. Кроме этого, павильоны служат точками доступа Wi-Fi (обычно 100 Мбит/с). В холодное время года (в условиях низких температур) актуально, что на большинстве "Умных остановках" установлены лавки с инфракрасными обогревателями.

В целях безопасности "умные" остановочные павильоны оборудованы системой видеонаблюдения и "тревожной кнопкой" для вызова спецслужб ("скорой помощи", пожарных, полиции). Для пассажиров с ограниченными возможностями здоровья, например, слабослышащих или слабовидящих на остановке могут быть установлены динамики для озвучивания информации о прибывшем на остановку автобусе, трамвае или троллейбусе. Подобные проекты представлены: ГК "СИТИ СТАЙЛ", ГК "М2М телематика", компанией "Городские инновации" и др. [6]

В будущем также планируется реализовать функцию уведомления пассажиров о местоположении транспортных средств путем визуализации информации в сети Интернет, сотовых телефонах, коммуникаторах и т.д.

Список литературы

- [1] ГК "АвтоТрекер" [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autotracker.ru/> (дата обращения: 21.09.2018).
- [2] О создании комплексной системы обеспечения безопасности населения на транспорте [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ № 403 от 31.03.2010 г. [сайт]. URL: <https://rg.ru/2010/04/05/bezopan-transport-dok.html> (дата обращения: 22.09.2018).
- [3] ГК "М2М телематика" [Электронный ресурс]: Проект «Безопасный автобус»: [сайт]. URL: http://m2m-t.ru/projects/safe_bus/ (дата обращения: 22.09.2018).
- [4] ООО "ИМПУЛЬС-ГЛОНАСС" [Электронный ресурс]. URL: <http://24glonass.ru/solutions/smart-ts/safe-bus> (дата обращения: 22.09.2018).
- [5] О региональной навигационно-информационной системе [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Саратовской области от 8 июля 2013 года N 156-Пр.
- [6] Компания "Городские инновации" [Электронный ресурс]. URL: <http://gorinnovation.ru/> (дата обращения: 23.09.2018).

УДК 004.421.5

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ
ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ**

**PROGRAMMING ELEMENTS OF RANDOM PROCESSES
IN SIMULATION**

Жилин Игорь Викторович

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Igor Zhilin

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Показана актуальность моделирования в разных сферах. Рассмотрены назначение и особенности имитационного моделирования. Показаны основные принципы и этапы моделирования случайных процессов в моделях, соответствующих системам массового обслуживания. Продемонстрированы и проанализированы особенности программирования случайных чисел, распределенных по разным законам.

Ключевые слова: *имитационное моделирование, программирование, случайные процессы.*

Abstract

Shows the importance of modelling in different areas. The purpose and features of simulation modeling are considered. The basic principles and stages of simulation of random processes in models corresponding to Queuing systems are shown. The features of programming random numbers distributed according to different laws are demonstrated and analyzed.

Key words: *simulation modeling, programming, random processes.*

Моделирование является мощным средством познавательной деятельности человека. В процессе моделирования человек заменяет рассматриваемую реальную предметную область искусственно созданным новообразованием и исследует его особенности. Это новообразование называется моделью.

Модель отличается от реальности, поскольку отражает только некоторые ее свойства, к тому же ещё и упрощенно. То есть, применяется такой прием как абстрагирование. При этом важно определенное соответствие модели той реальности, которую она заменяет. В этом случае обоснованно можно перенести выводы на реальность.

Поскольку модель всегда связана с упрощением реальности, то ее "стоимость" существенно меньше этой реальности. Здесь имеются ввиду различные материальные и нематериальные ресурсы, затраченные на моделирование. В этом заключается преимущество использования модели перед непосредственным исследованием реальности.

Моделирование используется людьми в следующих случаях:

- познание уже существующих объектов и процессов;
- создание новых объектов и процессов.

Для этого используется большое разнообразие моделей, среди которых большое место занимают математические модели. Для этих моделей в полной мере проявляется

абстрагирование. Модель лишается чувственности и визуальной узнаваемости. В ней языком математики описываются особенности строения и функционирования реальности. В большинстве случаев математические модели – это набор формул и правил их использования. В них исследователь, изменяя параметры и входные переменные, может получить выходные данные как искомые особенности реальности. Такие математические модели называются аналитическими.

С развитием вычислительной техники все чаще говорят о компьютерном моделировании. Однако это не отдельная разновидность моделирования, а продолжение других, в том числе и математических. Здесь предполагается выполнение расчетов не вручную, а с помощью компьютера. То есть это не методическое новшество, а техническое средство поддержки моделирования. И эта поддержка естественным образом сочетается с математическими моделями, поскольку и то и другое нацелено на работу с числами.

Несмотря на распространенность математического моделирования, основанного на развитости современной математики, его возможности не безграничны. Аналитические математические модели охватывают только относительно простые ситуации, в которых действуют строго детерминистские закономерности.

Совсем другое дело, если рассматриваемые процессы имеют значительную стохастическую составляющую, то есть, имеются случайные процессы, в том числе и Марковские. Для них характерна последовательность случайных событий со стохастической характеристикой времени. Аналитическое математическое описание здесь разработано для ограниченного множества случаев. Например, если рассмотреть теорию массового обслуживания, то это простейшие системы массового обслуживания, у которых время поступления и обслуживания заявок распределено по показательному закону. А это не самое распространенное на практике распределение.

Необходимость учета случайного характера процессов вытекает из их наличия в реальной жизни. Даже если ограничиться автомобильным транспортом, то это автомобильный трафик, техническое обслуживание и ремонт автомобилей, обслуживание клиентов в различных автосервисных и торговых предприятиях.

Для всестороннего исследования таких предметных областей используется имитационное моделирование или другими словами дискретно-событийное моделирование. Здесь математико-алгоритмическими методами воспроизводится процесс, развернутый во времени, то есть строится соответствующий симулятор. В ходе протекания смоделированного на симуляторе процесса проводится эксперимент с разными исходными данными, набирается статистика, после обработки которой делаются выводы. Возможности имитационного моделирования намного шире, чем у аналитического.

Для компьютерного имитационного моделирования имеется небольшое число разработанных программных средств. Среди них наиболее известным является GPSS (General Purpose Simulation System) в разных ее версиях. Среди них стоит упомянуть разработку компании Minuteman Software – программный продукт GPSS World, увидевший свет в 1993 году. У него есть бесплатная версия GPSS World Student Version, ограниченная в своих возможностях, и коммерческая версия стоимостью \$695. Другой программный продукт – это AnyLogic, также являющийся коммерческим с большой ценой.

Эти готовые программные продукты (как и все другие) с большой мощностью обладают существенной сложностью и обобщенностью, имеют опции и настроек. Внутренняя логика и принципы реализации скрыты от посторонних глаз, непонятны пользователю. Интерфейс программы заранее задан и чаще всего не всегда устраивает пользователя.

Таким образом, использование готовых программных продуктов для имитационного моделирования не всегда отвечает запросам пользователя. Поэтому возникает необходимость создания средства имитационного моделирования, отвечающего собственным требованиям. И это возможно, если использовать знания математики в области случайных процессов и программирования.

В первую очередь необходимо определиться с моделированием случайной величины или ее статистическим моделированием. При этом надо учитывать, что она может быть дискретной или непрерывной и иметь различные распределения.

Метод статистического моделирования или метод Монте-Карло заключается в воспроизведении исследуемого процесса при помощи вероятностной математической модели и вычислении характеристик этого процесса. Он основан на многократных испытаниях построенной модели с последующей статистической обработкой полученных данных с целью определения числовых характеристик рассматриваемого процесса в виде статистических оценок его параметров.

В методе статистического моделирования применяются равномерно распределенные случайные числа, которые могут быть относительно легко сгенерированы на компьютере.

Общий алгоритм графического моделирования дискретной или непрерывной случайной величины X , заданной своим рядом распределения вероятностей $P(x_i)$ или интегральной функцией $F(x)$:

1) Строится плавный график $y = F(x)$ для непрерывной случайной величины или ступенчатый график накопленных вероятностей $F_i(x) = P(x_i)$;

2) Генерируются случайные числа, значения которых лежат в интервале от 0 до 1, в количестве, равном числу испытаний n ($j = 1, 2, \dots, n$);

3) Для каждого из сгенерированных случайных чисел y_j по построенному графику находят соответствующие им значения x_j , представляющие собой отдельные смоделированные реализации случайной величины X .

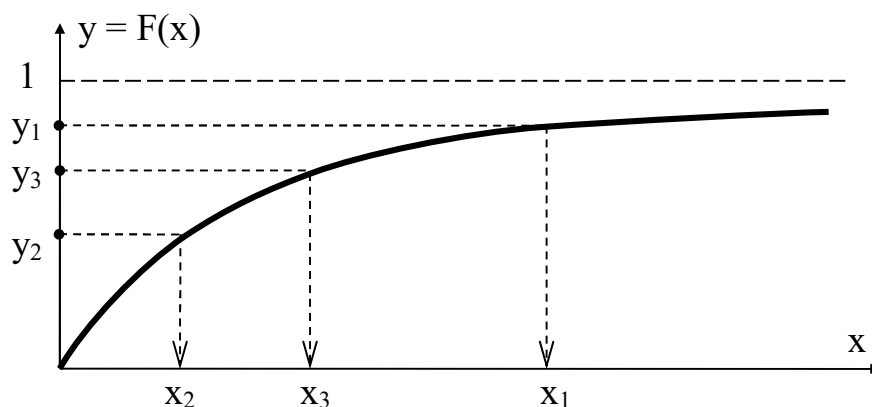


Рисунок 1. Графическое моделирование непрерывной случайной величины

При аналитическом методе моделирования вместо графика используется либо табличная зависимость для дискретной случайной величины, либо функциональная зависимость для непрерывной случайной величины.

Более детальные сведения о моделировании различных случайных величин здесь не приводятся.

После рассмотрения теоретических предпосылок можно переходить к созданию программного средства моделирования случайной величины. Для этого используется один из современных объектно-ориентированных языков программирования C#. Для работы со случайными числами используется класс Random и его метод NextDouble().

Рассмотрим случай моделирования экспоненциально распределенной случайной величины с параметром $\lambda = 2$. Для анализа ограничимся диапазоном значений от 0 до 2. Разделим его на 10 интервалов длиной 0,2. Вероятность p попадания этой случайной величины в отдельный диапазон может быть определена теоретически:

Таблица 1. Вероятность опадания случайной величины в отдельный диапазон

| Диапазон | от 0,0 до 0,2 | от 0,2 до 0,4 | от 0,4 до 0,6 | от 0,6 до 0,8 | от 0,8 до 1,0 | от 1,0 до 1,2 | от 1,2 до 1,4 | от 1,4 до 1,6 | от 1,6 до 1,8 | от 1,8 до 2,0 |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| p | 0,3297 | 0,221 | 0,1481 | 0,0993 | 0,0666 | 0,0446 | 0,0299 | 0,02 | 0,0134 | 0,009 |

Математическое ожидание этой случайной величины равно 0,5. При моделировании большого количества чисел этого распределения частоты их попадания в интервалы должны с некоторой точностью совпадать с теоретическими вероятностями, а их среднее значение – математическому ожиданию.

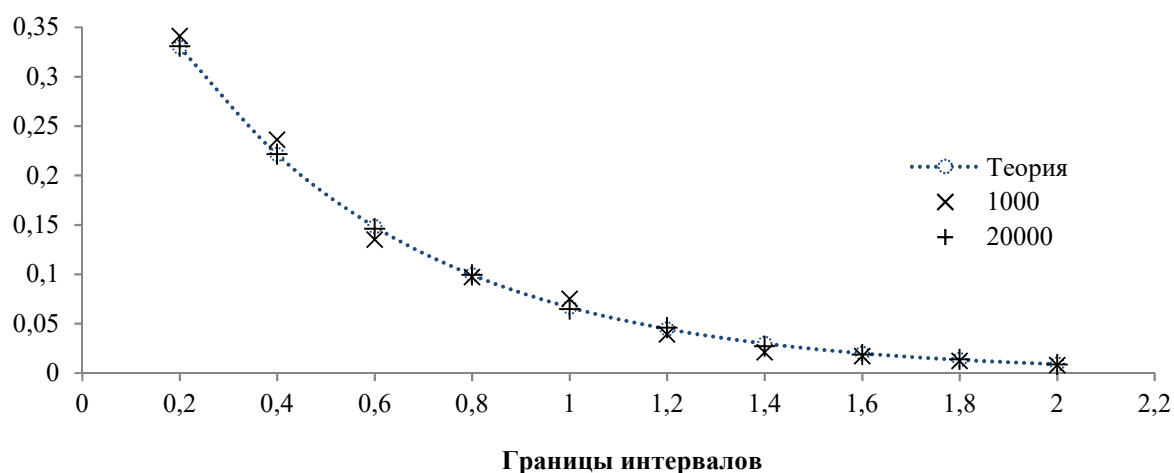


Рисунок 2. Сравнение вероятностей и частот для интервалов

На рисунке 2 кружками представлены значения вероятностей (Теория), для наглядности соединенные линией. Там же представлены значения частот случайных чисел, смоделированных в количестве, равном 1000 и 20000. Чем больше количество смоделированных чисел, тем ближе они расположены к теоретическим значениям. При 20000 отклонения практически не различимы и в среднем равны 1,95%, а при 1000 – 11,36%.

Графики, представленные на рисунке 3, показывают, что при увеличении количества смоделированных чисел среднее их значение стремится к математическому ожиданию, а отклонение частот от вероятностей уменьшается, стремясь к нулю.

Собственно, так и должно происходить по законам больших чисел.

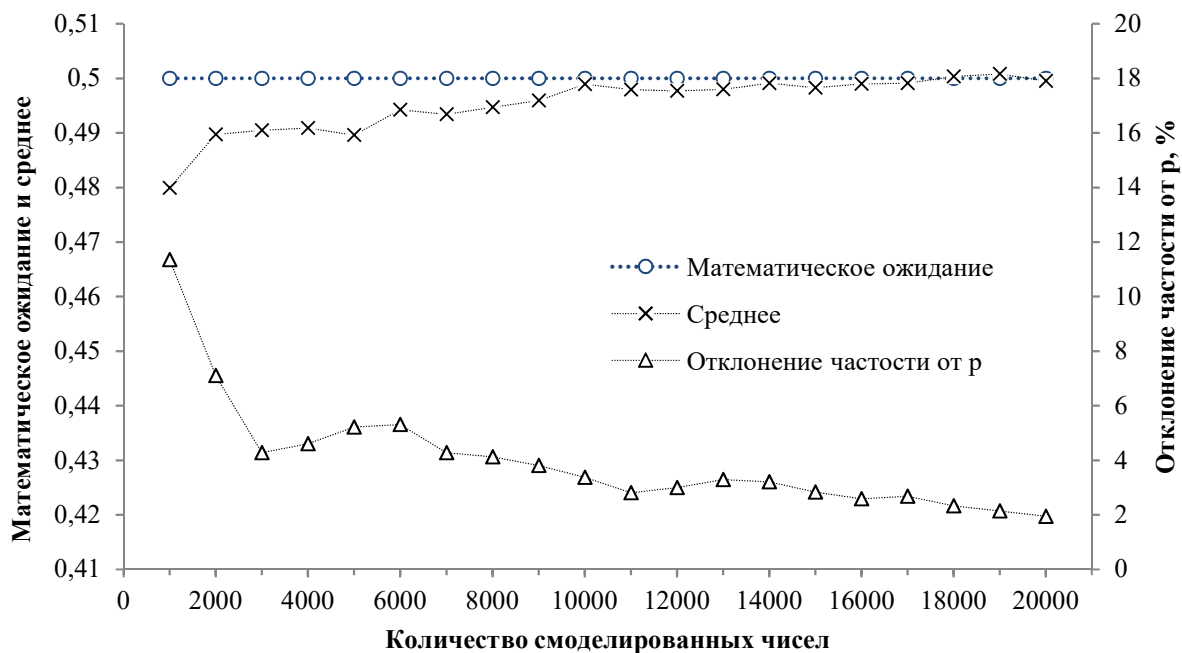


Рисунок 3. Сравнение теоретических и смоделированных данных в зависимости от количества смоделированных чисел

Таким образом, предлагаемая методика и модель моделирования показывают свою работоспособность и могут быть применены для моделирования более сложных случайных процессов.

Список литературы

- [1] Аркашов Н.С. Теория вероятностей и случайные процессы: учебное пособие / Н.С. Аркашов, А.П. Ковалевский. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. – 238.
- [2] Каштанов В.А. Случайные процессы: учебник и практикум / В.А. Каштанов, Н.Ю. Энатская, Е.Р. Хакимуллин. – М.: Юрайт, 2017. – 156.
- [3] Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учебное пособие / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Юстиция, 2018. – 448.
- [4] Корчагин, В.А. Случайные процессы на транспорте: учеб. пособие для вузов / В.А.Корчагин, В.И.Сорокин, И.В.Жилин, П.Г.Коваленко. – Липецк: ЛГТУ, 1999. – 192 с.
- [5] Долгополов Н.В. Учёт случайных факторов при исследовании производственных процессов / Н.В. Долгополов, И.В. Жилин // Транспорт. Тенденции развития современной науки. Материалы научной. Конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2018. С. 93-95.

УДК 629.3.014

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ЗА СЧЕТ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**PAPER TEMPLATE FOR «INFOCOMMUNICATION AND INTELLECTUAL
TECHNOLOGIES IN TRANSPORT» CONFERENCE**

Жилин Игорь Викторович

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Igor Zhilin

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Информационные технологии широко внедряются во все сферы деятельности человека, в том числе и в автомобильный транспорт. В работе рассмотрены особенности информационных технологий. Проанализированы возможности применения информационных технологий на автомобильном транспорте, в частности в конструкции автомобиля, в автосервисе и на автотранспортных предприятиях, в службах организации, управления и контроля дорожного движения. Сформулированы перспективы их использования в этой отрасли.

Ключевые слова: *автомобильный транспорт, автомобиль, информационные технологии.*

Развитие общества базируется на развитии производства. В свою очередь это развитие связано с транспортными процессами вообще и, конечно, в той его части, которая относится к автомобильному транспорту. На протяжении более чем столетия человечество активно использует автомобильные, постоянно совершенствуя эти процессы. С уверенностью можно предположить, что совершенствования в автомобильном транспорте будут происходить и будущем. Специалистам известны многие способы и средства рационального изменения в этой области. Один из них – использование современных информационных технологий.

Чтобы сформулировать возможные направления применения информационных технологий в осуществлении автотранспортных перевозок, необходимо ясно понимать их сущность явлений и знать закономерности протекающих процессов.

В основе всех процессов функционирования автомобильного транспорта находится человек, который планирует, организует и контролирует. Такая деятельность называется управлением, и она применяется как к текущим действиям существующих систем

Abstract

Information technologies are widely implemented in all spheres of human activity, including road transport. The paper deals with the features of information technology. Possibilities of application of information technologies on motor transport, in particular in a design of the car, in car service and at the motor transport enterprises, in services of the organization, management and control of traffic are analyzed. The prospects of their use in this industry are formulated.

Key words: *road transport, automobile, information technologies.*

автомобильного транспорта, так и к целенаправленным изменениям в них.

Любой процесс управления человеком как процесс принятия решения базируется на получении, обработке и передаче информации. Без информации не может быть никакого управления. Из специальной литературы известно, что информация попадает к человеку в виде сигналов различной физической природы через его органы чувств, самыми существенными из которых являются зрение и слух. Эти сигналы распознаются человеком, осмысливаются и служат основой для принятия решений.

Дальнейшие действия по практической реализации принятых решений предполагают распространение информации уже от человека. На этом этапе человек использует различные созданные им способы представления и сохранения информации (числа, текст, звукозапись, графика и пр.), применяет сигналы различной физической природы (звук, свет, электричество и пр.) для передачи информации. Информация в таких случаях существует в виде данных, для работы с которыми требуются соответствующие методы. Характерной особенностью информации здесь является следующее: чем сложнее объект или процесс, тем больший объем данных необходим для его детального рассмотрения.

Очевидно, что возможности человека ограничены, поэтому на протяжении своей долгой истории человек постоянно стремился их увеличить, придумывал способы и средства реализации этих устремлений. На первом этапе это в основном касалось работы с материалом или веществом: орудия труда, одежда, предметы быта. На следующем этапе человек осваивал работу с энергией, тем самым перейдя ограничения своих мускульных возможностей. Но как оказалось самое трудное для человека было научиться работать с информацией.

Изобретая различные способы реализации информационных процессов, применяя соответствующие им технические средства, человек осуществлял развитие информационных технологий.

Рассмотрим подробнее это сложное и многогранное понятие.

Информационные технологии – это процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов [1].

Информационные технологии – это совокупность форм, методов и средств информационной деятельности человека в различных сферах, обеспечивающих создание, обработку, передачу, отображение и хранение информации с применением всего многообразия специальных средств.

Специально организованная работа с информацией присуща только человеку разумному. Она осуществляется с помощью *информационно-технических систем*. Центральное место в этой системе в настоящее время занимает компьютер (ЭВМ). Создание ЭВМ в середине XX в. является одним из самых выдающихся достижений в истории человечества. В результате происходит четвертая информационная революция, которая радикально и стремительно меняет жизнь человека. В качестве информационно-технических систем человек наряду с другими все больше применяет средства вычислительной техники и связи.

Информационно-коммуникационная технология – это совокупность методов, производственных процессов, программно-технических и лингвистических средств, интегрируемых с целью сбора, обработки, хранения, распространения, отображения и использования информации в интересах ее пользователей.

Информационная технология – это представленное в проектной форме (описания, схемы, чертежи, алгоритмы и пр.) концентрированное выражение научных знаний и практического опыта, позволяющее рациональным образом организовать тот или иной информационный процесс для экономии затрат труда, энергии или материальных ре-

сурсов. В основе этого лежит экономия социального времени, которая повышает эффективность реализуемых процессов.

Информационная технология включает различные компоненты: аппаратные средства, программное обеспечение, математические методы и алгоритмы, организационную структуру и пр.

Цель информационной технологии – создание на основе информационных ресурсов новой информации для её анализа человеком и принятия на этой основе решения в практической деятельности.

Информационный процесс может рассматриваться как самостоятельный или как встроенный в другой более сложный комплексный процесс. Поэтому информационные процессы присутствуют во всех сферах человеческой деятельности.

Большое разнообразие информационных технологий может быть классифицировано по степени универсальности. Самыми универсальными являются работа с текстовыми документами, выполнение математических расчетов, работа с изображениями. Эти технологии являются общечеловеческими и применяются в большинстве областей практической деятельности. С другой стороны, можно выделить специальные технологии, характерные только для определенной области.

Информационные технологии сегодня порождают методы переработки разрозненных исходных данных в надежную и оперативную информацию для принятия решений с помощью аппаратных и программных средств для достижения целевых параметров объекта управления.

Применение современных информационных технологий позволяет частично или полностью автоматизировать различные информационные процессы, т.е. определенным образом исключить человека из этой деятельности, доверив ее выполнение специальным техническим средствам.

Современный этап развития информационных технологий характеризуется новыми ранее недоступными человеку возможностями:

- быстрая работа с большими объемами данных;
- недорогое и длительное хранение данных в больших объемах;
- эффективная передача данных на большие расстояния;
- объединение разнообразных технических элементов в единую систему.

Все вышеупомянутое полностью применимо к процессам функционирования автомобильного транспорта. Рассмотрим особенности и возможные направления его улучшения с учетом использования современных информационных технологий.

В первую очередь можно выделить сам автомобиль и его конструктивные особенности. Так как автомобиль – это сложная техническая система, то ее элементы взаимодействуют друг с другом, и сам автомобиль взаимодействует с внешней средой. При этом имеется много процессов, которые производят сигналы. Поэтому конструкция автомобиля изменяется, позволяя человеку получить больше данных об их работе. Это относится к эксплуатационной информации о параметрах функционирования (например, давление воздуха в шине), накопление информации для ретроспективного анализа и постановки "диагноза" (бортовой диагноз). Все больше действий в автомобиле автоматизируется и будет автоматизировано в будущем (ABS, системы стабильности траектории, реагирование на внезапное препятствие движению). Процесс обмена информацией между автомобилем и его владельцем может значительно измениться. До большей степени будет возможно управлять им издалека (теперь возможный удаленно запустить двигатель, чтобы нагреться), получить больше информации об оставленном автомобиле, распознавание автомобилем своего владельца, и т.д. Процесс автоматизации в перспективе может привести к беспилотным автомобилям.

Большие возможности открываются для применения современных информационных

технологий при производстве автомобилей. В настоящее время вполне естественным является применение систем автоматизации проектных работ для подготовки конструкторской документации. Но на ее основе можно также перейти к разработке с большой степенью автоматизации технологической документации. Далее при интеграции с автоматизированными системами управления производством перейти к формированию закупок, составлению оперативных производственных планов, планированию доставок, составлению отчетов. На основе обобщения этих и других данных с помощью автоматизированных систем управления предприятием можно получить возможность работать с финансово-экономической информацией. Таким образом, автоматизация с учетом информационных технологий позволяет все больше отказываться от монотонного живого труда на предприятиях по изготовлению автомобилей и переходить к роботизированным производствам.

Одной из подсистем автомобильного транспорта является автосервис. При функционировании автосервисных предприятий протекает большое количество информационных процессов, где целесообразно использовать современные информационные технологии. Автоматизация информационных процессов позволяет: создать базу данных клиентов и систему их поощрения; использовать обширные справочники работ, затрат, расценок для планирования и оценки стоимости; отслеживать движение и состояние документов (открыт, формируется, закрыт, проведен), а также события (ожидание, получение материалов и запчастей на складе, окончание работ); управлять запасами материалов и запчастей на складе; проводить анализ колебаний заездов автомобилей по времени и загрузки исполнителей; обеспечивать многомерную обработку данных и быстро получать необходимые отчеты для последующего управленческого анализа.

Особым аспектом автотранспорта является эксплуатации подвижного состава в организациях. Это касается процессов перевозки грузов и пассажиров, а также технической эксплуатации. Здесь в полной мере проявляется управление с его опорой на информационные процессы. В качестве примеров можно упомянуть планирование перевозок, удаленный контроль движения автомобиля и расходования топлива, организация технического обслуживания, организация работы по закупкам необходимых материалов и запасных частей, автоматизация работы с документами и даже бездокументальное взаимодействие структурных элементов организации, организация учета и анализа.

Важной областью применения современных информационных технологий является организация движения в больших автотранспортных системах, например, городских, региональных. Здесь принять правильное решение практически невозможно без обработки больших массивов данных. Это касается проектирования транспортной сети (моделирование движения для подбора оптимальных схем), управления движением с учетом фактически складывающейся обстановки (адаптивное управление движением), фиксация данных по функционированию автотранспортной сети. Применение видеозаписи движения на отдельных дорожных участках позволит повышению степени объективности при расследовании ДТП. В качестве более далеких, но важных перспектив здесь можно указать на оснащение каждого автомобиля оборудованием, фиксирующем и передающим различные параметры его движения.

Особой ценностью обладают геоинформационные технологии: системы глобального позиционирования, электронные топографические карты. Они позволяют легко прокладывать и контролировать маршрут движения. Добавление на карту мест расположения дорожных знаков создает возможность навигатору оперативно информировать о них водителя. Это особенно важно в сложных дорожных условиях со множеством отвлекающих водителя факторов.

Большие возможности по применению информационных технологий имеются при

работе контролирующих органов, например, ГИБДД. В первую очередь это касается учета транспортных средств. Сегодня трудно представить как эту информационно объемную работу можно выполнять без применения средств вычислительной техники. Применение автоматических устройств выявления и фиксации административных правонарушений в области дорожного движения позволит расширить зону контроля и повысить уровень объективности. Для этого необходимы технологии распознавания и идентификации транспортных средств и водителей. В настоящее время используется распознавание номеров по изображению, получаемому с помощью камеры. Другим способом распознавания, пока нереализуемым на практике, является технология радиоэлектронных идентификаторов. Также существуют трудности в распознавании других параметров транспортного средства (марка и модель, цвет, техническое состояние) и водителя.

Проведенное выше не полное перечисление информационных технологий показывает их значимость для применения на автомобильном транспорте.

На основании вышесказанного можно сделать выводы:

1. Информационные технологии были, есть и будут значимым средством повышения эффективности практической деятельности человека с учетом его ограниченных физиологических способностей.

2. Информационные технологии постоянно изменяются в сторону увеличения разнообразия и сложности.

3. Каждому образованному человеку важно иметь знания и уметь применять как универсальные, так и специальные информационные технологии.

4. Изучению и применению информационных технологий необходимо уделять все больше внимания.

5. Использование современных информационных технологий значительно улучшает производительность, уменьшает затраты и таким образом повышает эффективность автомобильного транспорта.

6. В сфере автомобильного транспорта имеется много направлений применения информационных технологий как с нуля, так и в плане совершенствования уже имеющихся.

Список литературы

- [1] Федеральный закон от 27 июля 2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»
- [2] Принципиальные подходы к автоматизации процессов автосервисного предприятия // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Материалы XIII международной заочной научно-технической конференции. – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2017. – С.142-146
- [3] *Коростелев А.А.* Развитие применения информационных технологий на автомобильном транспорте / А.А. Коростелев, И.В. Жилин // Тенденции развития современной науки. Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2017. С. 558-560.

УДК 656.13

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКА
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ II КАТЕГОРИИ В МЕСТАХ ОРГАНИЗАЦИИ
ПЕШЕХОДНОГО ДВИЖЕНИЯ В ОДНОМ УРОВНЕ**

**LOT SIZE INCREASE IN THROUGHPUT OF THE HIGHWAY ORGANIZATION
IN PLACES CATEGORY II WALKING IN ONE LEVEL**

Зеликов Владимир Анатольевич, Денисов Геннадий Александрович,
Струков Юрий Вячеславович, Шаталов Евгений Владимирович,
Дорохин Сергей Владимирович
*Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
Воронеж, Россия*

Vladimir Zelikov, Gennady Denisov, Yuri Strukov, Eugene Shatalov, Sergey Dorohin
*Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia*

Аннотация

В статье рассматривается возможность повышения пропускной способности автомобильной дороги М4 – Дон в местах пересечений в одном уровне транспортных и пешеходных потоков. Предлагается заменить имеющиеся стационарные запрещающие дорожные знаки 3.24 «Ограничение максимальной скорости» до 40 км/ч электронными, работающими параллельно с адаптивной светофорной сигнализацией.

Ключевые слова: *транспортные и пешеходные потоки, пересечение, светофор, знаки.*

Abstract

The article considers the possibility of increasing the highway capacity M4-Don in the ground level crossings transport and pedestrian flows. It is proposed to replace the existing landlines prohibiting signs 3.24 "maximum speed limit" up to 40 km/h electronic working in parallel with adaptive signal control.

Key words: *transport and pedestrian flows, intersection, traffic lights, signs.*

Введение

Пропускная способность автомобильной дороги зависит от способа организации на ней дорожного движения (ОДД) и большого числа ее транспортно-эксплуатационных показателей. В процессе работы дороги, прилегающие к ней территории за полосой отвода, особенно, если дорога проходит через районные центры, застраиваются жилыми застройками, появляется придорожная транспортная инфраструктура и организуются пересечения с выездами второстепенных дорог на главную дорогу. В результате увеличивающихся на второстепенных дорогах транспортных и пешеходных потоков существующая схема ОДД дополняется предписывающими, запрещающими и другими дорожными знаками, а при необходимости, с целью снижения аварийности, и светофор-

ными объектами. Такие изменения в схеме ОДД, увеличивают время задержки движения транспортных средств (ТС), снижают скорость транспортных потоков и фактическую пропускную способность автомобильной дороги [1, 2].

1. Объект исследования и методы

В качестве объекта исследования выбрали участок (524 – 525 км) федеральной автомобильной дороги II категории М4 Дон, проходящей через с. Новая Усмань, Новоусманского района Воронежской области с разрешенной скоростью движения ТС 60 км/ч. На участке с двумя полосами движения в каждом прямом направлении имеется T-образный перекресток со светофорным регулированием, где осуществляется разворот и поворот с М4 (со стороны г. Воронеж) в центр, а также выезд из центра с. Новая Усмань на автодорогу М4 Дон (движение только направо). В местах левого поворота и выезда направо на М4 Дон имеются дополнительные полосы. До введения светофорного регулирования на пересечении имелся нерегулируемый пешеходный переход в одном уровне, а указанный участок автомобильной дороги являлся очагом аварийности. Основными видами дорожно-транспортных происшествий (ДТП) были столкновения ТС и наезд на пешехода. В настоящее время за 200 м со стороны каждого подхода к T-образному пересечению со светофорным объектом на М4 Дон установлены запрещающие дорожные знаки 3.24 – «Ограничение максимальной скорости» до 40 км/ч. Такие мероприятия по повышению безопасности дорожного движения (БДД) стали причиной снижения не только ДТП, но и пропускной способности участка, что визуально наблюдается по формирующейся в часы «пик» очереди ТС перед пересечением.

Для оценки фактической пропускной способности рассматриваемого участка М4 Дон и разработки мероприятий по ее повышению мы провели учет движения на пересечении и подходах к нему.

Обследование проводили в соответствии с методическими рекомендациями по оценке пропускной способности автомобильных дорог ОДМ 218.2.020-2012, которые распространяются на существующие и проектируемые автомобильные дороги общего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения, а также на городские дороги и улицы. В октябре 2017 г. провели учет интенсивности, состава и скорости движения ТС, определили интервалы между ТС и плотность транспортного потока, оценили работу светофорной сигнализации.

Для получения эффективного технологического процесса, применяя широкослойную наплавку колеблющимся электродом, необходимо решить вопрос обеспечения достаточных величин припусков на последующую механическую обработку поверхностей. В связи с этим возникает потребность определения функциональной зависимости между основными элементами режима широкослойной наплавки и геометрическими характеристиками покрытия.

2. Обсуждение полученных результатов

Анализ работы светофорной сигнализации показал, что на пересечении осуществляется адаптивное по времени суток управление движением. Время работы запрещающего сигнала светофорной сигнализации в наиболее загруженном - прямом направлении по М4 Дон - составляет от 53 до 73 с. Это время оптимальной работы светофорной сигнализации на пересечении в одном уровне, которое определяется интенсивностью движения транспортных и пешеходных потоков по направлениям по времени суток.

Такое же время горит и зеленый сигнал в прямом направлении.

Потери времени при движении ТС на участке складываются из задержек:

- 1 - во время работы запрещающего сигнала светофорной сигнализации;
- 2 - во время работы разрешающего движение сигнала светофорной сигнализации, но ограничения скорости движения ТС с 60 до 40 км/ч на участке длиной 200 м перед пересечением.

При скорости 60 км/ч одно ТС преодолевают участок длиной 200 м за 12 с. Ограничение же скорости до 40 км/ч приводит к потере времени одним ТС, равном 6 с. Ограничение действует на прямом и обратном направлении на подходах к пересечению. При интенсивности движения ТС на рассматриваемом участке М4 Дон 20 000 авт/ч, суммарные потери времени ТС составят приблизительно 33 ч.

Пешеходное движение в одном уровне через проезжую часть М4 Дон организовано в выделенной фазе левого поворота ТС в сторону центра с. Новая Усмань. Через 200 м от пересечения в сторону от г. Воронеж дополнительно имеется надземный пешеходный переход.

Согласно данным карточек учета ДТП по Н-Усманскому району, за текущий период 2018 года на участке 524 – 525 км М4 Дон ДТП не зарегистрировано, т.е., согласно закона «О БДД», участок не является аварийно-опасным. Следовательно и нет необходимости в установке запрещающих дорожных знаков 3.24, ограничивающих скорость движения ТС.

3. Выводы

С целью повышения пропускной способности участка 524 – 525 км автодороги II категории М4 Дон, необходимо провести:

- демонтаж знаков 3.24 – «Ограничение максимальной скорости» до 40 км/ч;
- вместо знаков 3.24 установить предупреждающие дорожные знаки 1.8 – «Светофорное регулирование», оповещающие водителей, что на перекрестке, пешеходном переходе или участке дороги, движение регулируется светофором;
- в случае если смена дорожных знаков приведет к повышению аварийности, вместо дорожных знаков 3.24 или 1.8, установить дорожные знаки 3.24 с вариантом светодиодного табло значения ограниченной скорости. То есть, при зеленом сигнале светофора ограничение устанавливается 60 км/ч, перед сменой сигнала на красный, ограничение устанавливается 40 км/ч. При обратной смене сигнала светофора соответственно изменяется и значение скорости на табло электронного знака 3.24.

Список литературы

- [1] Пугачев И.Н., Горев А.Э., Солодкий А.И., Белов А.В. Организация дорожного движения [Текст] : доп. УМО вузов РФ по образованию в обл. трансп. машин трансп.-технол. комплексов в качестве учеб. пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. бакалавров / И. Н. Пугачев, А. Э. Горев, А. И. Солодкий, А. В. Белов; под ред. А. Э. Горева. - М. : Академия, 2013. - 240 с.
- [2] Плотников А.М. Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках [Текст] : доп. УМО вузов Рос. Федерации по образованию в обл. трансп. машин и трансп.-технол. комплексов в качестве учеб. пособия / А. М. Плотников. - СПб. : Нестор-История, 2010. - 58 с.

УДК 656.13

**ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА
ТРАНСПОРТНУЮ ЗАГРУЗКУ РАЙОНА ГОРОДА ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ
ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**INFLUENCE OF THE ROUTE ORGANIZATION SCHEME ON THE TRANSPORT
LOADING OF THE CITY AREA IN THE INTELLECTUALIZATION OF
TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS**

Кадасев Дмитрий Анатольевич, Воронин Никита Владимирович,
Кадасева Ирина Михайловна

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Dmitry Kadasev, Nikita Voronin, Irina Kadaseva
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Исследование направлено на изучение дорожно-транспортной ситуации, разработку, совершенствование и оценку влияния схем организации дорожного движения на транспортную загрузку района города при внедрении элементов интеллектуальной транспортно-логистической системы. Предлагаемые мероприятия способствуют повышению скорости сообщения автотранспортных потоков, пропускной способности улично-дорожной сети, а также снижают транспортную загрузку всего района города в целом. Работа выполнена посредством применения комплекса программных продуктов, позволяющих выполнять имитационное моделирование транспортной системы на микро и макро уровне.

Ключевые слова: *имитационное моделирование, интеллектуальные транспортные системы.*

Abstract

The study is aimed at studying the road transport situation, development, improvement and evaluation of the impact of traffic management schemes on the transport load of the city area in the implementation of elements of an intelligent transport and logistics system. The proposed measures contribute to increasing the speed of traffic flows, the capacity of the road network, as well as reduce the traffic load of the entire district of the city as a whole. The work was carried out through the use of a set of software products that allow to perform simulation modeling of the transport system at the micro and macro level.

Key words: *simulation modeling, intelligent transport systems.*

Введение

В связи с увеличивающимися темпами роста автомобилизации в городах, развитием дорожно-транспортной инфраструктуры и увеличением интенсивности движения транспортных средств загрузка улично-дорожной сети городов приближается к пропускной способности. Следствием этого является ухудшение экологической обстановки, снижение мобильности граждан, увеличение времени доставки пассажиров и грузов. Внедрение интеллектуаль-

ных транспортных систем, совершенствование и оптимизация схем организации дорожного движения (ОДД), способствует повышению безопасности и улучшению показателей транспортного потока: снижение транспортных задержек на регулируемых пересечениях, расхода топлива транспортным потоком и образованию очередей на улично-дорожной сети, улучшению экологической ситуации в районе города [1].

Функционирование транспортной системы, соответствующие оптимальному критерию, возможно посредством обеспечения методов объективной оценки и выработки управляющих решений по реконструкции или совершенствованию схемы ОДД, способствующих работе системы с наибольшей эффективностью. Наибольший положительный эффект достигается при длительном проведении анализа и постоянного мониторинга характеристик транспортного потока [2].

Применение в качестве инструмента исследования комплекса программ компьютерного имитационного моделирования позволяет получать подробную статистику о различных аспектах функционирования транспортной системы в зависимости от входных данных. Характерной особенностью моделирования является детальная имитация перемещения транспортных средств, возникновения конфликтных ситуаций на пересечениях, а также обнаружение предзаторовых ситуаций на сегментах УДС [3].

1. Описание транспортной модели района города

В качестве исследуемого объекта была выбрана транспортная сеть (см. рис. 1), включающая 17 и 18 микрорайоны, расположенные в Октябрьском округе города Липецка.



Рисунок 1. Исследуемый транспортный район города [4]

Рассматриваемая улично-дорожная сеть (УДС) включает в себя улицы Водопьянова, Папина, Механизаторов, Доватора и проспект Победы. Характеристики УДС представлены в таблице 1 [5]. Рассматриваемый участок транспортной системы города обеспечивает перемещение пассажиров по 23 муниципальным и коммерческим маршрутам городского общественного транспорта. Для разработки рационального управления транспортно-логистической системой необходимо руководствоваться единой методологией, принципами равновесия между пропускной способностью УДС и безопасностью движения по ней, а также необходимо учитывать влияние экономических, социальных, экологических факторов во взаимодействии [6].

Таблица 1. Характеристики исследуемой улично-дорожной сети

| Участок УДС (улица/проспект) | Категория дорог и улиц (Назначение) | Ширина полосы, м | Количество нерегулируемых пешеходных переходов, ед. | Суммарная приведенная интенсивность ТС в обоих направлениях, прив.авт/час |
|------------------------------|--|------------------|---|---|
| Водопьянова | 2-го класса - регулируемого движения (Транспортная связь между жилыми районами) | 3,5 | 1 | 2280 |
| Папина | 3-го класса - регулируемого движения (Связывает районы города) | 3,0 | 3 | 1320 |
| Механизаторов | Магистральные улицы районного значения (Обеспечивают выход на улицы и дороги межрайонного и общегородского значения) | 3,5 | - | 760 |
| Доватора | | 3,0 | - | 1080 |
| Победы | 2-го класса - регулируемого движения (Транспортная связь между центрами планировочных районов) | 3,5 | 1 | 2400 |

В качестве объекта, на котором будет изучено влияние схемы организации дорожного движения на транспортную загрузку района, было выбрано пересечение улицы Доватора и проспекта Победы г. Липецка. Существующая схема организации дорожного движения и график режима работы светофорной сигнализации представлены соответственно на рисунках 2 и 3.



Рисунок 2. Разрешенные направления движения транспортных средств на пересечении улицы Доватора и проспекта Победы

Одной из основных причин неэффективной организации движения является работа магистральных улиц в режиме максимальной пропускной способности при отсутствии

учета интересов участников движения на второстепенных улицах, а также не соответствие текущим условиям режимов работы светофорных объектов [7].

Применение элементов интеллектуальной транспортной системы – внедрение адаптивного светофорного регулирования позволяет повысить безопасность движения транспортных потоков за счет совершенствования использования светофорного регулирования на улично-дорожной сети городов.

2. Схемы организации дорожного движения

2.1. Внедрение адаптивного режима работы светофорной сигнализации

Адаптивный режим работы светофорной сигнализации (рис. 4) позволяет учитывать меняющиеся в реальном времени интенсивности транспортных средств на подходах к пересечению, посредством включения фазы светофорного регулирования необходимой для снижения загрузки приоритетной магистрали или изменения графика режима работы светофорной сигнализации. Пофазный разъезд транспортных средств обеспечивает разделение конфликтующих автотранспортных потоков по времени. Число фаз, должно быть определено в соответствии с критерием минимизации конфликтных точек на пересечении при условии сохранения суммарной длительности промежуточных тактов [8].

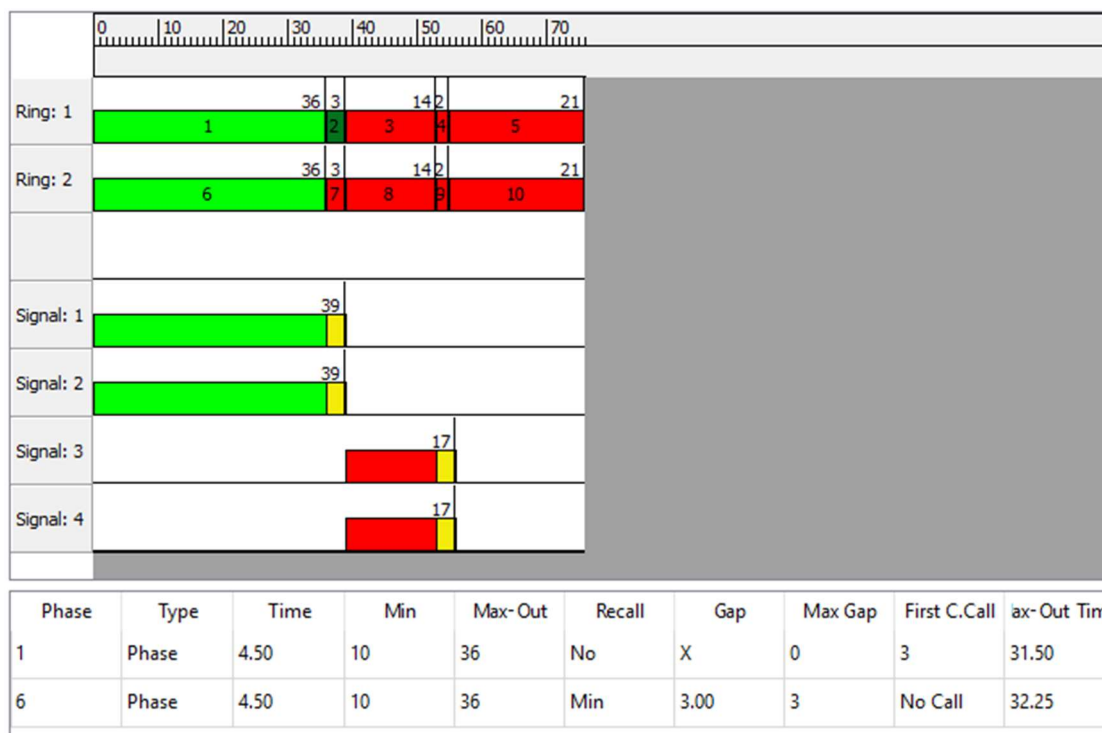


Рисунок 4. График режима работы адаптивной светофорной сигнализации на пересечении

Для реализации адаптивного светофорного регулирования требуется установка детекторов транспорта на всех подходах к регулируемому пересечению, измеряющие основные характеристики транспортного потока: скорость, плотность транспортного потока, присутствие, загруженность и интервал движения. Минимальная длительность горения фазы регулирования была определена в 10 секунд, а максимальная в 36 секунд.

2.2. Изменение геометрических параметров проезжей части при существующем режиме работы светофорной сигнализации

Увеличение интенсивности движения в городских условиях приводит к необходимости реконструкции как магистральных улиц, так и различных перекрестков, кольцевых пересечений с целью увеличения пропускной способности улично-дорожной сети. Однако исторически сложившейся городская застройка приводит к невозможности в ряде случаев применить данный подход. В соответствии с планируемыми мероприятиями администрацией города Липецка на 2019 год увеличить количество полос на проспекте Победы до 6, рассмотрим пересечение улицы Доватора и проспекта Победы с учетом прогнозируемых мероприятий (рис. 5): улицы районного значения до 2 полос в обоих направлениях, а магистральной дороги второго класса регулируемого движения до 3 полос.

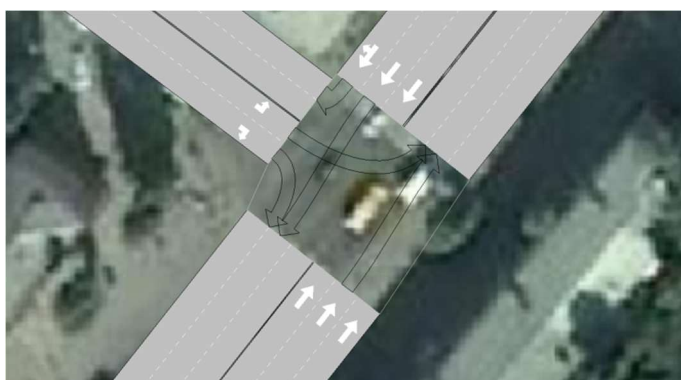


Рисунок 5. Уширение проезжей части на подходах к пересечению

2.3. Внедрение адаптивного светофорного регулирования и уширение проезжей части

Решение данной задачи выполняется посредством многопараметрической оптимизации (рис. 6). Важным элементом при такой оптимизации является сочетание эффективности оптимизируемых критериев [9].



Рисунок 6. Внедрение адаптивного светофорного регулирования и уширение ПЧ

2.4. Внедрение адаптивного светофорного регулирования и уширение проезжей части с организацией левоповоротного движения по пр. Победы

Реализация данной схемы организации дорожного движения предполагает выделение полосы движения для левоповоротного потока транспортных средств, движущегося с проспекта Победы на улицу Доватора. Предлагаемая схема ОДД приведена на рисунке 7.

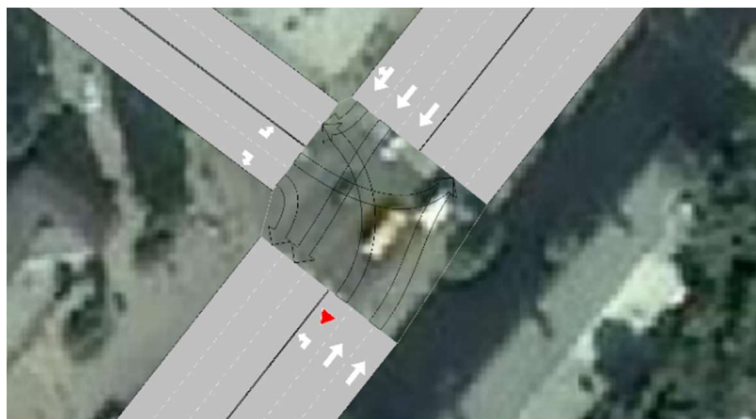


Рисунок 7. Организация дополнительной полосы движения для поворота налево

Использование программного комплекса имитационного транспортного моделирования позволяет получить необходимые выходные данные о транспортном потоке в заданное время проведения эксперимента и оценить эффективность внедрения схем ОДД. Главной задачей при внедрении элементов интеллектуальной транспортно-логистической системы является сбор, обработка и систематизация оперативной информации о характеристиках транспортного потока (табл. 2) для принятия управленческих решений по управлению транспортными потоками [10].

Таблица 2. Сравнение показателей эффективности работы транспортной системы

| Схема ОДД | Показатели эффективности работы транспортной сети | | | |
|--|---|-------------------|---------------------------------|----------------------------|
| | Среднее время задержки, сек | Плотность, авт/км | Пропускная способность, авт/час | Скорость движения ТС, км/ч |
| Существующая | 130,15 | 15,42 | 5382 | 18,18 |
| Введение адаптивного светофорного регулирования | 118,79 | 14,51 | 5429 | 19,3 |
| Уширение проезжей части | 114,65 | 13,07 | 5399 | 19,73 |
| Введение адаптивного светофорного регулирования с уширением проезжей части | 110,29 | 12,43 | 5388 | 20,22 |
| Введение адаптивного светофорного регулирования с уширением проезжей части с организацией левоповоротного движения | 118,63 | 15,12 | 5318 | 19,31 |

3. Заключение

Сравнивая показатели эффективности работы транспортной системы района города можно сделать вывод о том, что наилучшая организация дорожного движения достигается при применении комплекса мероприятий по уширению проезжей части и внедрению адаптивного регулирования транспортным потоком (рис. 8), обеспечивающего минимальное время задержки управлением и плотность потока при движении транспортных средств по сети, а также позволяет найти сбалансированное решение между пропускной способностью сети и оптимальной скоростью движения транспортных средств [11].

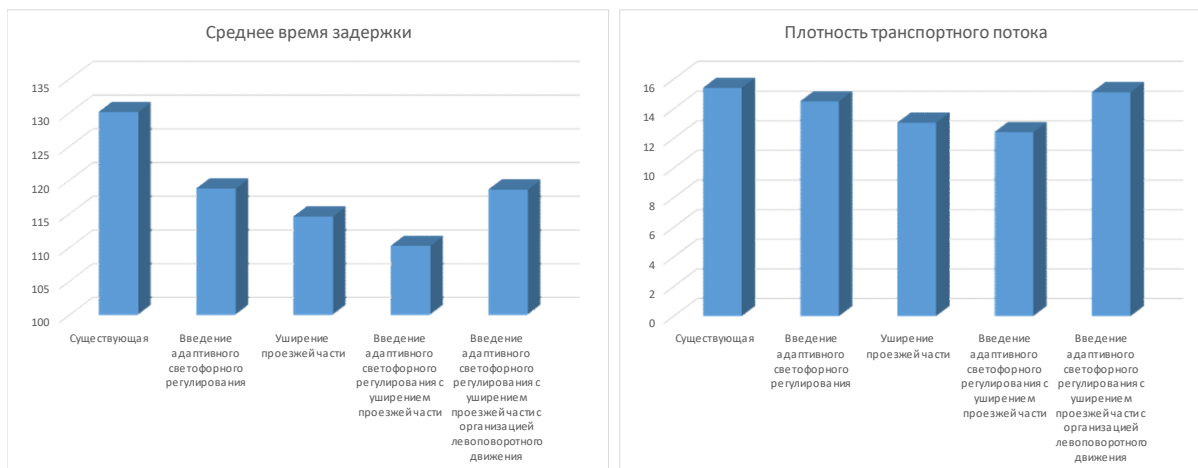


Рисунок 8. Влияние схем ОДД на транспортную загрузку района

Стратегическая задача использования единого комплекса интеллектуальных транспортно-логистических систем направлена на создание транспортного модуля области, который позволит руководителям принимать обоснованные управленческие решения как в сфере организации и безопасности дорожного движения, так и в сфере повышении эффективности перевозок грузов и пассажиров [12].

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-71-10034)»

Список литературы

- [1] *Кадасев Д. А., Панкратова К. В.* Моделирование и оптимизация режима работы светофорной сигнализации на участке улично-дорожной сети города // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы XI международной научно-практической конференции: в 2 т. / отв. ред. Д. А. Захаров. Тюмень: ТИУ, 2018. Т.2. С. 225-230.
- [2] *Воронин Н. В., Кадасев Д. А.* Моделирования транспортных потоков в программе ANYLOGIC // Школа молодых ученых: Материалы областного профильного семинара по проблемам технических наук. Администрация Липецкой области; Управление образования и науки Липецкой области; Липецкий государственный технический университет. Липецк, 2017. С. 44-47

- [3] *Кадацев Д. А., Воронин Н. В.* Оптимизация параметров транспортных систем с помощью программы ANYLOGIC // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы XI международной научно-практической конференции: в 2х томах / отв. ред. Д. А. Захаров. Тюмень: ТИУ, 2018. Т.1. С. 304-309.
- [4] Яндекс Карты. Россия. Липецкая область. Липецк.URL: <https://yandex.ru/maps/9/lipetsk>(дата обращения: 21.09.2018).
- [5] СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89. – Введ. 2017-07-01. – М.: Минстрой России, 2016.
- [6] *Кадацев Д. А., Кадацева И. М.* Влияние транспортных заторов на психоэмоциональное состояние водителей транспортных средств // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы XI международной научно-практической конференции: в 2х томах / отв. ред. Д. А. Захаров. Тюмень: ТИУ, 2018. Т.1. С. 214-21.
- [7] *Моисеева Н.М., Воронин Н.В.* Анализ альтернативных путей сообщения с целью повышения эффективности эксплуатации автомобильного транспорта / Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. – Пенза, 2017. - С. 262-269.
- [8] *Кадацев Д. А., Казарина М. В.* Внедрение элементов интеллектуальной транспортной системы на участке М4 «Дон» альтернативная в г. Задонск Липецкой области // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сб. науч. трудов по материалам междунар. заочной науч.-практ. конф. Воронеж, 2016 г. № 5-3 (25-3). С. 251-256.
- [9] *Кадацев Д. А., Панкратова К. В.* Повышение эффективности работы перекрёстка города моделированием светофорной сигнализации // Альтернативные транспортные технологии. - 2018. - Т. 5. № 1 (8). - С. 110-114.
- [10] *Моисеева Н.М., Воронин Н.В.* Анализ альтернативных путей сообщения с целью повышения эффективности эксплуатации автомобильного транспорта / Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. – Пенза, 2017. - С. 262-269
- [11] *Кадацев Д. А., Некрылов П. П.* Совершенствование работы регулируемого перекрестка города микромоделированием транспортных потоков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Воронеж, 2017. Т.5. № 6 (32). С. 73-77.
- [12] *Воронин Н.В., Кадацев Д.А.* Моделирование маршрутов движения городского транспорта общественного пользования в программе ANYLOGIC // Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук: Сборник научных статей IV научно-практической международной конференции (школы-семинара) молодых ученых, Тольятти: Издатель Качалин Александр Васильевич, 2018. - С. 364-369.

УДК 656.051

**СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РАЙОНА ГОРОДА ПРИ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ**

**CREATING A SIMULATION MODEL OF THE AREA OF THE CITY IN THE
INTELLECTUALIZATION OF THE REGIONAL TRANSPORT AND
LOGISTICS SYSTEMS**

Кадасев Дмитрий Анатольевич, Воронин Никита Владимирович
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Dmitry Kadasev, Nikita Voronin
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В данной работе проводится исследование и создание сегмента дискретной имитационной модели района города при интеллектуализации транспортно-логистических систем. Исследование построено на методах натурного наблюдения и компьютерного моделирования, основанного на математических моделях изменения характеристик транспортного потока. Имитационная транспортная модель района города позволяет управлять транспортными потоками, дать объективную оценку загрузки транспортного района, а также способствует разработке мероприятий по повышению эффективности и безопасности организации дорожного движения.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортно-логистические системы, имитационное моделирование.

Abstract

In this paper, we study and create a segment of a discrete simulation model of the city district in the intellectualization of transport and logistics systems. The study is based on the methods of field observation and computer simulation based on mathematical models of changes in the characteristics of the traffic flow. Simulation transport model of the city area allows you to manage traffic flows, to give an objective assessment of the load of the transport area, as well as contributes to the development of measures to improve the efficiency and safety of road traffic.

Key words: intelligent transport and logistics systems, simulation modeling.

Введение

Развитие интеллектуальных транспортно-логистических систем (ИТЛС) в РФ, обусловлено необходимостью создания единой транспортной системы, обеспечивающей управление как транспортными потоками, так и контролирующей перемещения грузов и пассажиров при обеспечении требуемого уровня безопасности дорожного движения и

логистических принципов. Создание комплекса интеллектуальной транспортной системы невозможно без соблюдения соподчиненности, а также взаимодействия всей государственной системы, включающей в себя совокупность региональных модулей. Региональные модули управления транспортными потоками в городах должны использовать компоненты ИТЛС, реализованных как на магистралях улично-дорожной сети (УДС) городов, так и согласуемых с ней улиц районного значения. Главной задачей данной системы является управление транспортным потоком и повышение безопасности транспортно-логистических процессов [1].

Имитационное моделирование движения автотранспортных потоков достаточно адекватно описывает поведение транспортных потоков и используется, в том числе, для проверки предлагаемых организационных решений, позволяя оценить эффективность работы транспортно-логистической системы [2]. В результате создания имитационных транспортных моделей получают так называемые цифровые двойники УДС и транспортного потока, которые могут быть использованы для анализа их работы, управления, оптимизации параметров транспортного потока и обслуживания в режиме реального времени [3].

1. Исследование транспортного района города

Объектом исследования в данной работе является транспортная система, обеспечивающая сообщение между жилыми селитебными микрорайонами и прилегающими частями города, расположенные в Октябрьском округе города Липецка. На начальном этапе исследования были определены границы транспортного района и сформирована масштабная карта УДС, представленная на рис. 1.

2. Модели и методы

2.1. Постановка задачи

Для получения эффективного технологического процесса, применяя широкослойную наплавку колеблющимся электродом, необходимо решить вопрос обеспечения достаточных величин припусков на последующую механическую обработку поверхностей. В связи с этим возникает потребность определения функциональной зависимости между основными элементами режима широкослойной наплавки и геометрическими характеристиками покрытия.



Рисунок 1. Исследуемый транспортный район города [4]

На следующем этапе работы, посредством натурального наблюдения были определены следующие характеристики транспортного потока: интенсивность движения транспортных средств на УДС района, состав транспортного потока, эксплуатационные характеристики УДС, схемы организации дорожного движения и режимы работы светофорной сигнализации. По результатам исследования составлена матрица корреспонденций, а также были установлены категории дорог и улиц [5]. Характеристики дорог и улиц транспортного района сведены в табл. 1. Стоит отметить, что обеспечение рационального взаимодействия транспортных районов города между собой требует масштабного развития транспортной инфраструктуры и научно-обоснованных методов управления единой интеллектуальной транспортной системой региона [6].

Таблица 1. Классификация и параметры дорог и улиц исследуемого транспортного района

| Улица | Микро-район | Классификация улицы/дороги | Ширина проезжей части, м | Общее кол-во полос | Назначение |
|------------|---------------------------|---|--------------------------|--------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Катукова | 26-й, 27-й | Магистральные городские дороги: 2-го класса - регулируемого движения | 38,5 | 6 | Транспортная связь между районами города, выходы на внешние автомобильные дороги |
| Кривенкова | 27-й, 28-й, «Европейский» | Магистральные улицы общегородского значения: 3-го класса - регулируемого движения | 14,0 | 4 | Связывает районы города между собой |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

| | | | | | |
|------------------------|--|--|------|---|---|
| Белана | 26-й, 27-й, 28-й, 29-й | Магистральные ули- цы районного значе- ния | 12,0 | 4 | Обеспечивает выход на улицы и дороги общегородского значения |
| Свиридова | 28-й, 29-й, «Европей- ский», «Победа» | Магистральные ули- цы общегородского значения: 3 -го класса - регулируемого дви- жения | 16,0 | 4 | Связывает районы города между со- бой |
| Минская | «Евро- пейский» | Магистральные ули- цы общегородского значения: 3 -го класса - регулируемого дви- жения | 8,0 | 2 | Связывает город- ские округа между собой |
| Стаханова | 26-й, 27-й, 28-й, 29-й, «Победа» | Магистральные улицы общегород- ского значения: 2-го класса - регулируе- мого движения | 23,0 | 4 | Связывает ключевые основные элементы функционально- планировочной структуры города, обеспечивает выход на магистральные дороги |
| Меркулова | 26-й | Магистральные улицы общегород- ского значения: 3 -го класса - регулируе- мого движения | 16,0 | 4 | Связывает районы города между собой |
| Воронеж- ское шоссе | «Победа» | Магистральные улицы общегород- ского значения: 2-го класса - регулируе- мого движения | 16,5 | 4 | Связывает ключевые основные элементы функционально- планировочной структуры города, обеспечивает выход на магистральные дороги |

Интенсивности движения транспортных средств на различных направлениях были получены в ходе натурного наблюдения (см. табл. 2), при визуальном подсчете количества автомобилей проходящих через сечение дороги за час. Было осуществлено приведение потока автомобилей к условному легковому автомобилю. Полученные результаты были занесены в имитационную транспортную модель. Увеличение интенсивности движения транспортных средств при визуальном подсчете ведет к повышению погрешности измерений. Применение детекторов транспорта, в рамках интеллектуализации транспортной системы, позволит снизить такую погрешность, внедрить адаптивное и координированное светофорного регулирования на УДС, обнаруживать предзаторовые ситуации и посредством перераспределения транспортных потоков по сети снизить нагрузку на транспортные коридоры [8].

Таблица 2. Интенсивности движения транспортных средств

| Наименование участка УДС | Интенсивность движения транспортных средств, авт/час |
|---------------------------------|---|
| улица Минская | 640 |
| улица Катукова | 1265 |
| улица Стаханова | 640 |
| улица Кривенкова | 600 |
| Воронежское шоссе | 1100 |
| Октябрьский мостовой переход | 964 |
| проспект Победы | 1306 |

3. Создание улично-дорожной сети

Инструментом исследования является компьютерная программа имитационного моделирования, которая позволяет производить микросимуляцию при проектировании крупномасштабных проектов и определении наиболее подходящих транспортных коридоров, позволяя задать интенсивность движения по каждому сегменту существующей улично-дорожной сети. Имитационная модель позволяет вести активное управление транспортным потоком, задать альтернативные пути объезда, в случае возникновения дорожных инцидентов, анализировать эффективность будущих нововведений по организации дорожного движения. В программе была спроектирована существующая улично-дорожная сеть района города смоделированы существующие объекты организации дорожного движения и указаны приоритеты движения транспортных средств по направлениям (см. рис. 2).



Рисунок 2. Создание УДС: а) Перекресток, б) Круговое пересечение

Применение инновационных технологий, перспективы дальнейшей информатизации и компьютеризации, моделирование транспортных процессов, требуют кардинальных изме-

нений в практике принятия решений при повышении системной безопасности транспортных потоков [7].

4. Моделирование светофорного регулирования

Введение светофорного регулирования на улицах города позволяет разделить транспортные потоки во времени повышая безопасность движения, но при этом увеличивая время задержки транспортных средств на регулируемых пересечениях, согласующиеся светофорные объекты использующие адаптивные режимы работы, позволяют снизить количество заторов, посредством повышения пропускной способности магистрали, благодаря чему увеличивается скорость движения транспортного потока, сокращается расход топлива автомобилей [9]. Задание режимов работы светофорной сигнализации, а также направлений движения автомобилей, позволяет дать сравнительную оценку при моделировании предлагаемой схемы работы светофорной сигнализации или введении дополнительных направлений движения автомобилей в заданной фазе (см. рис. 3).

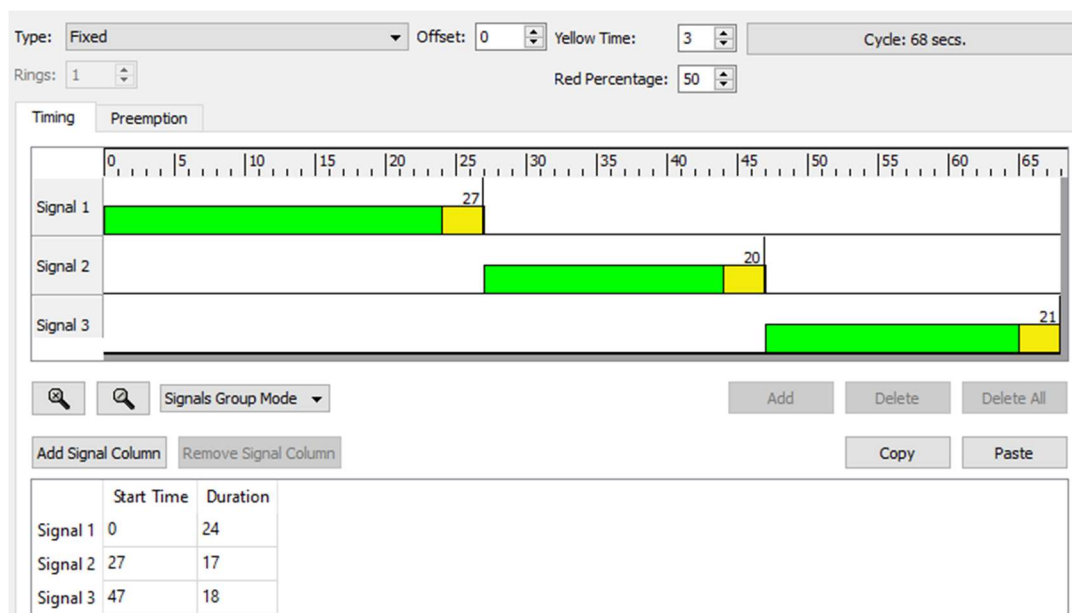


Рисунок 3. График режима работы светофорной сигнализации на пересечении

5. Заключение

В результате использования имитационной транспортной модели были получены основные характеристики транспортного потока и эксплуатационные характеристики транспортных коридоров. На рис. 5 представлены средние значения скорости движения транспортных средств по улицам исследуемого района города. Из полученной зависимости скорости транспортных средств от времени моделирования, можно сделать вывод, что характеристики транспортного потока динамичны и детерминированы. Главными факторами, определяющими показатели транспортного потока, являются соответствие режимов работы светофорной сигнализации реальным дорожным условиям, поведение водителей в условиях высокой интенсивности и неравномерности движения [10].

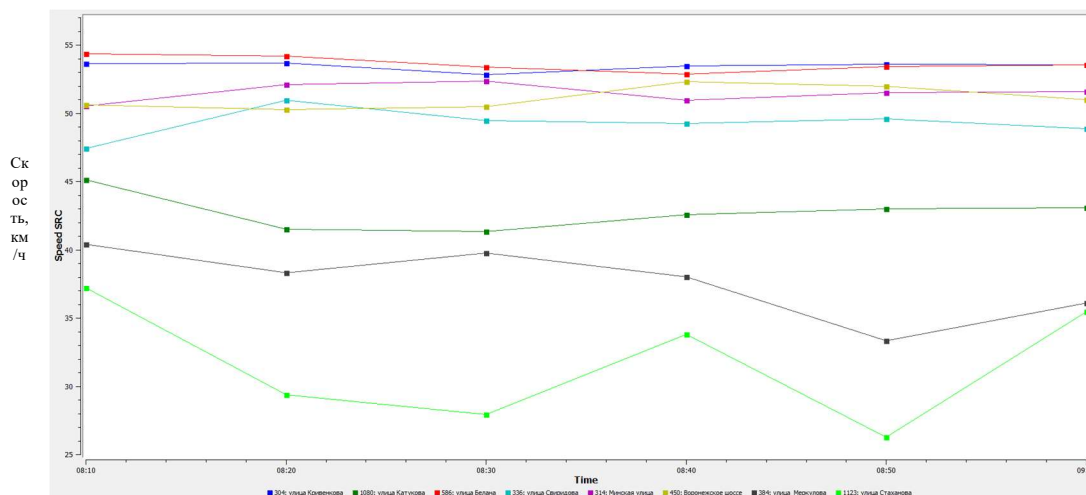


Рисунок 5. Выходные данные для участков УДС (сверху-вниз: улицы Кривенкова-Каткова-Белана-Свиридова-Минская-Воронежское шоссе-Меркулова-Стаханова)

Стоит отметить, что транспортная система региона характеризуется мало координируемым взаимодействием работы разных видов транспорта. Это обусловлено несбалансированным развитием взаимосвязанных объектов транспорта и транспортной инфраструктуры, отсутствием единого информационного пространства, федерального и региональных модулей управления транспортными потоками [11]. Транспортная система для обеспечения конкурентоспособности региона должна быть гибкой, надежной, эффективной и социально ориентированной. Одним из способов решения данной проблемы является создание на территории РФ модулей региональных ИТЛС, сочетающих в себе как информатизацию, интеллектуализацию, организацию и управление транспортными потоками, так и обеспечивающих безопасное движение транспортных средств, пассажиров и грузов по сети с обеспечением логистических принципов.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-71-10034)»

Список литературы

- [1] *Кадасев Д. А., Воронин Н. В.* Оптимизация параметров транспортных систем с помощью программы ANYLOGIC // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы XI международной научно-практической конференции: в 2х томах / отв. ред. Д. А. Захаров. Тюмень: ТИУ, 2018. Т.1. - с. 304-309.
- [2] *Кадасев Д. А., Казарина М. В.* Повышение экологической безопасности на участке М4 «Дон» альтернативная в г. Задонск Липецкой области // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. Воронеж, 2017. Т. 4. № 1 (7). - с. 267-270.
- [3] *Воронин Н.В., Кадасев Д.А.* Моделирование маршрутов движения городского транспорта общественного пользования в программе ANYLOGIC // Прикладная

математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук: Сборник научных статей IV научно-практической международной конференции (школы-семинара) молодых ученых, Тольятти: Издатель Качалин Александр Васильевич, 2018. - с. 364-369.

- [4] Яндекс Карты. Россия. Липецкая область. Липецк.URL: <https://yandex.ru/maps/9/lipetsk>(дата обращения: 21.09.2018)
- [5] СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89. – Введ. 2017-07-01. – М.: Минстрой России, 2016.
- [6] Буракова О.П., Кадасев Д.А. Внедрение элементов автоматизаций систем управления дорожного движения на участке улицы Катукова г. Липецка // Транспорт. Тенденции развития современной науки: мат-лы науч. конф. студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. В 2 ч. Ч. 1. – Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2018. - с. 40-42.
- [7] Кадасев Д. А., Воронин Н. В. Особенности создания транспортной модели в программе ANYLOGIC // Сборник научных трудов «Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей», Рост. гос. ун-т. путей сообщения. Ростов н/Д, 2018. - с. 234 - 237.
- [8] Моисеева Н.М., Воронин Н.В. Анализ альтернативных путей сообщения с целью повышения эффективности эксплуатации автомобильного транспорта / Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. – Пенза, 2017. - с. 262-269.
- [9] Кадасев Д. А., Панкратова К. В. Повышение эффективности работы перекрёстка города моделированием светофорной сигнализации // Альтернативные транспортные технологии. - 2018. - Т. 5. № 1 (8). - с. 110-114.
- [10] Кадасев Д. А., Кадасева И. М. Влияние транспортных заторов на психоэмоциональное состояние водителей транспортных средств // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы XI международной научно-практической конференции: в 2х томах / отв. ред. Д. А. Захаров. Тюмень: ТИУ, 2018. Т.1. С. 214-216.
- [11] Кадасев Д. А., Воронин Н. В. Моделирование и оптимизация режимов работы светофорной сигнализации на перекрестке улиц в городе // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: материалы XIII междунар. заочн. науч.-техн. конф. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2017. - с. 161-168.

УДК 656.113.085

РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF THE EXPERT ROAD SAFETY SYSTEM

Клявин Владимир Эрнстович, Барышев Николай Витальевич,
Двуреченская Александра Викторовна
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Vladimir Klyavin, Nikolai Baryshev, Alexandra Dvurechenskaya
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Рассматривается структура экспертной системы безопасности дорожного движения, основное назначение которой консультирование по узкоспециализированным вопросам при принятии решений в области повышения безопасности дорожного движения, апробация и распространение результатов научных исследований, методических разработок и практического опыта среди учреждений и организаций, отвечающих за безопасность дорожного движения. Основные особенности экспертной системы безопасности дорожного движения - эволюция, мгновенное распространение позитивного опыта, обучение пользователей, обратная связь, контроль за результатами использования рекомендаций.

Ключевые слова: *безопасность дорожного движения, аварийность, экспертная система.*

Abstract

The structure of the expert system of road safety is considered, the main purpose of which is to advise on highly specialized issues when making decisions in the field of improving road safety, testing and disseminating the results of scientific research, methodological developments and practical experience among institutions and organizations responsible for road safety. The main features of the expert system of road safety - the evolution, the immediate spread of positive experience, user training, feedback, monitoring the results of the use of recommendations.

Key words: *road safety, accident rate, expert system.*

Введение

Аварийность на автомобильных дорогах Российской Федерации остаётся важной проблемой. Недостаточное внимание к безопасности дорожного движения (БДД) способствовало тому, что высокие темпы автомобилизации привели к значительным социальным, экологическим и экономическим проблемам [1]. Эффективным способом снижения аварийности является использование комплексного подхода к проблеме управления БДД, требующего совместной работы многих секторов (транспорта, полиции, здравоохранения, образования, средств массовой информации). Согласование и соотношение экономических и социоприродных потенциалов должно рассматриваться как объект исследования и анализа. Общепринятой системой при анализе ДТП в практической деятельности является система «водитель-автомобиль-дорога-среда». Исходя из этого подсистему «водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС) предлагается рассматривать как

элемент социоприродоэкономической транспортной системы (СПЭТС), включающей в себя социальный, экологический и экономический компоненты [2]. Повышение уровня БДД требует качественного улучшения функционирования целостной системы и каждого её элемента.

Методы и модели. Обсуждение полученных результатов

«Для решения задач в сложных системах всё более эффективно используются методы искусственного интеллекта. Одним из наиболее развитых направлений искусственного интеллекта являются экспертные системы – сложные программные комплексы, позволяющие накапливать знания об определенной сфере деятельности и манипулировать знаниями для решения задач в своей предметной области» [3, с. 60]. Это требует перехода к специализированным средствам [4], обеспечивающим увеличение эффективности использования инструментария, упрощения работы эксперта и лица, принимающего решение.

«...По качеству и эффективности решения экспертные системы не уступают решениям человека-эксперта, могут быть объяснены пользователю на качественном уровне и способны пополнять свои знания» [5, с. 9]. Эти возможности предопределяют необходимость создания экспертной системы безопасности дорожного движения (ЭСБДД) [2, 6, 7] (рис. 1).



Рисунок 1. Схема обобщённой экспертной системы управления безопасностью дорожного движения

ЭСБДД включает в себя следующие компоненты [6, 7, 8, 9, 10]: 1) база знаний, основанная на положениях нормативной документации, экспертных оценках и научных разработках; 2) база данных, аккумулирующая поступающую извне информацию, включая информацию о ДТП; 3) решатель (управляющая компонента), определяющий необходимые действия по управлению БДД, используя базы знаний и данных; 4) объяснительная

компонента, разъясняющая процесс выбора решения; 5) интерфейс, связывающий пользователя и эксперта, находящихся в единой информационной среде, с ЭСБДД; 6) компонента приобретения знаний через диалог с экспертом.

Основная задача ЭСБДД состоит в поиске возможностей повышения БДД. Назначение ЭСБДД: консультирование по узкоспециализированным вопросам при принятии решений в области БДД с целью усиления и расширения профессиональных возможностей их пользователей. ЭСБДД является эволюционирующей системой, поэтому по мере получения новой информации, в том числе и от реализации принятых решений, эффективность ЭСБДД будет увеличиваться и стремиться к состоянию максимальной концентрации знаний, доступных к практическому применению.

Отличительные особенности ЭСБДД: экспертиза может проводиться только в области БДД, но это не исключает при необходимости использования экспертов из других областей; экспертная система объясняет ход решения задачи (цепочку рассуждений) понятным пользователю способом (можно спросить, как и почему получилось такое решение и получить понятный ответ); выходные результаты являются качественными, а не количественными (цифровыми); система строится по модульному принципу, что позволяет наращивать базы знаний [8].

Достоинства ЭСБДД: сбор и тиражирование опыта и знаний высококвалифицированных специалистов; возможность решения практических задач; эффективность решений ЭС, которая не уступает решениям эксперта-человека; «прозрачность», т.е. возможность объяснения причин и механизмов принятия решения; способность пополнять и корректировать свои знания в ходе диалога с экспертом; доступность для решения задач управления безопасностью дорожного движения на любом уровне; возможность применения в качестве обучающей программы; экономичность [8].

Объектом ЭСБДД является «подсистема ВАДС, которая представляет собой сложную динамическую систему, включающую в себя совокупность элементов «человек», «автомобиль», «дорога», функционирующих в определенной среде» [11, с. 16]. Качеством этих элементов обеспечивается безопасность дорожного движения.

В сложившейся системе учёта наиболее полной и всеобъемлющей информацией о ДТП по всей совокупности элементов обладает ГИБДД (рис. 2). Поэтому эта информация должна стать основой базы данных ЭСБДД.

Важнейшими структурами ЭСБДД являются база знаний и управляющая компонента (рис. 3).

База знаний состоит из следующих основных разделов: анализ уровня обеспечения БДД, прогнозирование, ситуационный анализ. Уровень обеспечения БДД анализируется для каждого элемента подсистемы ВАДС СПЭТС [2] и их взаимосвязей. В результате анализа определяется перечень мероприятий, необходимых для повышения уровня БДД. Прогнозирование показателей аварийности позволяет определить ожидаемый социально-экономический эффект, знание которого даёт возможность обоснования реализации вышеуказанных мероприятий.

Ситуационный анализ направлен на выявление уровня необходимости принятия решения и через управляющую компоненту предупреждает лицо, принимающее решение, о срочности и социально-экономической целесообразности повышения уровня БДД в конкретный период времени для принятия мер по предотвращению причин возникновения ДТП и снижению аварийности [12].

Элементы подсистемы ВАДС формируют факторы риска возникновения ДТП. В работе [11, с. 12] приводятся следующие цифры: главной причиной ДТП в 93% случаев оказывается человек, в 35% - дорога, в 12% - автомобиль. «В 27% случаев причиной ДТП является проблема в взаимодействия человека и дороги; в 6% случаев причиной ДТП

является проблема взаимодействия человека и автомобиля; в 3% случаев причиной ДТП является проблема многостороннего взаимодействия человека, автомобиля и дороги».



Рисунок 2. Сведения о ДТП, подлежащие учёту подразделениями ГИБДД

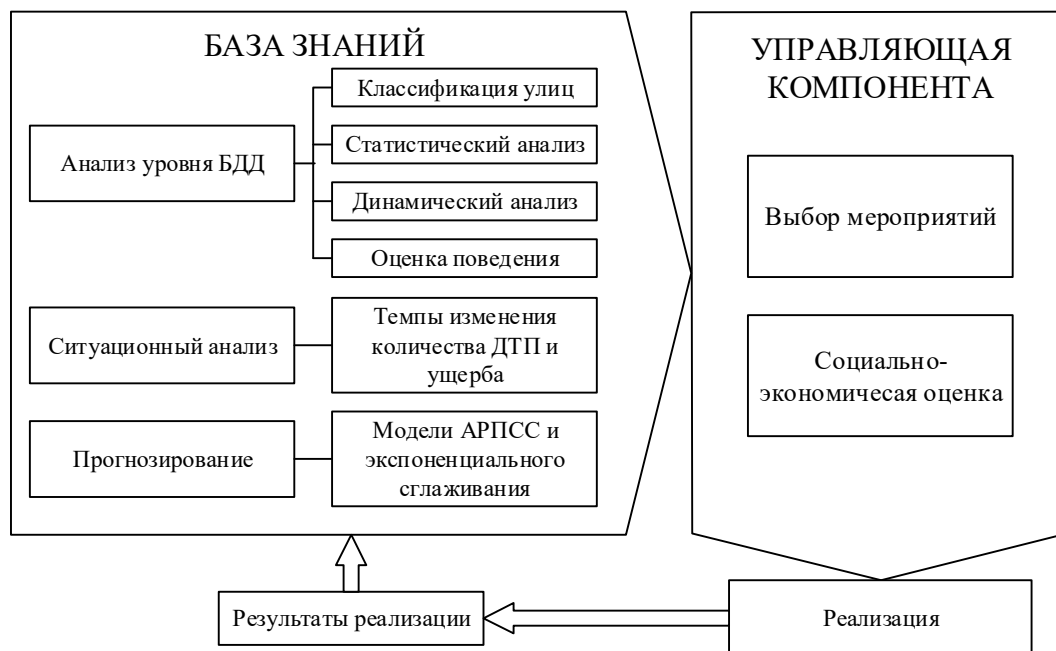


Рисунок 3. Структура базы знаний ЭСБДД для генерации решений по повышению уровня БДД

Влияние автомобиля на безопасность дорожного движения определяется его конструктивной безопасностью. Конструктивная безопасность автомобиля predetermined законодательством на стадии его производства и контролируется в процессе эксплуатации. Поэтому количество ДТП по причине неисправности автомобиля или недостатков его конструктивной безопасности традиционно невелико.

Основным фактором, оказывающим влияние на возникновение ДТП, считается человеческий фактор. «Водитель, как изучаемый элемент системы ВАДС, является не только основным, но и самым неустойчивым. По своей природе человек характеризуется непостоянством, способностью к изменению, слабой прогнозируемостью, в связи с чем проблема оценки стабильности функционирования этого элемента сложна своей неопределенностью. В предложенной системе водитель является единственным управляющим элементом, без которого функционирование системы невозможно» [13, с. 13].

Особое значение поведение водителя играет в городах в условиях высокой интенсивности и неравномерности движения, когда цена ошибки водителя существенно выше. В этом случае отражением поведения водителя являются нарушения ПДД, предшествующие возникновению ДТП. При этом количественно оценить влияние того или иного нарушения ПДД не представляется возможным из-за субъективности оценок участников движения, что, в свою очередь, приводит к нечёткости и неопределённости. Ведь в сложной системе, в которой человек играет самую активную роль, характерным является так называемый принцип несовместимости: «для получения существенных выводов о поведении сложной системы необходимо отказаться от высоких стандартов точности и строгости, которые характерны для сравнительно простых систем, и привлекать к ее анализу подходы, которые являются приближенными по своей природе» [14, с. 10].

Исследования показывают, что «на поведение человека часто более эффективно можно воздействовать дорожно-технической мерой, чем обучением и контролем полиции» [15, с.54]. Это подтверждает актуальность вопроса об уровне безопасности, который обеспечивает автомобильная дорога.

Элемент подсистемы ВАДС «среда» обычно учитывается как характеристика состояния проезжей части и погодных условий. Однако воздействие среды на уровень БДД может происходить одновременно на большом протяжении АД и УДС, достаточно значимо и требует непосредственных действий для ликвидации этих последствий [16].

Заключение

В январе 2018 года Правительством Российской Федерации принята Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы. «Целями Стратегии являются повышение безопасности дорожного движения, а также стремление к нулевой смертности в дорожно-транспортных происшествиях к 2030 году» [17, с.11]. Для этого «...требуются усиление системной работы по реализации соответствующих мероприятий, выработка и осуществление новых подходов по приоритетным направлениям деятельности с учетом складывающейся ситуации в рассматриваемой сфере и имеющих место ресурсных ограничений» [17, с.11]. Внедрение экспертной системы безопасности дорожного движения обеспечивает выполнение этих требований и является эффективным средством достижения поставленных целей.

Список литературы

- [1] Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 – 2020 годах» (утв. постановлением Правительства РФ от 3 октября 2013 г. N 864). - М.: 2013.

- [2] *В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников.* Повышение безопасности движения автомобилей на основе анализа аварийности и моделирования ДТП // *Фундаментальные исследования*, М.: Издательский Дом «Академия Естественных», - 2015. - № 6. - С. 251-256.
- [3] *Емельянов В.В., Ясиновский С.И.* Имитационное моделирование систем: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 584с
- [4] *P. Harmon.* The Market for Intelligent Software Products. *Intelligent Software Strategies* 1992, v.8, n.2, pp.5-12.
- [5] *Попов Э.В.* Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. - 288 с.
- [6] Экспертная система мониторинга и обеспечения безопасности дорожного движения / В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // *Вестник ЛГТУ*, Липецк. 2016. №3 (29). С. 33-38.
- [7] Scientific Basis of the Expert System of Road Safety / Viktor Korchagin, Anatoly Pogodaev, Vladimir Kliavin, Vitali Sitnikov // *Transportation Research Procedia*. 2017. № 20 pp. 321 – 325.
- [8] Актуальные социально-экономические аспекты управления: государство, регион, предприятие: монография / [Л. П. Вовк, Е. П. Мельникова, О. И. Черноус и др.]; под ред. Е. П. Мельниковой. – СПб: Свое издательство, 2017. – 294 с.
- [9] Экспертная система в решении задач повышения безопасности дорожного движения / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин // *Автомобиль. Дорога. Инфраструктура*. 2016. №4 (10). С. 9.
- [10] Теоретико-прикладные методы организации экспертной системы безопасности дорожного движения / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин // *Информационные технологии и инновации на транспорте: матер. межд. науч.-практ. конф., Орел: ОГУ*. 2016. С. 328-338.
- [11] *Пугачёв И.Н.* Организация и безопасность дорожного движения: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Н. Пугачёв, А.Э. Горев, Е.М. Олеценко. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 272 с.
- [12] Индексный анализ как индикатор дорожно-транспортной аварийности / Корчагин В.А., В.Э. Клявин, Суворов В.А. // *Вести высших учебных заведений Черноземья*. 2017. № 2. С. 47-53.
- [13] *Романов А. Н.* Надежность водителя: учеб. пособие / А. Н. Романов, П. А. Пегин. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. – 376 с.
- [14] *Заде Л.А.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976 – 165 с.
- [15] *Руне Э., Анне Боргер Мюссен, Трюле В.О.* Справочник по безопасности дорожного движения / Научи, ред. В.В. Сильянов. - Осло-Москва-Хельсинки: Изд. МАДИ (ГТУ), 2001. - 753 с.
- [16] *Корчагин В.А.* Новые подходы к моделированию работы дорожно-эксплуатационной службы / В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // *Организация и безопасность дорожного движения: матер. межд. науч.-практ. конф., Тюмень: ТГИУ*. 2017. С. 226-230.
- [17] Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 января 2018 г. № 1-р.

УДК 629.1.05

**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ –
ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА**

**THE MONITORING SYSTEM OF DRIVER'S CONDITION AND BEHAVIOR IS
THE BASIS FOR SAFETY IMPROVEMENT IN THE TRANSPORT PROCESS**

Коростелев Алексей Александрович, Бондарь Николай Сергеевич,
Митюхин Сергей Олегович

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Alexey Korostelev, Nikolay Bondar, Sergey Mityukhin
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В статье рассмотрена проблема засыпания водителя во время движения, предложены способы предупреждения засыпания водителя с целью предотвращения дорожно-транспортных происшествий и улучшения безопасности транспортного процесса в целом посредством внедрения автоматизированных систем мониторинга состояния и поведения водителя.

Ключевые слова: *автоматизированная система, безопасность, предупреждение засыпания, контроль водителя.*

Abstract

The article describes the problem when people fall asleep during driving. Authors suggests ways and methods to prevent it in order to reduce traffic accidents and improve the safety of the transport process by automated systems introduction for monitoring driver's condition and behavior.

Key words: *automated system, safety, sleep alert, driver control.*

Введение

В процессе управления автомобилем зрительный анализатор является основным источником информации об окружающей обстановке. Снижение возможности видеть дорожную обстановку неизбежно влечет за собой увеличение дорожно-транспортных происшествий [1].

Статистика показывает, что количество ДТП с участием автотранспорта растет из года в год. Вероятность погибнуть в ДТП в 62 раза выше, чем во время полета на самолете. В связи с этим все чаще автопроизводители снабжают свои автомобили системами помощи и ассистентами, анализирующими состояние водителя.

Исследования, проводимые на транспортных средствах дальнего следования, показали, что одной из главных причин ДТП является усталость, вызванная монотонным процессом управления, и движение с размеренной скоростью, причем самыми опасными для управления являются ночные и предрассветные часы [2]. В это время мозговая активность снижается в разы, увеличивается время реакции и снижается бдительность. Основные причины, приводящие к аварии, представлены на рис. 1:



Рисунок 1. Причины ДТП

1. Автоматизированные системы помощи водителю при засыпании

1.1. Существующие методы

Системы по предупреждению засыпания водителя за рулем последние несколько лет активно внедряют мировые ведущие производители, такие как Toyota, GeneralMotors, Volvo. В табл.1 представлены принципы работы данных устройств [3]:

Таблица 1. Способы предупреждения засыпания водителя за рулем

| Компания производитель | Принцип работы устройства |
|------------------------|---|
| Toyota | Мониторинг положения глазных яблок и частоты колебаний век водителя через бортовой компьютер и камеры |
| GeneralMotors | Контроль с помощью камер-детекторов движения, фиксирующих изменение положения головы и слипание глаз водителя |
| Volvo | Идентификации состояния водителя за счет отслеживания движения глаз с помощью находящихся в кабине автомобиля инфракрасных датчиков |

Множество других компаний представляют на рынке устройства, отслеживающие состояние водителя. Чаще всего ими являются носимые устройства-датчики, правильная эксплуатация которых зависит от человеческого фактора, также существуют и другие устройства предупреждения засыпания водителя за рулем, но все они так или иначе обладают недостатками, ограничивающими их массовое применение.

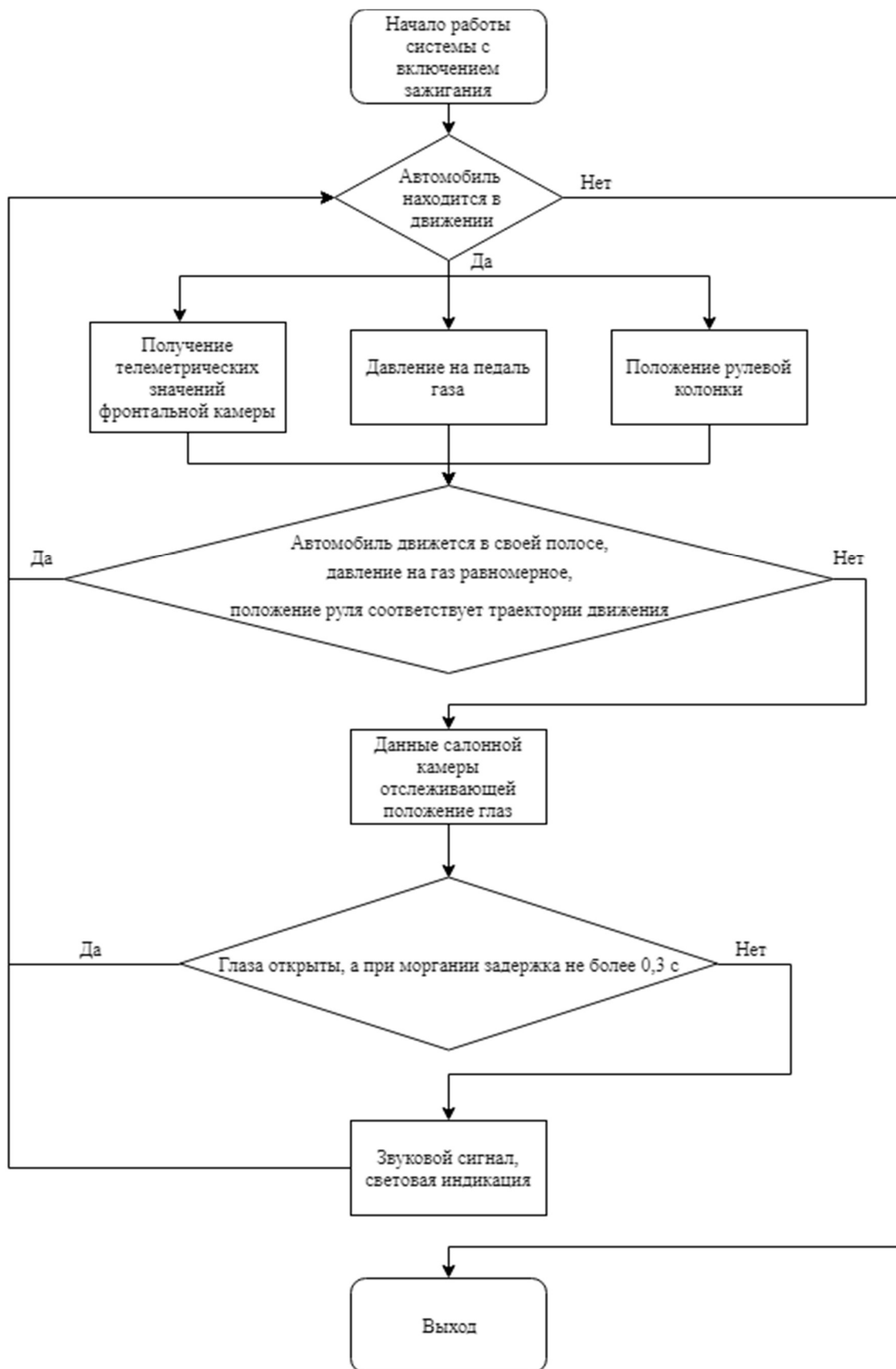


Рисунок 2. Алгоритм работы

Озаботившись данной проблемой, а также недостатками данных систем, был разработан общий вид алгоритма, согласно которому можно оснастить любой современный автомобиль при минимальных затратах на переоборудование (рис. 2). Достаточно разместить телеметрическое устройство, распознающее положение автомобиля на полосе движения, в фронтальной части автомобиля, а также инфракрасную камеру в салоне автомобиля с отслеживанием положения глаз. Помимо этого, следует считывать положение руля и давление на педаль газа. Данные обрабатываются мощностями смартфона.

2. Дальнейшее развитие

Разработка новых видов программного обеспечения для автоматизированных систем помощи водителям продолжает развиваться. На данный момент эта ниша не занята отечественным производителем, что нужно немедленно исправить.

Дальнейшая разработка заключается в преобразовании разработанного общего алгоритма на выбранном языке программирования в действующее ПО, после чего необходима апробация данного ПО.

Список литературы

- [1] *Корчагин В. А., Энглези И. П.* Анализ влияния человеческого фактора на параметры аварийности // Актуальные проблемы экономики и управления: теоретические и прикладные аспекты - 2018. - С. 409-414.
- [2] *И.Б. Лашков.* Анализ поведения водителя при управлении транспортным средством с использованием фронтальной камеры смартфона // Информационно-управляющие системы. - 2017. - №4. - С. 7-17.
- [3] *И. С. Дымов, Р. Е. Деревянко, Д. А. Котин.* Автоматизированная система предупреждения засыпания водителя во время движения // Вестник МГТУ. - 2017. - №4. - С. 659–664.

УДК 656.072

**ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ
ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ БЕЗНАЛИЧНОЙ ОПЛАТЫ ПРОЕЗДА В ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ**

**THEORETICAL AND APPLIED OPTIMIZATION METHODS FOR PASSENGER
TRANSPORTATION ON THE EXAMPLE OF THE AUTOMATED SYSTEM WITH
CASHLESS PAYMENT OF THE LIPETSK REGION**

Коростелев Алексей Александрович

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Aleksey Korostelev

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В ходе анализа функционирования общественного транспорта Липецкой области были выявлены основные преимущества и недостатки реализованной системы безналичной оплаты проезда. Выделены ключевые проблемы и основные условия обеспечения качественных и безвредных пассажирских перевозок, предложен ряд мероприятий по улучшению качества автомобильных пассажирских перевозок и рассмотрены ожидаемые результаты от проведения данных мероприятий.

Ключевые слова: *система безналичной оплаты, пассажирские перевозки, терминал.*

Abstract

The functioning analysis of public transport in the Lipetsk region revealed the main advantages and disadvantages of the implemented cashless payment system. The article describes key problems and basic conditions for ensuring high-quality and harmless passenger transportation and a number of measures which will help to improve the quality of automobile passenger transportation. Besides, in the text author consider the expected results from these activities.

Key words: *cashless payment system, passenger transportation, terminal.*

Пассажирские перевозки обеспечивают основные потребности населения и играют важнейшую роль в социальной и экономической жизни современного общества. В настоящее время одним из наиболее распространенных видов наземного транспорта является автомобильный транспорт. По данным федеральной службы государственной статистики Росстат автомобильный транспорт РФ выполняет около 80% от всех перевозок пассажиров основными видами магистрального транспорта, причем 85% приходится на внутригородские перевозки, доля пригородных перевозок составляет 18%, а междугородних 2%. Высокая доля автомобильных пассажирских перевозок объясняется доступностью данного вида транспорта, повышенной маневренностью и мобильностью, высокой степенью комфортности поездок и автономностью движения по сравнению с иными видами транспорта.

Необходимость обеспечения стабильного функционирования системы транспортного обслуживания населения, качества пассажирских перевозок, экономической

эффективности и безопасности работы автобусного транспорта обуславливают актуальность и значимость задач, связанных с организацией пассажирских перевозок [1,2].

В третьем квартале 2017 года на всех маршрутах общественного транспорта Липецкой области была полностью введена в эксплуатацию автоматизированная система безналичной оплаты проезда пассажиров и перевозки багажа, а также единая региональная система по управлению автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (АИС «Управление транспортом»)

«Реализованная система безналичной оплаты проезда характеризуется следующими ключевыми особенностями:

1. удобство пользования для пассажиров – единая электронная транспортная карта, позволяющая производить оплату проезда на всех видах маршрутов, независимо от формы собственности перевозчика;

2. прозрачность финансовых операций – используемое программное обеспечение учитывает все поездки по всем типам транспортных карт (общегражданские, льготные). Полученные данные используются для расчета действующих тарифов за перевозку пассажира и багажа, а также определения объемов компенсации недополученных перевозчиками доходов от перевозки льготных категорий граждан за счет средств областного бюджета;

3. сбор достоверной и актуальной статистики о пассажиропотоке – позволит принимать управленческие решения по оптимизации маршрутной сети;

4. дополнительный финансовый контроль за работой водительского состава – все действующие на территории области тарифы на проезд загружены в бортовое оборудование в автоматическом режиме и не могут корректироваться перевозчиком;

5. дополнительные налоговые поступления в бюджет и усиленный контроль за соблюдением налоговой дисциплины пассажироперевозчиков» [3].

Информационно-аналитическая система «Управление транспортом», занимается сбором информации о работе пассажирского транспорта общего пользования региона, посредством агрегации данных мониторинговой информации и плановых показателей работы транспорта, получаемых как напрямую от предприятий-перевозчиков, так и от систем мониторинга, оперативного диспетчерского управления и др. На сегодняшний день в регионе существует проблема обработки полученных данных и принятия на основании их управленческих решений по оптимизации пассажирских перевозок.

«Управление транспорта по Липецкой области среди ключевых проблем автомобильных пассажирских перевозок (АПП) выделяют:

1. Значительную изношенность автобусного парка (АП), что неизбежно влечет за собой резкое увеличение текущих затрат на эксплуатацию транспортных средств;

2. Низкую пропускную способность улично-дорожной сети;

3. Отсутствие должного обновления АП по мере нуждаемости;

4. Низкую регулярность движения общественного транспорта на ряде маршрутов;

5. Отсутствие непрерывной системы контроля перевозчиков на каждом этапе работы;

6. Сокращение численности подвижного состава большей вместимости, рост численности автобусов малой вместимости – сокращение провозных возможностей общественного транспорта» [4,5].

В ходе анализа функционирования общественного транспорта Липецкой области были выявлены основные преимущества и недостатки внедрения системы безналичной оплаты проезда.

| Преимущества | Недостатки |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышение экономической эффективности общественного транспорта за счет снижения коррупции в сфере пассажирских перевозок; 2. Повышение качества и безопасности пассажирских перевозок; 3. Уменьшение времени оплаты и стоимости проезда; 4. Получение достоверных статистических и отчетных данных о работе пассажирского транспорта; 5. Снижение затрат на инкассацию денежных средств; 6. Уменьшение загруженности транспортных средств; 7. Возможность оплаты проезда на всех видах общественного транспорта в Липецкой области одной картой; 8. Срок пользования картой не ограничен временными рамками, как проездной билет, а ограничен только количеством денежных средств на счете карты (единственное условие – необходимо совершить хотя бы одну поездку в течение полугода, чтобы карту не заблокировали как неактивную). | <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличение травматичности из-за несоблюдения правил оплаты проезда; 2. Отсутствие поручней непосредственно у терминала оплаты; 3. Необходимость актуализации оплаты после каждого пополнения через личный кабинет или терминал оплаты без актуализатора; 4. Невозможность возврата денежных средств с утерянной карты (в настоящее время разрабатываются способы возврата или перевода наличных средств с транспортной карты). |

Рисунок 1. Преимущества и недостатки внедрения системы безналичной оплаты проезда в общественном транспорте Липецкой области

Основными условиями обеспечения качественных и безопасных пассажирских перевозок являются: исправные транспортные средства, соответствующие дорожным условиям и объемам перевозок; высокая квалификация и дисциплинированность водителей и иного служебного персонала; исправные дороги с необходимым обустройством; а также рациональная организация дорожного движения с предоставлением в необходимых случаях приоритета общественному транспорту [6].

Увеличение качества автомобильных пассажирских перевозок позволит снизить пользование индивидуальными автомобилями, что в свою очередь уменьшит загруженность с улично-дорожной сети. Четкая организация пассажирских перевозок является глобальным вопросом для организации всего городского движения. Ниже систематизированы мероприятия по улучшению качества автомобильных пассажирских перевозок, которые позволят снизить загруженность с улично-дорожной сети.

Основными мероприятиями по улучшению качества автомобильных пассажирских перевозок будут являться (рис. 1):

1. Внедрение интеллектуальной системы управления и мониторинга работы общественного транспорта;
2. Совершенствование оперативного управления и стимулирования труда;
3. Решительное принятие управленческих решений на основании полученной информации с систем мониторинга транспорта;

4. Внедрение экологически-чистого транспорта большей вместительности;
5. Списание с АП устаревших транспортных средств;
6. Корректировка расписания общественного транспорта с обязательным соблюдением норм отдыха водителей;
7. Совершенствование технико-экономических показателей транспорта;
8. Применение прогрессивных способов организации ТО и ремонта подвижного состава;
9. Внедрение многофункциональных терминалов оплаты проезда;
10. Изменение дорожной инфраструктуры:
 - а) Внедрение кольцевых и многоуровневых развязок;
 - б) Предоставление приоритета общественному транспорту:
 - введение специальной фазы в цикле светофорного регулирования;
 - выделение полос движения;
 - введение ограничений для остальных транспортных средств
 - в) Постройка новых автодорог;
 - г) Внедрение воздушных и подземных переходов.



Рисунок 2. Мероприятия по улучшению качества автомобильных пассажирских перевозок

Услуги общественного транспорта в первую очередь должны соответствовать всем требованиям безопасности. Оценка показателей улично-дорожной сети и ведение мониторинга работы общественного транспорта позволят выявить ряд причин, вызывающих отклонение в его работе.

Внедрение многофункциональных терминалов в автоматизированную систему безналичной оплаты проезда в общественном транспорте Липецкой области позволит выполнять множество функций, таких как: прием оплаты проезда наличными, банковскими и транспортными картами, с помощью бесконтактных платежей со смартфона; выдача сдачи и печать билета; контроль оплаты проезда каждым пассажиром; финансовый контроль за работой водительского состава; ведение электронной финансовой отчетности; сбор достоверной и актуальной статистики о пассажиропотоке и маршрутах; система оповещения в салонах автобусов, сообщающая помимо названия остановок, время, дату, погодные сводки и др.



Рисунок 3. Многофункциональный терминал оплаты проезда

На сегодняшний день многофункциональные терминалы оплаты проезда не способны выполнять все перечисленные выше функции, более того существует ряд проблем, связанных с программным обеспечением:

1. Пассажирам приходится пересчитывать сдачу, выданную терминалами, поскольку те довольно часто «ошибаются».
2. Прием бумажных купюр ограниченного достоинства. К примеру, терминалы корейской компании «ГидеонСистэк» способны принимать купюры номиналом 50 и 100 рублей;
3. В некоторых случаях оплата транспортными, банковскими картами и со смартфона так не реализована.

Существующие недостатки многофункциональных терминалов оплаты проезда необходимо устранить в ближайшее время. Многофункциональные терминалы должны пройти все тестовые испытания и только тогда интегрированы в систему оплаты проезда на общественном транспорте.

Ожидаемые результаты от проведения мероприятий по улучшению качества автомобильных перевозок показаны на рис. 3:



Рисунок 4. Ожидаемые результаты от проведения мероприятий по улучшению качества автомобильных пассажирских перевозок

В целом, внедрение системы безналичной оплаты проезда пошло области только на пользу, необходимо устранить оставшиеся недостатки и продолжить двигаться в направлении по усовершенствованию качества пассажирских перевозок [7]. Повышение привлекательности пассажирского транспорта общего пользования по сравнению с личным автомобилем позволит снизить загруженность с улично-дорожной сети. В условиях ежегодного увеличения загруженности улично-дорожной сети необходимо проведение мероприятий по увеличению качества автомобильных пассажирских перевозок в комплексе, применение единичных мер по совершенствованию качества автомобильных пассажирских перевозок с большой долей вероятности не позволит удерживать достигнутых результатов в долгосрочной перспективе.

Список литературы

- [1] *Корчагин В. А., Новиков А. Н., Ляпин С. А., Ризаева Ю. Н.* Сложные саморазвивающиеся транспортные системы // Мир транспорта и технологических машин. – 2016. – №2 (53). – С. 110-116.
- [2] *Маршкова М. В., Гринченко А. В.* Повышение экономической эффективности пассажирских услуг коммерческого перевозчика. //Концепции фундаментальных и прикладных научных исследований: сб. статей международной научно-практической конференции. – Уфа: Изд-во Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2016. – С. 15-19.
- [3] Администрация Липецкой области [Электронный ресурс]. –URL: <http://admlip.ru/economy/industry/transport/>. (дата обр. 05.10.2018).
- [4] *Коростелев А. А.* Автомобильный пассажирский транспорт сегодня: мероприятия по улучшению качества перевозок // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. статей XII Международной научно-практической конференции. – Пенза: Изд-во "Наука и Просвещение", 2017. — С. 158—160.
- [5] *Коростелев А. А.* Мероприятия по усовершенствованию качества автомобильных пассажирских перевозок // Internationalscientificresearch 2017: сб. материалов XXVI Международной научно-практической конференции. – Астрахань: Научный центр "Олимп", 2017. — С. 100—103.
- [6] *Андреев, К. П.* Безопасность пассажирских автомобильных перевозок // Новая наука: От идеи к результату. – 2016. – № 12. – С. 14-16.
- [7] *Коростелев, А. А.* К вопросу о применении безналичной системы оплаты проезда в общественном транспорте на примере Липецкой области // Современные тенденции в научной деятельности: сб. статей XXVII Международной научно-практической конференции. – Астрахань: Изд-во Научный центр "Олимп", 2017. — С. 49—53.

УДК 658.7 (075.8)

**РАЗВИТИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОГО СОЦИОЭКОЛОГОЭКОНОМИЧЕСКОГО
ЭФФЕКТА**

**THE DEVELOPMENT OF THE FUNDAMENTAL BASIS FOR DETERMINING
THE PEOPLE'S ECONOMIC SOCIOECOLOGICAL EFFECT**

Корчагин Виктор Алексеевич

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Viktor Korchagin

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Аргументируется необходимость ускорения решения задач по обеспечению перехода к устойчивому социоэкологоэкономическому развитию всех народов и биосферы планеты Земля на основе системного видения мира и естественно-научной концепции стратегического развития человечества.

Приведены разработанные фундаментальные основы для расчета величины народнохозяйственного социоэкологоэкономического эффекта с учетом величины предотвращенного экологоэкономического ущерба окружающей природной, внутренней и внешней средам от внедрения креативных мероприятий научно-технического прогресса.

Ключевые слова: *биосфера, природа, социоэкологоэкономический эффект, человечество, развитие, ущерб, экономика.*

Abstract

The need to accelerate the solution of problems to ensure the transition to sustainable socio-economic development of all peoples and the biosphere of the planet Earth on the basis of a systematic vision of the world and the natural science concept of the strategic development of mankind is argued.

The developed fundamental bases for calculation of size of national economic socio-ecological economic effect taking into account the size of the prevented ecological and economic damage to environment, internal and external environments from introduction of creative measures of scientific and technical progress are resulted. support system for management decision-making.

Key words: *biosphere, nature, socio-ecological economic effect, humanity, development, damage, economy.*

На протяжении многих лет экологические проблемы являются первостепенными в системе глобальных противоречий. Нарастание всех видов вооружений является главным фактором негативного влияния на мировую глобальную ситуацию. Цивилизация как система оказалась несовместимой с экосистемой Земли – Биосферой. Человеческому обществу необходимо привести геополитическое, экономическое и социальное устройство мира в соответствии с глобальной биологической системой. Наиболее приемлемый путь – ученые должны разработать новый эффективный вектор глобального развития, который будут реализовывать все страны. Наиболее рациональный путь России использование эффективного коллективного разума для выработки креативных социальных и эколого-экономических механизмов уменьшения нанесения природе и об-

ществу вреда на основе новых научных знаний и ускоренного перехода на цифровую экономику.

Сохранить природные основы жизненного мира, но не те, которые способствуют: максимальному количественному экономическому росту (поощряя удовлетворение любых, даже самых абсурдных потребностей); достижение культурного и языкового единства нации в ущерб прочим; стремится к насильственному достижению конфессиональной или религиозной однородности. В XXI столетии должна произойти смена экономической парадигмы развития человеческой цивилизации на социально-экологическую, что выводит на первый план проблему экологического сознания, экологической культуры и научного экологически-гуманистического мировоззрения.

«Выбирая новый путь развития, выстраивая государственную экологоэкономическую политику, необходимо понимать, что в самом ближайшем будущем определяющим критерием успеха человечества станет его способность вписаться в биосферу, умение соизмерять и реализовывать свою деятельность с возможностями природных комплексов. Принятие такой концепции подразумевает переход от антропоцентризма к эоцентризму. Главной задачей систем управления при этом станет соизмерение, уравновешивание материально-энергетических потоков в открытой социоприродоэкономической системе (СПЭС)». [1, 2, 3]

«Человек целенаправлен природой на определенные экономические действия, и поэтому ему выгодно осознанно получать системную ценность в обществе, так как исходя из принципа многообразия ему потенциально не дано возможности самостоятельно, в одиночку достигать максимальных эффективных действий. Необходимо помнить о непреходящем правиле деятельности природы: любой природный индивид свободен в выборе своих действий, но целенаправленность и эффективность этих действий при получении системного результата, а, следовательно, востребованность и долговечность этого индивида, определяется и формируется сообща в гармонии взаимодействия окружающее среды и сообщества индивида». [4, 5]

Окружающую среду необходимо рассматривать как фактор социально-экономического развития, который находит отражение в воспроизводственной функции экономики природопользования, что предполагает рассмотрение окружающей среды не только как экологического фактора производства, но и его составного элемента и результата. При этом, биосфера воспринимается уже не только как поставщик ресурсов, а как фундамент жизни, сохранение которого должно быть непреходящим условием функционирования СПЭС и ее отдельных элементов для улучшения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения нынешнего и будущих поколений людей. [6]

Повышение качества образования является важнейшим фактором улучшения уровня жизни, экономической, социальной и экологической безопасности. Качество жизни необходимо определять не только количеством потребляемых материальных благ, но и уровнем развития духовных и нравственных начал в человеке, позволяющих формировать его личность. От качества образования общества во многом зависит то, какой ценой и какими темпами будут осуществляться дальнейший первоначально научно-философский прогресс (НФП), т.е. умственное, нравственное движение вперед. Когда обеспечим НФП, тогда появится возможность более эффективно развить научно-технический прогресс. Главный потенциал человека сосредоточен именно в его интеллекте, разуме, духовности и нравственности. [7, 8, 9]

Повышение эффективности функционирования автотранспортного комплекса и рост его конкурентности в условиях интеграции в мировую транспортно-логистическую си-

стему в основном определяются уровнем эффективности выполнения грузовых перевозок. Перевозочный процесс грузов и пассажиров должен рассматриваться как основа обеспечения безопасного, конкурентноспособного, эффективного и доступного способа передвижения. Парк транспортных средств должен быть сформирован с заданным уровнем экологической ответственности, т.е. в приземном слое атмосферы над всей контролируемой территорией концентрации вредных веществ в атмосфере не превышают санитарно-гигиенические нормы.

Социоприродная система рассматривается в качестве естественной энергосистемы, что подтверждается формулой А. Эйнштейна $E=mc^2$. Мир природы является замкнутым, целостным, гармоничным. Он есть разумное, целое, полное и взаимосвязанное во всех частях своих. Природа состоит из основных единиц и начал: тепло, Земля, вода и воздух, которые обеспечивают все конгломерации материального мира. [10, 11]

Для природы - солнце творец жизни, тепла и возгорания. Без него нет движения, существования и формы. Солнце дает тепло, свет и пищу. И, по мнению академика В. И. Вернадского, энергия солнца - тепловая, световая и химическая - наряду с энергией химических элементов есть первоисточник создания живого вещества. Солнце есть символ жизненного принципа природы. [11]

Более эффективным и значимым для развития и поддержания системного качества рекомендуется критерий оценки эффективности деятельности организации. При решении данного предложения сформируется адекватная действующей транспортной системе и принципам системного подхода универсальная оценочная база на основе абсолютной величины народнохозяйственного социэкологоэкономического эффекта за год. Чем выше значение данного показателя, тем эффективнее будет и ожидаемый совокупный результат производственной деятельности при повышении системной безопасности транспортного обслуживания населения [12, 13].

Выше изложенное подтверждает необходимость учета экологических факторов при определении величины народнохозяйственного социэкологоэкономического эффекта (НСЭЭЭ) от внедрения креативных инженерных решений.

Обязательным и объективно необходимым элементом процесса подготовки каждого инженерного решения должно быть его социальноэкологоэкономическое обоснование. Без научного обоснования не может быть принято и осуществлено ни одно инженерное решение.

Целью обоснования инженерных решений является обеспечение эффективной работы автомобильного транспорта на основе выбора наиболее рационального решения из альтернативных вариантов на стадии планирования и отбора наиболее выгодных из множества предложенных мероприятий научно-технического прогресса (НТП) с учетом социальных результатов и экологических последствий использования автотранспортных средств.

Решение задач по ускорению экономического развития страны в огромной степени зависит от социально-экономической эффективности мероприятий НТП. Чем выше эта эффективность, тем существеннее будет влияние, оказанное ею на дальнейшее социально-экономическое развитие, улучшение уровня жизни. Поэтому задача выбора наиболее эффективного варианта приобретает все большую актуальность.

Избыточное количество идей и альтернатив способствует тому, что разработчики инженерных решений имеют в своем распоряжении достаточный выбор путей их осуществления. Из множества возможных вариантов необходимо выбрать рациональный, т.е. наиболее эффективный вариант. Такой вариант следует определять на основе комплексного анализа сравнительной материально-технической, организационной, эконо-

мической, социальной и экологической целесообразности. Задачей комплексного обоснования принимаемых инженерных решений является не только определение эффективности технологических процессов, новой техники, но и выбор наиболее рациональных процессов проектирования, производства и эксплуатации этой техники.

При проектировании средств и способов довольно часто возникает задача определения экономически эффективных значений параметров этих средств. Экономически целесообразным является такое значение параметра, при котором затраты общественного труда, обусловленные производством и использованием данного средства, будут наименьшими.

На современном этапе усиливается взаимосвязь экономических, социальных и экологических факторов влияния на автотранспортное производство. Комплексная оценка этих факторов и учет их специфики при выборе наиболее эффективного решения из альтернативных вариантов - это необходимые условия повышения социоэкологоэкономической эффективности работы автомобильного транспорта.

Для определения экономической эффективности мероприятий от внедрения новой техники, изобретений и рационализаторских предложений есть утвержденная методика. [14] Она содержит лишь основные формулы расчета годового народнохозяйственного экономического эффекта, которые, как показала практика, используются не всегда верно. В работах [15, 16] отмечается, что неверно устанавливается структура расчетных формул, не всегда правильно соблюдаются условия сопоставимости, в расчетах допускаются ошибки и т. д.

Все это предопределило необходимость в настоящей работе основное внимание уделить нерешенным вопросам, относящимся к расчету фактического значения НСЭЭЭ от внедрения мероприятий научно-технического прогресса. С целью раскрытия составляющих

народнохозяйственного эффекта, сокращения количества исходной информации и трудозатрат для выполнения расчетов, обеспечения повышения точности результатов расчета и оказания практической помощи студентам и работникам автотранспорта предлагаются методические приемы и структуры расчетных формул для отдельных групп мероприятий, разработанные на основе единых принципов определения экономической эффективности новой техники. [14]

Методика [14] предусматривает определение экономического эффекта от использования мероприятий по эксплуатации новой техники, изобретений и рационализаторских предложений по разности приведенных затрат, представляющей собой суммарную экономию всех производственных ресурсов (живого труда, материалов, капитальных вложений), которую получает народное хозяйство в результате производства и использования организационно-технического решения и которая в конечном счете выражается в росте национального дохода страны. Приведенные затраты складываются из полных годовых текущих производственных затрат C и капитальных вложений E_{HK} , приведенных к годовой (одинаковой) размерности себестоимости посредством нормативного коэффициента сравнительной экономической эффективности E_H . По своей экономической природе приведенные годовые затраты ($C + E_{HK}$) представляют собой народнохозяйственные издержки, связанные с созданием, выпуском, внедрением и эксплуатацией техники. Поэтому экономия приведенных затрат достаточно полно отражает народнохозяйственный экономический эффект внедрения новой техники.

При экономической оценке вариантов технических решений основным критерием рекомендуется использовать величину НСЭЭЭ за год, определяемая как разность сопоставимых приведенных годовых затрат и плюс экономическая оценка предотвращенно-

го социоэкологоэкономического ущерба

$$\mathcal{E}_{HX} = (C_1 + E_H K_1) - (C_2 + E_H K_2) + \mathcal{E}_{пред}^{HX} = C_1 - C_2 \pm E_H \Delta K + \mathcal{E}_{пред}^{HX}, \quad (1)$$

где: C_1, C_2 – текущие годовые производственные издержки по 1-му и 2-му вариантам; K_1, K_2 – капитальные вложения по вариантам; ΔK – разность капитальных вложений; $\mathcal{E}_{пред}^{HX}$ – предотвращенный эколого-экономический эффект за год.

Таким образом, экономия состоит из суммы трех частей — экономии текущих издержек предприятия, превышения (уменьшения) капитальных вложений $E_H K_2$ нового варианта над $E_H K_1$ заменяемой техники и $\mathcal{E}_{пред}^{HX}$.

Экономическая оценка предотвращенного экологоэкономического ущерба определяется по следующим видам природных ресурсов [17]:

- водные ресурсы;
- атмосферный воздух;
- почвы и земельные ресурсы;
- биологические ресурсы (растительный и животный мир).

К основным факторам, влияющим на величину предотвращенного экологического ущерба, относятся следующие:

- масса загрязняющих веществ, не поступивших (предотвращенных, не допущенных к сбросу) в водные объекты;
- масса загрязняющих веществ, не поступивших (предотвращенных, не допущенных к выбросу) в атмосферный воздух в результате внедрения НТП мероприятий;
- объемы использованных, обезвреженных отходов производства и потребления, не поступивших на размещение, а также снижение объемов размещенных отходов в результате их вовлечения в хозяйственную деятельность;

Оценка величины предотвращенного экологического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха стационарными и передвижными источниками выбросов проводится на основе показателей удельного ущерба от выброса единицы (условной тонны) приведенной массы загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух природной, внутренней и внешней сред.

Предотвращенный экологический ущерб от выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ передвижным транспортом за год рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{пред}^{HX} = U_{уд.г}^a \times M_{пред}^a \times K_э^a \quad (2)$$

где $U_{уд.г}^a$ – показатель удельного ущерба от выброса i – ой условной тонны загрязняющих веществ в атмосферный воздух, руб.; $M_{пред}^a$ – приведенная масса выбросов загрязняющих веществ, усл. тонн за год; $K_э^a$ – коэффициент экологической значимости атмосферного воздуха для экономического района РФ. [17]

Степень точности расчетов эффективности внедрения обуславливается правильностью установления конкретных технико-экономических, социальных и экологических показателей, на которые влияет внедряемое мероприятие, и зависит от определения величины изменения этих показателей.

Отправным моментом при установлении конкретных показателей, на которые влияет внедряемое мероприятие, может служить выше рассмотренная классификация показателей, которая позволяет охватить все многообразие возможных факторов роста производительности труда и не упустить какие-либо из них. Следовательно, анализируя суть предлагаемого решения и его воздействие на конкретные показатели, нужно определить перечень показателей, на которые влияет внедряемое мероприятие и записать их.

Затем определяется изменение величины каждого показателя в рекомендуемом варианте по сравнению с базовым. [15]

Качественное выполнение анализа и расчетов требует от исполнителя четкого представления как об организационно-технических, экологических и социальных результатах внедрения, так и о том, каким образом эти результаты окажут влияние на изменение оценочных показателей деятельности АТП. Анализ выполненных расчетов на АТП показывает, что эти требования во многих случаях не соблюдаются. Исполнители расчета учитывают не все результаты внедрения мероприятия, в том числе и те, которые оказывают существенное влияние на изменение величины $\mathcal{E}_{нх}$.

Отмеченные недостатки в значительной мере устраняются при построении и использовании системного анализа влияния внедряемого мероприятия на результаты производственной деятельности, рис.1.

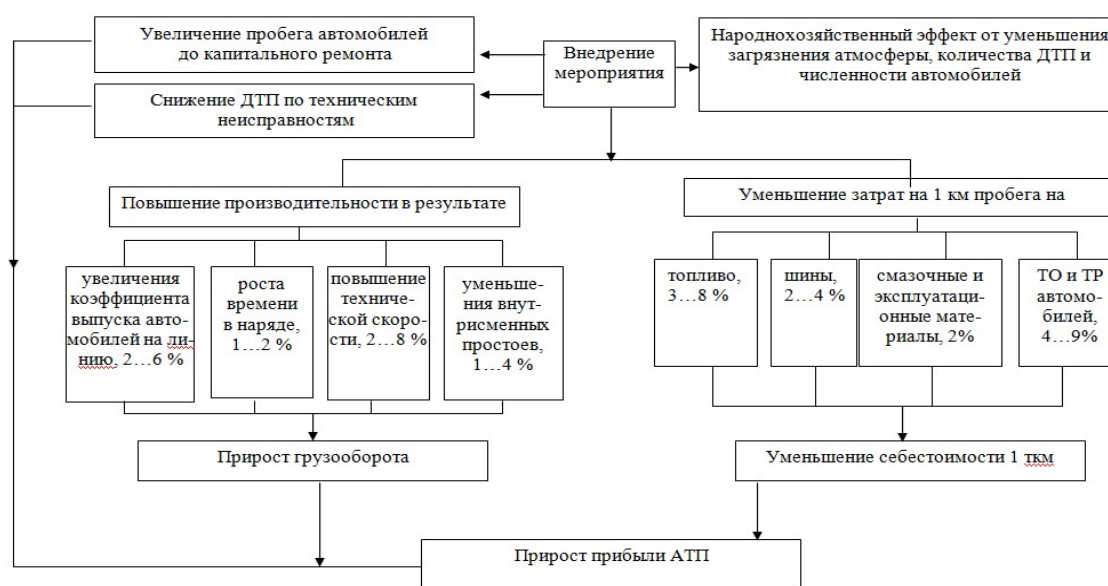


Рисунок 1. Системный анализ эффективности внедрения мероприятия НТП

Количественно оценить уровень изменения показателей возможно только при помощи всестороннего анализа состояния технологии производства и организации труда по базовому и внедряемому вариантам. На завершающем этапе выполнения работ этого подраздела методики рекомендуется составлять таблицу выявления изменяющихся показателей. В первой графе перечисляются все изменяемые показатели за счет внедряемого мероприятия. Значения величин показателей до и после внедрения записываются соответственно во 2-й и 3-й графах.

Поскольку конечным результатом деятельности АТП является объем транспортных работ (услуг), то сначала важно установить объем перевозок, грузооборот, пассажирооборот при повышении технико-эксплуатационных показателей использования автотранспортных средств и сокращении потерь рабочего времени за счёт внедряемого новшества. Так, годовой объем перевозок и грузооборот после внедрения мероприятия рассчитывается по формулам:

$$Q_H = \frac{T_H \cdot q \cdot V_T \cdot \gamma \cdot \beta \cdot D_K \cdot \alpha_B \cdot A_c}{l_{ez} + V_T \cdot t_{II} \cdot \beta}; \quad (3)$$

$$W_H = Q_H l_{cp}, \quad (4)$$

где: T_H - продолжительность работы подвижного состава на линии (время в наряде), ч; q - грузоподъемность автомобиля, т; V_T - средняя техническая скорость автомобиля, км/ч; γ, β - коэффициенты использования грузоподъемности и пробега; D_K - число календарных дней в году; α_B - коэффициент выпуска автомобилей на линию; A_c - среднесписочное количество автомобилей, осуществляющих перевозки, ед.; l_{cp} - средняя длина ездки с грузом, км; l_{ez} - длина ездки с грузом, км; $t_{\Pi} = t_{\Pi-P} + t_B$ - время простоя автомобиля на одну ездку, ч (где $t_{\Pi-P}$ - время простоя под погрузкой - разгрузкой, а t_B - время внутрисменных простоев).

Ниже приведены некоторые фундаментальные основы определения народнохозяйственного эффекта. При выборе из многовариантного получения одного и того же конечного народнохозяйственного результата экономически наиболее эффективного варианта следует использовать обобщающий критерий - полный народнохозяйственный социоэкологоэкономический эффект $\mathcal{E}_{П.НХ}$ за год, который представляет собой суммарные величины экономических результатов и последствий социальных эффектов и предотвращенный народнохозяйственный социоэкологоэкономический ущерб окружающей природной, внутренней и внешней средам

$$\mathcal{E}_{П.НХ} = \mathcal{E}_{ИЗГ} + \mathcal{E}_{АТП} + \mathcal{E}_{ПОТР} + \mathcal{E}_{СОЦ} + \mathcal{E}_{ПРЕД}^{НХ}. \quad (5)$$

где: $\mathcal{E}_{ИЗГ}$, $\mathcal{E}_{АТП}$, $\mathcal{E}_{ПОТР}$, $\mathcal{E}_{СОЦ}$, $\mathcal{E}_{ПРЕД}$ - соответственно народнохозяйственный годовой экономический эффект (убытки), определенный по разности приведенных затрат, у изготовителей новой техники, предприятий автомобильного транспорта и потребителей транспортных услуг, руб.; $\mathcal{E}_{СОЦ}$ - социальные результаты, определенные в денежной форме за год, руб. и $\mathcal{E}_{ПРЕД}$ - предотвращенный народнохозяйственный социоэкологоэкономический эффект.

В большинстве случаев технические средства труда изготавливаются на заводах, поэтому экономический эффект $\mathcal{E}_{ИЗГ}$ определяют научно-исследовательские, проектно-конструкторские и другие организации, занятые разработкой и обоснованием эффективности новой техники. Когда новая техника изготовлена, важно знать ее отдачу в сфере потребления. Поэтому при внедрении организационно-технических мероприятий в первую очередь определяется народнохозяйственный экономический эффект, реализуемый на автотранспортном предприятии $\mathcal{E}_{АТП}$ и у потребителей транспортных услуг. Тогда формулу запишем в следующем виде:

$$\mathcal{E}'_{П.НХ} = \mathcal{E}_{АТП} + \mathcal{E}_{ПОТР} + \mathcal{E}_{СОЦ} + \mathcal{E}_{ПРЕД}^{НХ}. \quad (6)$$

Полный народнохозяйственный социально-экономический эффект определяет выгодность выпуска и использования новой техники для общественного производства в целом. Управление научно-техническим прогрессом, его направлениями, очередность реализации программ, выбор наилучших вариантов, определение масштабов производства и внедрения новой техники необходимо осуществлять на основе расчета показателя $\mathcal{E}_{П.НХ}$. При разработке, планировании и внедрении новой техники, изобретений и рационализаторских предложений на АТП определяется полный эффект $\mathcal{E}'_{П.НХ}$.

Такой подход обеспечивает народнохозяйственную оценку затрат и результатов, учитывает затраты и эффекты не только на автомобильном транспорте, но и в других отраслях народного хозяйства. При этом появляется возможность оценить конкретный вклад тех и других в формирование конечного народнохозяйственного результата.

Базируясь на методологии определения сравнительной народнохозяйственной экономической эффективности капитальных вложений и используя основную формулу

расчета экономического эффекта в методике [14], разработано четыре модификации этой формулы для конкретных групп объектов новой техники. Выполненные разработки по развитию этих формул и конкретизации их применительно к автомобильному транспорту позволяют рекомендовать следующие формулы для определения составляющих полного социоэкологоэкономического эффекта.

Народнохозяйственный экономический эффект (часто называют внутранспортный эффект), реализуемый у потребителей транспортных услуг [14]:

$$\mathcal{E}_{\text{ПОТР}} = \mathcal{E}_{\text{П}} + \mathcal{E}_{\text{ОБ}} + \mathcal{E}_{\text{ГР}} + \mathcal{E}_{\text{К}}; \quad (7)$$

$$\mathcal{E}_{\text{П}} = Q_{\text{Н}} C_{\text{T}} (P_{\text{Б}} - P_{\text{Н}}) / 100; \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ОБ}} = Q_{\text{Н}} C_{\text{T}} (D_{\text{Б}} - D_{\text{Н}}) 15 / (365 \cdot 100); \quad (9)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ГР}} = \sum [I_{\text{Б}}'' - I_{\text{Н}}'' - E_{\text{Н}} (K_{\text{Н}}'' - K_{\text{Б}}'')] Q_{\text{Н}}; \quad (10)$$

$$\mathcal{E}_{\text{К}} = C_{\text{Б}} (Q_{\text{Н}} - \Delta Q_{\text{Б}}) - C_{\text{Н}} (Q_{\text{Н}} - \Delta Q_{\text{Б}}); \quad (11)$$

где: $\mathcal{E}_{\text{П}}$ – экономия (убытки) от сокращения (увеличения) потерь при перевозке груза с использованием новой техники, руб.; $\mathcal{E}_{\text{ОБ}}$ – экономия (убытки) у потребителей транспортных услуг от ускорения (замедления) оборачиваемости оборотных средств, руб.; $\mathcal{E}_{\text{ГР}}$ – экономия (убытки) на приведенных затратах грузоотправителя и грузополучателя при использовании новой техники, руб.; $\mathcal{E}_{\text{К}}$ – экономия (убытки) от улучшения (ухудшения) сохранности потребительских свойств (качества) перевозимых товарно-материальных ценностей, руб.; $Q_{\text{Н}}$ – объем перевозок грузов, выполняемый при использовании новой техники, т; C_{T} – цена 1 т груза, руб.; $P_{\text{Б}}, P_{\text{Н}}$ – потери груза в расчете на 1 т (на бой, распыление, ухудшение качества и т. д.) в процессе транспортировки при использовании соответственно базовой и новой техники, %; $D_{\text{Б}}, D_{\text{Н}}$ – число дней, необходимых для доставки груза при использовании соответственно базовой и новой техники; 15 – годовая норма амортизации стоимости перевезенного груза (плата за оборотные фонды грузополучателей), %; $I_{\text{Б}}'', I_{\text{Н}}''$ – годовые эксплуатационные затраты грузоотправителя; (грузополучателя) на 1 т перевезенного груза при использовании соответственно базовой и новой техники, руб.; $K_{\text{Б}}'', K_{\text{Н}}''$ – капитальные вложения грузоотправителя (грузополучателя) на 1 т груза при использовании соответственно базовой и новой техники, руб.; $\Delta Q_{\text{Б}}, \Delta Q_{\text{Н}}$ – количественные потери груза соответственно до и после внедрения, т; $C_{\text{Б}}, C_{\text{Н}}$ – стоимость 1 т груза с учетом снижения его сортности, происшедшего в процессе перевозки и перегрузки, и дополнительных затрат клиентуры на восстановление качества (товарного вида) груза соответственно до и после внедрения, т.

Как показывает практика, исполнители быстрее и с меньшим числом ошибок выполняют расчет экономического эффекта, когда имеются конкретные рекомендации по применению расчетных формул в зависимости от разновидностей сфер использования изобретений и рационализаторских предложений. При расчете экономического эффекта выделены четыре основные группы изобретений и рационализаторских предложений [14].

Народнохозяйственный экономический эффект годового выпуска и использования новых средств труда долговременного применения с улучшенными качественными характеристиками за весь срок их службы рекомендуется определить по [14]:

$$\mathcal{E}_{\text{нх}} = \left[3_1 \frac{B_2 (\rho_1 + E_n)}{B_1 (\rho_2 + E_n)} + \frac{(I'_1 - I'_2) - E_n (K'_2 - K'_1)}{\rho_2 + E_n} - 3_2 \right] N_2 + \mathcal{E}_{\text{нотр}} + \mathcal{E}_{\text{нред}}^{\text{нх}} \quad (12)$$

где: $3_1, 3_2$ - приведенные затраты единицы соответственно базового и нового средства труда, руб.; $B_2/B_1 = \psi$ - коэффициент учета роста производительности единицы нового средства труда по сравнению с базовым; B_1, B_2 - годовые объемы работы (продукции), производимые при использовании единицы соответственно базового и нового средства труда, в натуральных единицах; $(\rho_1 + E_n)/(\rho_2 + E_n) = \varphi$ - коэффициент учета изменения срока службы нового средства труда по сравнению с базовым; ρ_1 и ρ_2 — доли отчислений от балансовой стоимости на полное восстановление (реновацию) соответственно базового и нового средства труда. Рассчитываются как величины, обратные срокам, службы средств труда, определяемым с учетом их морального износа; $[(I'_1 - I'_2) - E_n(K'_2 - K'_1)](\rho_2 + E_n) = \mathcal{E}_{\text{эк}}$ - экономия АТП на текущих издержках эксплуатации и отчислениях от сопутствующих капитальных вложений за весь срок службы нового средства по сравнению с базовым, руб.; K'_1, K'_2 - сопутствующие капитальные вложения АТП (без учета стоимости рассматриваемых средств труда) при использовании соответственно базового и нового средств труда в расчете на объем работы, производимой с помощью нового средства труда, руб.; I'_1, I'_2 - годовые эксплуатационные издержки АТП при использовании соответственно базового и нового средств труда в расчете на объем работы, производимой с помощью нового средства труда, руб.; N_2 - годовой объем производства новых средств труда в расчетном году, в натуральных единицах.

Для разработки рационального управления транспортом необходимо руководствоваться методологией, принципами природного равновесия при учете взаимодействия экономических, социальных, экологических и производственных факторов с использованием основных научных подходов биокibernетической саморегуляции на основе инновационной цифровой экономики и повышения качества человеческого капитала, скорости на магистральных маршрутах перевозок.

Список литературы

- [1] Корчагин В. А. Социоприродоэкономические системы автотранспортного комплекса // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2005. – № 7. С. 18 – 21.
- [2] Корчагин В. А. О решении эколого-экономических проблем автотранспортных систем // Автотранспортное предприятие. – 2008. – № 6.
- [3] В. А. Корчагин Эколого-экономические проблемы транспортных систем // Наука и техника транспорта. – 2008. – № 2.
- [4] Корчагин В. А. Subsystem of road accident consequences elimination. Methodology of subsystem efficiency improvement / В. А. Корчагин, С. А. Ляпин, Ю. Н. Ризаева, В. А. Коновалова // Transportation Reserch Procedia. – 2017. – Vol.20. – pp. 316-320.
- [5] Корчагин В. А. Реконструкция элементов логистической системы с переменной структурой // Интегрированная логистика. – 2012. – № 3. – С. 28-30.
- [6] Корчагин В. А. Эконравственная новая экономика [Текст]: монография. – Ли-

пецк: Ориус, 2006. – 221 с.

- [7] *Корчагин В. А., Ляпин С. А.* Управление процессами перевозок в открытых социоприродоэкономических автотранспортных системах: Монография. – Липецк: ЛГТУ, 2007. – 261 с.
- [8] *Корчагин В. А.* Modernization of Bodies Tipper Trailers to Improve the Working Conditions of Maintenance/В. А. Корчагин, Ю. Н. Ризаева//International Journal of Traffic and Transportation Engineering. – 2015. – Vol.4. – pp. 35-44.
- [9]. *Корчагин В. А.* Process modeling in the subsystem of traffic accident consequence liquidation/ В. А. Корчагин, С.А. Ляпин// International Journal of pharmacy and technology. – 2016. – Vol.8 № 3. – С. 15262-15270.
- [10] *Корчагин В. А.* Инновационная экоэкономика: монография в 3-х ч. – Липецк: ЛГТУ, 2010. – 435 с.
- [11] *Вернадский В. И.* Жизнь замечательных людей; Сер. биограф.; вып.800. – М: Мол. гвардия., 2001. – 484 с.
- [12] *Корчагин В. А.* Оценка экологичности машин/Тяжелое машиностроение – 2002. – № 2.
- [13] *Корчагин В. А.* Повышение эффективности грузовых перевозок на основе создания устойчивости транспортно-логистической системы модульного типа для высокоскоростной обработки и доставки грузов/В. А. Корчагин [и др.]//Интегрированная логистика. – 2012. – № 6. – С. 39-41.
- [14] Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений [Текст]. – М: Экономика., 1977. – 56 с.
- [15] Корчагин В. А. Оценка эффективности инженерных решений: учебное пособие/В. А. Корчагин, Ю. Н. Ризаева; под ред. В. А. Корчагина. Липецк: ЛГТУ, 2008. – 160 с.
- [16] *Корчагин В. А.* Эффективность использования изобретений и рационализаторских предложений на автомобильном транспорте [Текст]: монография. – М. Транспорт, 1984. – 112 с.
- [17] Методика определения предотвращенного экологического ущерба. Комитет РФ по охране окружающей среды. – М., 1999. – 71 с.
- [18] *Луканин В. Н., Трофименко Ю. В.* Промышленно-транспортная экология: учебник. – М: Высш. шк., 2001. – 273 с.
- [19] *Новиков А. Н.* Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды/ А. Н. Новиков, О. А. Иващук, В. В. Васильева// Мир транспорта и технологических машин. 2009. № 1. С. 107-111.
- [20] *Корчагин В. А.* Научные основы оптимизации взаимодействия автомобильного транспорта с окружающей средой//Экомобиль – 92: Материалы международного экологического форума. Сочи, 1992. С. 32-38.

УДК 656.13.021:004.89

**ОРГАНИЗАЦИОННО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ОБЛАСТНОГО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ЭКОЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ПЕРЕВОЗОК
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

**ORGANIZATIONAL AND FUNCTIONAL STRUCTURE OF THE REGIONAL
INTELLIGENT - ENVIRONMENTAL LOGISTICS CENTER OF
TRANSPORTATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS**

Корчагин Виктор Алексеевич, Ризаева Юлия Николаевна,
Сухатерина Светлана Николаевна
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Viktor Korchagin, Iuliia Rizaeva, Svetlana Suhaterina
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Предложены научно-методические основы синхронизации работы сельхозпроизводителей, элеваторов и заводов региона при доставке продукции. Разработана структура областного интеллектуально-экологистического центра перевозок сельскохозяйственных грузов. В структуру центра входит Интеллектуально-диспетчерская служба. В случае необходимого вмешательства работника в моделирование ситуации, управленческие решения будут приниматься с учетом возможностей интеллектуальной информационной системы поддержки принятия управленческих решений.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, сельскохозяйственная продукция, экологичность.

Abstract

Scientific and methodological foundations for synchronizing the work of agricultural producers, elevators and plants in the region during product delivery have been proposed. The structure of the regional intelligent and environmental center for the transport of agricultural goods has been developed. The structure of the center includes Intellectual Dispatch Service. In the case of the necessary intervention of the employee in the situation modeling, management decisions will be made taking into account the capabilities of the intelligent information support system for management decision-making.

Key words: intelligent transportation systems, agricultural production, ecology.

В настоящее время доля транспортных расходов в формировании цены на готовую продукцию достаточно велика. Современные условия транспортировки сельскохозяйственных грузов требуют объединения производственных, торговых, транспортно-логистических организаций в единое информационное пространство, чтобы быстрее, своевременно, с минимальными затратами, при уменьшении вреда, наносимого окружающей среде, осуществлять доставку сельскохозяйственных грузов. Одним из решений данных задач является применение современных средств информационно-телекоммуникационных и интеллектуальных технологий управления логистикой пере-

возок.

Предложена организационно-функциональная структура областного интеллектуально-экологистического центра перевозок сельскохозяйственных грузов для «обеспечения планирования, организации и обслуживания транспортных процессов, организационное управление которой осуществляется с использованием современных телематических технологий» [1] (рис. 1). Центр решает задачи: эффективного распределения заказов; построения оптимальных картографических маршрутов; сокращения времени доставки; снижения негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду (ОС); контроль грузоперевозки в режиме реального времени, информирование участников перевозки сельскохозяйственной продукции.



Рисунок 1. Структура областного интеллектуально-экологистического центра перевозок сельскохозяйственной продукции
 В структуру областного интеллектуально-экологистического центра перевозок сель-

скохозяйственной продукции входит: интеллектуально-диспетчерская служба; транспортно-логистические компании, терминальная система региона; терминальный комплекс вокруг города в пригородной зоне. «Одним из наиболее распространенных в мировой практике принципов формирования логистических систем управления грузопотоками является создание терминальных комплексов вокруг крупных городских агломераций в пригородных зонах» [2].

Все виды информационных взаимосвязей производственных, торговых, транспортно-логистических организаций, заказчиков и потребителей транспортных услуг осуществляются через виртуальную сеть региональной транспортно-экологической информационной системы перевозки сельскохозяйственной продукции.

Региональная транспортно-экологическая информационная система подразумевает под собой электронно-информационный ресурс, аккумулирующий информацию, связанную с перевозками сельскохозяйственной продукции в регионе. Система включает различные порталы, в том числе Портал региональных транспортно-логистических услуг и Портал для региональных крупных розничных структур и сетей, а также магазинов-складов оптовой и мелкооптовой продажи товаров. Порталы представляют собой платформу электронного размещения заказов на выполнение транспортно-логистических услуг.

Информационная система включает сведения о региональной интеллектуальной транспортно-экологической инфраструктуре, данные о терминальной региональной системе, терминальном комплексе вокруг города в пригородных зонах (месторасположение, характеристики складских объектов, имеющиеся свободные складские площади и т.д.).

Информационная система предоставляет коллективный доступ пользователям логистических услуг для быстрого и эффективного поиска нужной компании, услуг и позволит: иметь и постоянно получать необходимые сведения о грузообороте; отслеживать маршрут, нахождение заказа в реальном времени [3].

Объединить в информационное пространство производственные, торговые, транспортно-логистические организации возможно на основе использования технологии Интерфейс программирования приложений (Application Programming Interface, API) - набор методов (функций), который программист может использовать для доступа к функциональности программного компонента (программы, модуля, библиотеки).

Использование технологии предоставляет возможность потребителям транспортной услуги по перевозке сельскохозяйственной продукции получать необходимые данные, представленные на сервисе (маршрут с указанием времени в пути и всех остановок; контактную информацию перевозчиков; список ближайших к заданной точке складов, терминалов).

Процесс оперативного управления логистикой региональных перевозок сельскохозяйственной продукции предложено осуществлять службам областного интеллектуально-экологического центра перевозок сельскохозяйственной продукции по двум взаимосвязанным направлениям: минимизация себестоимости грузовых автомобильных перевозок и сокращение выбросов вредных веществ отработавших газов автомобильных двигателей в окружающую среду.

Предложенная функциональная структура работы центра (рис. 2) состоит из взаимосвязанных блоков: блок выбора подвижного состава по критерию народнохозяйственного социэкологоэкономического эффекта с учетом величины предотвращенного



Рисунок 2. Функциональная модель работы центра перевозок сельскохозяйственной продукции

Данные расчетные блоки связаны с базами данных нормативной и справочной информации. Предложенные блоки взаимосвязаны, но также могут работать независимо.

Предложенный программный блок центра для планирования процесса доставки сельскохозяйственной продукции с учетом снижения негативного воздействия автомобильного транспорта на ОС постоянно связан с региональной транспортно-экологической информационной системой. Программный блок предлагает комплексное интегрированное решение для планирования, управления и контроля региональных перевозок сельскохозяйственной продукции. В структуру центра входит интеллектуально-диспетчерская служба, а предложенный программный блок позволяет автоматизировать работу данной службы при поступлении он-лайн заявок на перевозку сельскохозяйственной продукции и выдать план перевозки грузов с учетом минимизации негативного воздействия на ОС.

Интеллектуально-диспетчерская служба центра в своей работе использует возможности интеллектуальной информационной системы поддержки принятия решений для составления предварительного маршрута, способна составлять профиль событий для контроля процессов доставки сельскохозяйственной продукции, давать необходимые советы и рекомендации, предоставлять информацию сельхозпроизводителям потребителям транспортной услуги, на основе информации об единичном акте перевозок сельскохозяйственных грузов, осуществлять прогнозирование развития ситуаций, выдавать план перевозки грузов с учетом минимизации негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

В связи с особенностями транспортировки сельскохозяйственной продукции становится актуальной задача быстрого и правильного принятия решения при управлении доставкой данных грузов. Для этого требуется знать возможные (предпочтительные) маршруты доставки сельхозпродукции с учетом различных аварийных ситуаций, дорожных заторов, масштабных дорожных работ, природных катаклизмов и других факторов, а также оптимальные из них по предложенным критериям.

Интеллектуальная информационная система поддержки решения позволяет связать интеллектуальные ресурсы центра, базы данных перевозчиков сельскохозяйственной продукции, подвижного состава, интеллектуальной терминальной системы, базу нормативной информации, справочной информации, со способностями и возможностями системы для создания оптимального картографического маршрута перевозки с учетом информации о дорожных работах, ДТП и т.д. Таким образом, в случае необходимого вмешательства работника в моделирование ситуации в условиях полуструктурированных задач, с учетом множественности субъектов, участвующих в решении проблемы и взаимовлияющих друг на друга факторов, управленческие решения будут приниматься с учетом возможностей интеллектуальной информационной системы поддержки принятия решений.

Главная задача оперативного управления логистикой региональных перевозок сельскохозяйственной продукции заключается в распределении грузов между автомобилями, имеющими наименьшее значение экологической опасности, и обеспечение оптимальной перевозки всего множества грузов в транспортной сети региона.

В структуру центра входит Интеллектуально-диспетчерская служба. В случае необходимого вмешательства работника в моделирование ситуации, для составления маршрута при уменьшении негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду, в условиях полуструктурированных задач, с учетом множественности субъектов, участвующих в решении проблемы и взаимовлияющих друг на друга факторов, управленческие решения будут приниматься с учетом возможностей интеллекту-

альной информационной системы поддержки принятия управленческих решений.

Заключение

Предложены: а) способ синхронизации работы сельскохозяйственных предприятий, складов, элеваторов и заводов Липецкой области на основе создания региональной интеллектуальной транспортно-логистической системы доставки сельскохозяйственной продукции; б) функциональная модель работы областного интеллектуально-экологического центра перевозок сельскохозяйственной продукции для оказания транспортно-экологических услуг сельхозпроизводителям и потребителям сельхозпродукции. Программный блок областного центра перевозок позволяет: снизить логистические затраты потребителей транспортных услуг, уменьшить вред, наносимый ОС; повысить эффективность распределения заказов сельхозпродукции по имеющемуся парку подвижного состава; разработать рациональные маршруты движения автомобилей на основе построенных картографических маршрутов; сократить время доставки продукции и контролировать грузоперевозки в режиме реального времени.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-71-10034)

Список литературы

- [1] Проект «Концепция развития интеллектуальных транспортных систем в Российской Федерации» // http://its-russia.ru/news/deyatelnost-ekspertnogo-soveta/opublikovan_proekt_kontseptsii_razvitiya_intellektualnykh_transportnykh_sistem_v_rossiyskoy_federats/ (дата обращения: 09.08.2018).
- [2] Сити-логистика – логистика и управление цепями поставок // URL: <http://studme.org/58850/logistika/siti-logistika> (дата обращения: 10.08.2018).
- [3] Турлаев Р.С., Кузменко Ю.Г. Формирование единого транспортно-логистического информационного пространства Российской Федерации // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2-24. С. 5467-5472; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38370> (дата обращения: 12.08.2018).
- [4] Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н., Сухатерина С.Н. Биосферно-совместимый критерий оценки и сравнения экологической опасности автомобилей // *Автотранспортное предприятие*. 2015. №8. С.51-53.
- [5] Korchagin V. A., Novikov A.N., Lyapin S.A., Rizayeva Yu. N. Complex self-developing transport systems. *International journal of pharmacy and technology*. 2016. Vol. 8, Issue No.3. pp. 15253 – 15261.
- [6] Korchagin V. A., Lyapin S.A., Rizayeva Yu. N., Konovalova V.A. Subsystem of Road Accident Consequences Elimination. Methodology of Subsystem Efficiency Improvement. *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 20, Issue No.3. pp. 316-321.

УДК 656.078:338.2

**КВАЗИПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФУНКЦИЯ
ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
С ПЕРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ПЕРЕВОЗОК**

**QUASIPRODUCTIVE FUNCTION CARGO TRANSPORTATION
ENTERPRISE WITH VARIABLE TECHNOLOGICAL STRUCTURE OF
TRANSPORTATION**

Логинов Владимир Анатольевич, Суворов Владимир Александрович
Ляхов Алексей Сергеевич
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Vladimir Loginov, Vladimir Suvorov, Alexey Lyakhov
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Разработаны теоретические основы методики расчёта перевозочной производственной мощности автотранспортного предприятия исходя из перевозочных производственных мощностей отдельных автомобилей. Произведена свертка микроописания экономики грузового автотранспортного предприятия в макроописание в виде квазипроизводственной функции.

Ключевые слова: *производственная мощность автотранспортного предприятия, уравнения трендов дохода, функция плотности распределения вероятности пробегаемости дохода, пробегаемость дохода, квазипроизводственная функция.*

Ранее в работах [1–5] нами была получена система уравнений, определяющих изменение производственной перевозочной мощности автотранспортного предприятия с постоянной технологией перевозок:

$$\frac{df(l,t)}{dt} = \alpha(t)(\varphi(l,t) - f(l,t)); \quad (1)$$

$$\frac{dM(t)}{dt} = K(t) - \mu M(t), \quad (2)$$

где $\alpha(t)$ - доля вновь вводимых перевозочных производственных мощностей; $\varphi(l,t)$ - функция плотности распределения вероятностей пробегаемостей дохода вновь создаваемых перевозочных мощностей; $f(l,t)$ - функция плотности распределения вероятно-

стей пробегомощностей дохода перевозочных мощностей автотранспортного предприятия в момент времени t ; μ - норма амортизации перевозочных производственных мощностей; $M(t)$ – производственная перевозочная мощность автотранспортного предприятия в момент времени t .

Теперь предположим, что на автотранспортном предприятии идет обновление технологии перевозок, позволяющее получить больше дохода с меньшим пробегом автомобилей. В этом случае величина наименьшей пробегомощности дохода $l_{min}(t)$ монотонно убывает со временем, то есть $\frac{dl_{min}(t)}{dt} = 0$ при всех значениях t .

Ясно, что новые перевозочные мощности с новой технологией перевозок $l_{min}(t)$ не появляются мгновенно, поэтому положим $f(t, l_{min}(t)) = 0$.

Так как новые перевозочные мощности используют новейшую технологию перевозок, то распределение вновь приобретенных автомобилей по технологиям перевозок можно задать, используя рекомендации [2], в виде:

$$\varphi(l, t) = \delta_+(l - l_{min}(t)), \quad (3)$$

где $\delta_+(l - l_{min}(t))$ - асимметричная импульсная функция [3], определяемая соотношениями

$$\int_{a+0}^b g(\theta) \delta_+(\theta - l_{min}(t)) d\theta = \begin{cases} 0 & \text{при } l_{min}(t) < a \quad \text{и } l_{min}(t) > b, \\ g(l_{min}(t) + 0) & \text{при } a \leq l_{min}(t) < b \end{cases},$$

Тогда получим

$$\frac{df(l, t)}{dt} = \alpha(t)(\delta_+(l - l_{min}(t)) - f(l, t)). \quad (4)$$

Введем начальные условия:

$$f(t_0, l) = f_0(l) \text{ при } l > l_{min}(t_0) \text{ и } f(t_0, l) = 0 \text{ при } l \leq l_{min}(t_0).$$

Проинтегрируем уравнение (3) при этих начальных условиях

$$f(t, l) = \int \alpha(t)(\delta_+(l - l_{min}(t)) - f(l, t)) dt. \quad (5)$$

Получим

$$f(t, l) = 0 \text{ при } 0 < l \leq l_{min}(t), \quad (6)$$

$$f(t, l) = -\frac{a(v(l))}{l_{min}^*(v(l))} \exp\left(-\int_{v(l)}^t a(t) dt\right) \text{ при } l_{min}(t) < l \leq l_{min}(t_0), \quad (7)$$

$$f(t, l) = -\frac{a(v(l))}{l_{min}^*(v(l))} \exp\left(-\int_{v(l)}^t a(t) dt\right) \text{ при } l_{min}(t) < l \leq l_{min}(t_0), \quad (8)$$

где $l_{min}^*(t) = \frac{dl_{min}(t)}{dt}$; $v(l)$ – функция, обратная к функции $l = l_{min}(t)$, то есть это значение момента времени t

Будем считать, что процесс технологических изменений перевозок начался задолго до текущего момента времени t . Поэтому перейдем к пределу при $t_0 \rightarrow -\infty$ в уравнениях (4)-(6). Считаем, что

$$l_{min}(t_0) \rightarrow +\infty \text{ при } t_0 \rightarrow -\infty,$$

$$v(l)_0 \rightarrow -\infty \text{ при } t_0 \rightarrow +\infty \text{ и } \int_{-\infty}^t \alpha(\tau) d(\tau) = +\infty.$$

Тогда получим

$$f(t, l) = -\frac{a(v(l))}{l_{min}^*(v(l))} \exp\left(-\int_{v(l)}^t a(t) dt\right) \text{ при } l > l_{min}(t). \quad (9)$$

Ранее в работе [4] нами были получены выражения

$$Y = M \int_{l_{min}}^{l_{max}} f(l) dl, \quad (10)$$

$$L_{zod} = M \int_{l_{min}}^{l_{max}} lf(l) dl. \quad (11)$$

Теперь ясно, что величины, входящие в эти выражения, изменяются во времени, то есть их нужно записать в виде

$$Y(t) = M(t) \int_{l_{min}(t)}^{l_{max}(t)} f(t, l) dl, \quad (12)$$

$$L_{zod}(t) = M(t) \int_{l_{min}(t)}^{l_{max}(t)} lf(t, l) dl. \quad (13)$$

Введем новые переменные

$$X(t) = \frac{L_{zod}(t)}{M(t)}, \quad (14)$$

$$X^*(t) = \frac{L(t)}{M(t)}, \quad (15)$$

где $L(t)$ - возможный максимальный пробег автомобилей в момент времени t при перевозочной мощности $M(t)$; $L_{zod}(t)$ - фактический пробег автомобилей в момент времени t .

Теперь можно записать

$$Y(t) = M(t)f(t, x(t)) \text{ при } 0 \leq x(t) \leq x^*(t), \quad (16)$$

где $f(t, x(t)) = \int_{l_{min}(t)}^{l_{max}(t, x(t))} f(t, l) dl$; а $l_{max}(t, x(t))$ - решение уравнения.

Функция $f(t, x(t))$ обладает свойствами:

$$\begin{aligned} f(t, 0) &= 0, \quad f(t, x^*(t)) = 1; \\ \frac{\partial f(t, x(t))}{\partial x(t)} &= \frac{1}{l_{max}(t, x(t))}, \quad 0 \leq x(t) \leq x^*(t); \\ \frac{\partial^2 f(t, x(t))}{\partial x^2(t)} &< 0, \quad 0 < x(t) \leq x^*(t). \end{aligned}$$

Используя выражения (9), (11)-(16), получим параметрическое представление квази-производственной функции автотранспортного предприятия

$$X = \int_{v(l_{max})}^t \alpha(\tau) l_{min}(\tau) \exp\left(-\int_{\tau}^t \alpha(s) ds\right) d\tau, \quad (17)$$

$$f(t, l_{max}) = 1 - \exp\left(-\int_{v(l_{max})}^t \alpha(\tau) d\tau\right). \quad (18)$$

Чтобы вычислить интегралы в выражениях (17), (18) необходимо установить связь

между функциями $\alpha(t)$ и $l_{\min}(t)$. Выдвинем гипотезу: чем больше $\alpha(t)$, тем большее темп роста производительности автомобилей, то есть

$$\frac{1}{l_{\min}(t)} \frac{dl_{\min}(t)}{dt} = -a\alpha(t), \quad (19)$$

где a – коэффициент пропорциональности, который подбирается при конкретных расчетах.

Выражение (19) можно записать в виде

$$\frac{1}{l_{\min}(t)} \frac{dl_{\min}(t)}{dt} = -a\alpha(t), \quad (20)$$

Используя эту связь, вычисляются интегралы в выражениях (17) и (18). Получим новый вид квазипроизводственной функции

$$f(t, x) = 1 - \left[1 - \frac{1-a}{l_{\min}(t)} x\right]^{\frac{1}{1-a}} \text{ при } 0 \leq x \leq \frac{l_{\min}(t)}{1-a}. \quad (21)$$

Если задано начальное состояние автотранспортного предприятия $M(t_0) = M_0$, $l_{\min}(t_0) = l_{\min}^0$ и функции $K(t)$, $L_{\text{год}}(t)$ на интервале $[t_0, t_1]$, то выражения (2) и (20) определяют процесс изменения перевозочной мощности и процесс изменения технологий перевозок на этом интервале, а выражения (16), (21) определяют доход, получаемый автотранспортным предприятием.

Разработанная модель квазипроизводственной функции грузового автотранспортного предприятия требует экспериментальной проверки для обеспечения ее применения в практических прогнозах.

Список литературы

- [1] Корчагин В.А., Суворов В.А., Логинов В.А. Квазипроизводственная функция грузового автотранспортного предприятия с постоянной технологической структурой перевозок. – Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Материалы XIII международной заочной научно-технической конференции. – Пенза: ПГУАС, 2017. – С. 196-204.
- [2] Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. – М.: Издательство МГУ, 1983. – 264 с.
- [3] Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1973. – 832 с.
- [4] Логинов В.А., Суворов В.А. Синтез квазипроизводственной функции грузового автотранспортного предприятия. – Проблемы современной науки. Сборник научных трудов конференции Липецкого государственного технического университета. – Липецк: Издательство ЛГТУ, 2016. – С. 145-154.
- [5] Корчагин В.А., Суворов В.А., Логинов В.А., Сысоев Д.К. От микро- к макроописанию экономики грузового автотранспортного предприятия. Транспорт: наука, техника, управление. 2016. №11. С. 20-23.

УДК 656.078:338.2

**МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА НА
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**MODEL OF INFLUENCE OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROGRESS ON
PRODUCTION AND ECONOMIC ACTIVITY
CARGO TRANSPORTATION ENTERPRISE**

Логинов Владимир Анатольевич, Суворов Владимир Александрович
Ляхов Алексей Сергеевич

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Vladimir Loginov, Vladimir Suvorov, Alexey Lyakhov
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Построена модель влияния научно-технического прогресса на производственно-экономическую деятельность грузового автотранспортного предприятия на основе кибернетического подхода, использующего механизм обратных связей в управлении.

Ключевые слова: *производственно-экономическая деятельность грузового автотранспортного предприятия, научно-технический прогресс, производственная функция, механизм управления развитием производственно-экономических систем.*

В математической экономике разработаны различные способы моделирования научно-технического прогресса на основе теории классических производственных функций [1, 2, 3]. К сожалению, в этих моделях не выделяется в явном виде механизм управления развитием производственно-экономических систем, тем более, автотранспортных.

Построим модель влияния научно-технического прогресса на производственно-экономическую деятельность грузового автотранспортного предприятия на основе кибернетического подхода [4, 5], использующего механизм обратных связей в управлении.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема модели научно-технического прогресса для грузового автотранспортного предприятия, в которой использованы прямые и обратные связи.

Abstract

A model of the influence of scientific and technical progress on the production and economic activity of a freight road transport enterprise based on a cybernetic approach using a feedback control mechanism has been built.

Key words: *Production and economic activity of the freight motor transportation enterprise, scientific and technical progress, production function, mechanism for managing the development of production and economic systems.*

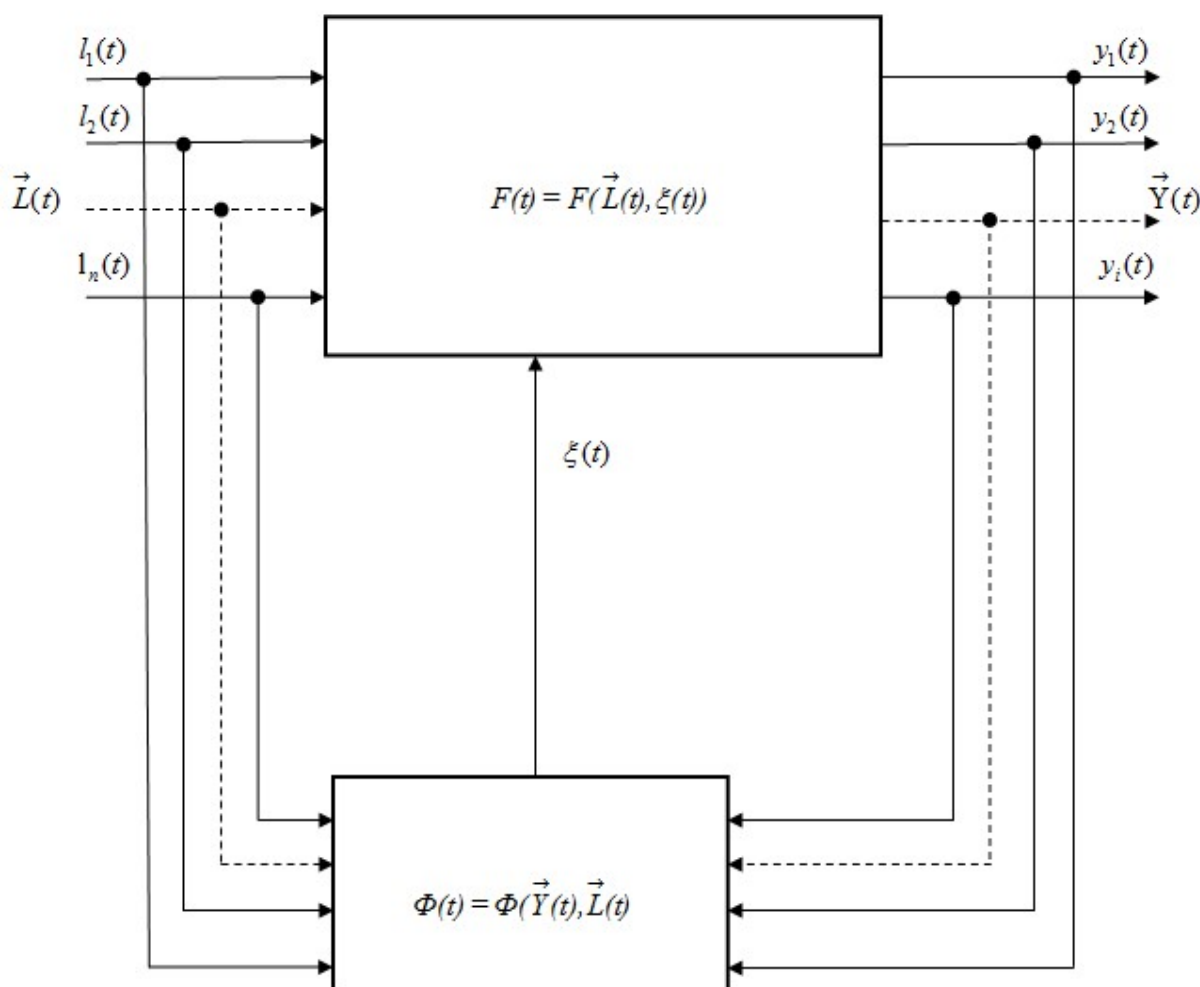


Рисунок 1. Схема модели научно-технического прогресса для грузовогоавтотранспортного предприятия

$\vec{L}(t) = \{l_1(t), l_2(t), \dots, l_n(t)\}$ - вектор годовых пробегов отдельных автомобилей в момент времени t ; $\vec{Y}(t)$ - годовой доход грузового автотранспортного предприятия в момент времени t ; $\Phi(t)$ - «механизм» научно-технического прогресса, воздействующий на грузовое автотранспортное предприятие в момент времени t ; $F(t)$ - квазипроизводственная функция грузового автотранспортного предприятия [6, 7, 8]; $\xi(t)$ - воздействие на грузовое автотранспортное предприятие, связанное с изменением технологий перевозок в связи с научно-техническим прогрессом.

Научно-технический прогресс, поглощающий часть годового дохода $\vec{Y}(t)$, который зависит от пробегов отдельных автомобилей, создает «механизм», управляющий ростом и развитием грузового автотранспортного предприятия.

Выдвинем гипотезу, что воздействие научно-технического прогресса на систему осуществляется с помощью обобщенного технико-экономического показателя $\xi(t)$, связанного с темпами снижения пробегов и ростом доходов отдельных автомобилей.

Тогда $\xi(t)$ можно представить как свертку частных показателей, влияющих на темпы снижения пробегов

$$\xi(t) = \sum_{i=1}^n b_i \frac{dw_i(t)}{w_i(t)}, \quad \sum_{u=1}^m b_u = 1, \quad b_i > 0, \quad (1)$$

где b_i - весовой коэффициент, определяющий долю вклада различных автомобилей в научно-технический прогресс; $w_i = \frac{Y(t)}{l_i(t)}$ - доход, получаемый с 1 км пробега i -го автомобиля.

Получим модель научно-технического прогресса в виде:

$$Y(t) = F(\vec{L}(t), \xi(t)), \quad (2)$$

$$\xi(t) = \Phi(\vec{Y}(t), \vec{L}(t)), \quad (3)$$

$$F(\vec{L}(t), \xi(t) = 0) = 0 = F(\vec{L}(t)). \quad (4)$$

Разложим квазипроизводственную функцию в ряд Тейлора в окрестности точки $\xi(t) = 0$

$$Y(t) = F(\vec{L}(t)) + \sum_{j=1}^{\infty} C_j(t) \xi^j(t), \quad (5)$$

где $C_j = \frac{1}{j!} \frac{\partial^j}{\partial \xi^j} F(L(t), \xi(t)) \Big|_{\xi(t)=0}$.

Так как относительные темпы прироста дохода за счет воздействия научно-технического прогресса значительно меньше относительных темпов прироста, вызванных уменьшением пробегов за счет смены технологий перевозок, то в разложении (5) можно с достаточной точностью ограничиться линейным членом ряда Тейлора

$$Y(t) = F(L(t)) + C_1(t) \xi(t) = F(L(t)) + \frac{\partial F(L(t), \xi(t))}{\partial \xi} \xi(t).$$

Так как $\xi(t)$ определяется выражением (1), то вычислим $\frac{dw_i(t)}{dt} = w_i^*(t)$

$$w_i^*(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{Y(t)}{l_i(t)} \right) = \frac{Y^*(t) l_i(t) - l_i^*(t) Y(t)}{l_i^2(t)}. \quad (6)$$

Тогда

$$\begin{aligned} \xi(t) &= \sum_{i=1}^n b_i \frac{Y^*(t) l_i(t) - l_i^*(t) Y(t)}{l_i^2(t)} \frac{l_i(t)}{Y(t)} = \sum_{i=1}^n b_i \frac{Y^*(t) l_i(t) - l_i^*(t) Y(t)}{l_i(t)} \frac{1}{Y(t)} = \\ &= \sum_{i=1}^n b_i \left(\frac{Y^*(t)}{Y(t)} - \frac{l_i^*(t)}{l_i(t)} \right) = \sum_{i=1}^n b_i \frac{Y^*(t)}{Y(t)} - \sum_{i=1}^n b_i \frac{l_i^*(t)}{l_i(t)} = \frac{Y^*(t)}{Y(t)} \sum_{i=1}^n b_i - \sum_{i=1}^n b_i \frac{l_i^*(t)}{l_i(t)}. \end{aligned} \quad (7)$$

Следовательно

$$Y(t) = F(L(t)) + C_1 \left(\frac{Y^*(t)}{Y(t)} - \sum_{i=1}^n b_i \frac{l_i^*(t)}{l_i(t)} \right) = F(L(t)) + C_1 \frac{Y^*(t)}{Y(t)} - C_1 \sum_{i=1}^n b_i \frac{l_i^*(t)}{l_i(t)}. \quad (8)$$

или

$$Y^2(t) = F(L(t))Y(t) + C_1 Y^*(t) - C_1 Y(t) \sum_{i=1}^n b_i \frac{l_i^*(t)}{l_i(t)}. \quad (9)$$

Разделим выражение на C_1 и получим

$$\frac{Y^2(t)}{C_1} = \frac{F(L(t))}{C_1} Y(t) + Y^*(t) - Y(t) \sum_{i=1}^n b_i \frac{l_i^*(t)}{l_i(t)}. \quad (10)$$

Следовательно

$$Y^*(t) = Y(t) \left[-\frac{F(L(t))}{C_1} + \sum_{i=1}^n b_i \frac{l_i^*(t)}{l_i(t)} \right] + \frac{1}{C_1} Y^2(t). \quad (11)$$

Введем обозначения $\beta(t) = \frac{1}{C_1(t)}$; $\alpha(t) = \sum_{i=1}^n b_i \frac{l_i^*(t)}{l_i(t)} - \frac{F(L(t))}{C(t)}$.

Тогда получим

$$Y^*(t) = \alpha(t) + \beta(t) Y^2(t). \quad (12)$$

Дифференциальное уравнение (12) описывает процесс влияния научно-технического прогресса на развитие грузового автотранспортного предприятия. Полученная модель требует экспериментальной проверки с помощью ретроспективного прогнозирования для конкретного грузового автотранспортного предприятия.

Список литературы

- [1] *Колемаев В.А.* Математическая экономика. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 240 с.
- [2] *Гринберг А.Г.* Динамические модели народного хозяйства. – М.: Экономика, 1985. – 240 с.
- [3] *Клейнер Г.Б.* Производственные функции: Теория, методы, применение. – М.: Финансы и статистика, 1986. - 239 с.
- [4] *Кузин Л.Т.* Основы кибернетики. – М.: Энергия, 1979. – 584 с.
- [5] *Моисеев Н.Н.* Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
- [6] *Корчагин В.А., Суворов В.А., Логинов В.А.* Квазипроизводственная функция грузового автотранспортного предприятия с постоянной технологической структурой перевозок. – Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Материалы XIII международной заочной научно-технической конференции. – Пенза: ПГУАС, 2017. – С. 196-204.
- [7] *Логинов В.А., Суворов В.А.* Синтез квазипроизводственной функции грузового автотранспортного предприятия. – Проблемы современной науки. Сборник научных трудов конференции Липецкого государственного технического университета. – Липецк: Издательство ЛГТУ, 2016. – С. 145-154.
- [8] *Корчагин В.А., Суворов В.А., Логинов В.А., Сысоев Д.К.* От микро- к макроописанию экономики грузового автотранспортного предприятия. Транспорт: наука, техника, управление. 2016. - №11. С. 20-23.

УДК 656.025.222

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В МЕЖРЕГИОНАЛЬНОМ СООБЩЕНИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ СТРУКТУРИРОВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА (QFD)

INCREASE OF THE QUALITY OF PASSENGER AUTOMOBILE TRANSPORTATION IN INTERREGIONAL COMMUNICATION ON THE BASIS OF METHODOLOGY OF STRUCTURING QUALITY FUNCTION (QFD)

Луконькина Кристина Александровна, Епифанов Вячеслав Викторович,
Обшивалкин Михаил Юрьевич, Гусев Сергей Иванович
Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия

Kristina Lukonkina, Vyacheslav Epifanov,
Mikhail Obshivalkin, Sergey Gusev
Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

Аннотация

В статье исследована взаимосвязь между требованиями потребителей (пассажиров) и параметрами транспортного процесса перевозок в системе межрегионального пассажирского автомобильного транспорта с применением методологии структурирования функции качества (QFD).

Ключевые слова: *качество, пассажир, перевозки, требования потребителей, транспортный процесс.*

Abstract

The article investigates the relationship between the requirements of consumers (passengers) and the parameters of the transport process of transportation in the system of interregional passenger motor transport using the methodology of structuring the quality function (QFD).

Key words: *quality, passenger, transportation, consumer requirements, transport process.*

Введение

При решении задачи повышения качества пассажирских автомобильных перевозок необходимо исследовать транспортный процесс, научно обосновать систему показателей качества перевозок, обосновать взаимосвязь требований пассажиров с параметрами транспортного процесса и системой показателей качества перевозок и на этой основе разработать комплекс мероприятий по улучшению качества перевозок в системе межрегионального пассажирского автомобильного транспорта (МПАТ) [1].

Исследование взаимосвязи между требованиями потребителей и параметрами транспортного процесса перевозок нами предложено выполнить с применением методологии структурирования функции качества (QFD) [2, 3].

Анализ QFD применительно к перевозкам в системе МПАТ предусматривает реализацию следующих основных стадий:

1. Определить требования пассажира (голос пассажира). Пассажир не всегда может четко сформулировать свои требования. Обычно, он говорит: быстрее, комфортнее, безопаснее, дешевле и т.д.

2. Ранжировать требования пассажира. На данной стадии необходимо ответить на вопрос «что делать?».
3. Перевести потребительские требования пассажира в параметры транспортного процесса системы МПАТ.
4. Построить матрицу отношений для связи параметров транспортного процесса системы МПАТ с потребностями пассажира. Данная стадия предназначена для ответа на вопрос «как делать?».

1. Формирование требований пассажиров и параметров транспортного процесса системы МПАТ

Требования пассажиров о качестве обслуживания в системе межрегионального пассажирского транспорта были выявлены в рамках социологического обследования населения г. Ульяновска. Социологическое обследование проводилось одновременно с проведением обследования пассажиропотоков на междугороднем транспорте.

Результат социологического обследования по требованиям пассажиров представлен в таблице 1.

Таблица 1. Ранжирование требований пассажиров

| Требования потребителей (пассажиров) | Значимость требования в % | Значимость требования в баллах |
|---|---------------------------|--------------------------------|
| 1. Повысить комфортность поездки | 20 | 6 |
| 2. Повысить культуру обслуживания | 16 | 5 |
| 3. Повысить безопасность поездки | 15 | 4 |
| 4. Быстрее доехать до места назначения | 12 | 4 |
| 5. Уменьшить интервал движения | 9 | 3 |
| 6. Повысить социальную значимость перевозок | 9 | 3 |
| 7. Увеличить время работы подвижного состава в вечернее время | 5,2 | 2 |
| 8. Улучшить техническое состояние подвижного состава | 5 | 2 |
| 9. Повысить доступность информации о перевозках | 1,8 | 1 |

На следующей стадии сформирован комплекс параметров транспортного процесса системы МПАТ.

При организации междугородных перевозок можно использовать разработанную в свое время научно-исследовательским институтом автомобильного транспорта (НИИАТ) комплексную систему управления качеством обслуживания пассажиров в междугородном сообщении с соответствующей корректировкой. Она состоит в том, что управление качеством производится не только автотранспортными предприятиями, но и объединениями автовокзалов и пассажирских автостанции. При этом показатели и нормативы качества обслуживания пассажиров должны учитывать специфику междугородных перевозок и отличаться от показателей качества городских и пригородных перевозок. Министерством транспорта России утверждены, в качестве показателей транспортного обслуживания населения в междугородном автобусном сообщении:

- наполнение автобусов;
- регулярность движения;
- соответствие типа автобуса условиям междугородных перевозок по протяженности маршрута;
- затраты времени пассажирами при поездках в автобусах на каждые 10 км пути следования;
- обслуживание пассажиров на автовокзалах и автостанциях (время на приобретение билетов и перечень предоставляемых услуг).

Разработка и внедрение комплексной системы управления качеством перевозок пассажиров в междугородном сообщении включает три этапа: подготовка к разработке, разработка проекта и внедрение системы.

Нами предложено комплекс параметров транспортного процесса системы МПАТ выразить через существующие нормативы качества пассажирских перевозок. Выделим следующие нормативы качества пассажирских перевозок:

1. Наполнение автобусов;
2. Коэффициент наполнения автобусов;
3. Регулярность движения;
4. Плотность маршрутной сети;
5. Ориентированные интервалы движения автобусов;
6. Коэффициент сменности (пересадочности);
7. Наличие на междугородних маршрутах пунктов контроля за графиком движения автобусов;
8. Затраты времени на поездку;
9. Средняя дальность поездки, км;
10. Среднее расстояние подхода к остановочному пункту, м;
11. Наличие электронных средств информации о графике движения подвижного состава;
12. Тариф.

2. Исследование взаимосвязи между требованиями пассажиров и параметрами транспортного процесса системы МПАТ

На четвертой стадии требования пассажира необходимо перевести в параметры транспортного процесса (или нормативы качества). Для этого строится матрица корреляции между требованиями пассажиров и параметрами транспортного процесса (табл. 2). Значения корреляции определены на основе обсуждения группой экспертов из специалистов Департамента транспорта Правительства Ульяновской области и Управления дорожного хозяйства и транспорта г. Ульяновска и перевозчиков. Приняты следующие условные обозначения и соответствующие оценки корреляции:

- – 9 высокая корреляция;
- – 5 средняя корреляция;
- Δ - 3 слабая корреляция.

Чистая ячейка означает, что корреляция является незначительной (или ноль), и в этом случае значок в матрице не ставится.

Результат экспертной оценки представлен в табл. 2. На основе оценки корреляции выделены наиболее значимые требования потребителей (пассажиров):

1. Повысить комфортность поездки – 59 баллов;
2. Быстрее доехать до места назначения – 58 баллов;

2. Уменьшить интервал движения – 36 баллов.

В табл. 2 также представлено ранжирование параметров транспортного процесса (или нормативов качества) по важности. Очевидно, что наибольшее внимание при разработке мероприятий по повышению качества пассажирских междугородних автомобильных перевозок следует уделить реализации следующих параметров:

1. Интервал движения подвижного состава;
2. Регулярность движения;
3. Наполнение подвижного состава;
4. Коэффициент наполнения подвижного состава;
5. Коэффициент пересадочности.

Таблица 2. Перевод требований потребителей в параметры транспортного процесса (нормативы качества перевозок)

| Требования потребителей (пассажиры) | Значимость требования в баллах | Наполнение автобусов | Коэффициент наполнения ПС | Регулярность движения | Плотность маршрутной сети | Интервал движения | Коэффициент пересадочности | Наличие пунктов кон-троля | Время на поездку | Дальность поездки | Расстояние до остано-вок | Наличие информац. средств | Тариф на поездку |
|---|--------------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|
| 1. Повысить комфортность поездки | 6 | ● | ● | ● | | ● | ○ | | ○ | | ○ | | Δ |
| 2. Повысить культуру обслуживания | 5 | | | | | ○ | Δ | | | | ○ | ○ | ○ |
| 3. Повысить безопасность поездки | 4 | ● | Δ | | | ○ | ○ | | | | | | |
| 4. Быстрее доехать до места назначения | 4 | | | ● | ● | ● | ● | ○ | ● | ● | | Δ | |
| 5. Уменьшить интервал движения | 3 | ○ | ○ | ○ | | ● | | ● | | | | | |
| 6. Повысить социальную значимость перевозок | 3 | | | | ○ | | | | | ○ | Δ | ○ | ● |
| 7. Увеличить время работы подвижного состава в вечернее время | 2 | | | | | | | | | | | Δ | ○ |
| 8. Улучшить техническое состояние подвижного состава | 2 | ○ | | ○ | | Δ | | | | | | | Δ |
| 9. Улучшить уровень информации о перевозках | 1 | | | | | | | | Δ | | | ● | |
| Значимость параметра | | 130 | 106 | 142 | 51 | 183 | 101 | 56 | 72 | 51 | 84 | 57 | 76 |
| Место параметра транспортного процесса по важности | | 3 | 4 | 2 | 12 | 1 | 5 | 11 | 9 | 12 | 7 | 10 | 8 |

Заключение

Для повышения качества перевозок по выявленным параметрам перевозочного процесса разработан комплекс мероприятий по четырем основным направлениям: социальные, технические, организационные, экономические [4, 5].

Разработана программа внедрения мероприятий по повышению качества перевозок в системе МПАТ на 2016 – 2022 годы (в целом 24 мероприятия), которая позволит повысить качество пассажирских автоперевозок по всем показателям качества перевозок: комфортность, доступность, безопасность, информационный показатель, стоимостной показатель. Разработанная программа учитывает стратегию развития г. Ульяновска и принята к реализации Министерством промышленности, транспорта и дорог Правительства Ульяновской области и Администрацией г. Ульяновска.

Список литературы

- [1] *Луконькина, К. А.* Обеспечение качества межрегиональных регулярных пассажирских автомобильных перевозок // Молодежный инновационный форум. Пятый Международный (14-16 сент.): сб. аннот. проектов. – Ульяновск: УлГТУ, 2016. – С. 376-379.
- [2] *Сулливан Л. П.* Структурирование функции качества // Курс на качество. – 1992. - № 3. – С. 156 – 177.
- [3] *Sullivan L. P.* Quality Function Deployment. // Quality Progress. – 1996, - № 6. – pp. 39 – 50.
- [4] *Тюрин А. С., Луконькина К. А., Епифанов В. В.* Разработка мероприятий по улучшению качества перевозок пассажиров автомобильным общественным транспортом // Международная научно-практическая конференция «Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования» Воронеж, 27-28 ноября 2015 г. – С. 297 – 299.
- [5] *Луконькина К. А., Епифанов В.В., Обшивалкин М. Ю.* Обеспечение качества регулярных пассажирских автомобильных перевозок // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2017. – № 5(25); URL: trts.esrae.ru/45-291.

УДК 519.8

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ
РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF INTELLECTUALIZATION
REGIONAL TRANSPORT- LOGISTIC SYSTEMS**

Ляпин Сергей Александрович¹, Елфимов Валерий Иванович²,
Симаков Антон Владимирович¹, Коновалова Виктория Анатольевна¹
¹ *Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия*
² *Управление дорог и транспорта Липецкой области, Липецк, Россия*

Sergey Lyapin¹, Valery Elfimov², Anton Simakov¹, Viktoriya Konovalova¹
¹ *Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia*
² *Management of roads and transport of the Lipetsk region*

Аннотация

В статье рассматриваются методологические основы теории мониторинга и интеллектуального управления динамикой региональных интеллектуальных транспортно-логистических систем, являющихся элементами в структуре национальной интеллектуальной транспортно-логистической системы, при различных случайных воздействиях со стороны внешней среды.

Ключевые слова: *транспортно-логистическая система, интеллектуальное управление, структура.*

Abstract

The article discusses the methodological foundations of the theory of monitoring and intelligent control of the dynamics of regional intellectual transport and logistics systems, which are elements in the structure of the national intellectual transport and logistics system, under various random influences from the external environment.

Key words: *transport and logistics system, intellectual management, structure.*

Введение

Повышение эффективности использования транспортного комплекса региона является одной из основных задач, решение которой позволит обеспечить требуемый уровень безопасности на дорогах, удобство и эффективность перевозок с наименьшим отрицательным воздействием на внешнюю и окружающую среды. Ее выполнение невозможно без использования современных систем телематики, являющихся базой интеллектуальных транспортных систем, широко развивающихся во многих странах мира с развитой экономикой. Применение интеллектуальных систем управления на транспорте позволяет значительно повысить эффективность использования транспортной инфраструктуры и транспортных средств, безопасность работы транспорта, обеспечить комфортное управление автомобилями для водителей и поднять на более высокий уровень качество обслуживания пользователей транспорта и социальной инфраструктуры [2,3]. Это возможно осуществить за счет системной интеграции современных информационных и коммуни-

кационных технологий, космических технологий мониторинга, хранения и обработки данных, средств автоматизации и управления элементами транспортной инфраструктуры, логистических цепочек продвижения грузо- и пассажиропотока и их пользователями.

В настоящее время по мнению многих ученых, занимающихся транспортно-логистическими процессами, теория управления элементами транспортно-логистической системы развивается по двум взаимосвязанным направлениям: аналитическому и информационному [4]. Активное применение прикладных программ, сред и технологий имитационного моделирования позволяет достаточно точно находить решения задач управления транспортными средствами, элементами транспортной инфраструктуры, грузо- и пассажиропотоками, которые возникают в практике работы действующих компаний. В общем же развитие информационных технологий позволило сократить разрыв между теорией и практикой при интеллектуальном управлении транспортно-логистическими системами, включая интеллектуальное управление элементами транспортной инфраструктуры, пользователями, перевозимыми грузами, их «истоками» и «стоками», воздействием на внешнюю и окружающую среды [5,6].

1. Модели и методы

1.1. Постановка задачи

Использование достижений российского космоса при исследовании и решении широкого спектра фундаментальных и прикладных задач интеллектуализации транспортных систем послужила мощным стимулом, развития космических информационных технологий и их интеграции с существующими и перспективными технологиями наземного и космического мониторинга объектов транспортного комплекса России [1]. Эти технологии послужили основой для создания и применения элементов интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Анализ различных определений ИТС в разных странах позволяет признать наиболее удачным, на наш взгляд, определение, приведенное в ГОСТ Р 56829-2015 Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения: «Интеллектуальная транспортная система – Система управления, интегрирующая современные информационные и телематические технологии и предназначенная для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом региона, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта» [11].

Многие исследователи отмечают, что развитие ИТС являются одним из наиболее эффективных направлений, позволяющих стабилизировать и даже улучшить транспортную ситуацию в городах без значительных капитальных вложений. Срок их окупаемости, как правило, не превышает 2–3 лет, а расходы на создание системы значительно ниже затрат на развитие транспортной инфраструктуры. Важной особенностью современных ИТС является их интегрированный характер, проявляющийся в совместимости информационного, технического и программного обеспечения. Унификация всех видов обеспечений позволяет сократить затраты на внедрение и развитие ИТС, обеспечить модульность ее построения, сократить срок окупаемости затрат [12].

Осуществление мониторинга с привлечением спутниковых группировок и сотовой связи позволит решать не только задачи отслеживания и контроля процессов перемеще-

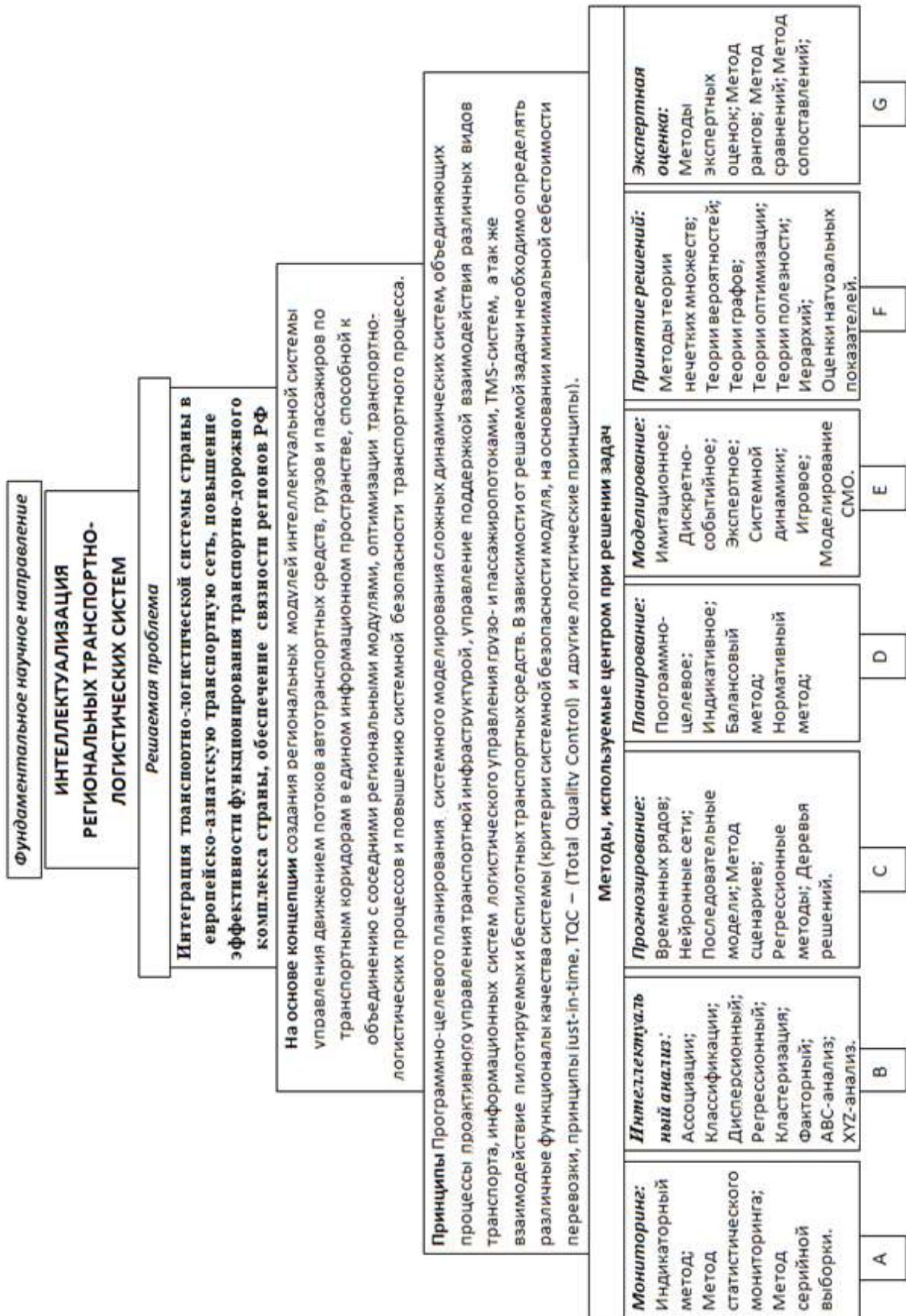
ния ТС и использования транспортной инфраструктуры, но и проблемы транспортной логистики, связанной с управлением процессами грузо- и пассажиродвижения, а также задачи планирования и управления этими процессами. Это обстоятельство позволит обеспечить необходимые условия для совершенствования существующих транспортно-логистических систем. Их глобальной задачей является наиболее полное удовлетворение спроса потребителей на основе оптимизации потоковых процессов, обеспечение безопасности транспортных процессов, эффективного использования транспортной и социальной инфраструктуры региона [7,8,9].

Развитие РИТЛС методологически основывается на системном подходе, формируя национальную ИТЛС из региональных ИТЛС, как из ячеек формируются пчелиные соты, причем сервисные модули должны быть общенациональными. Такими же общенациональными должны быть: единая открытая архитектура системы, протоколы информационного обмена, стандарты, регламентирующие параметры, используемых технических средств связи, стандарты документооборота, стандарты контроля и управления, процедур управления и т.д. [10].

Организационно-методической основой развития РИТЛС должны стать национальные концепции развития ИТС, национальные архитектуры ИТС и Программы развития. Для привлечения новых пользователей на этот рынок необходимо предложить приложения, и технические устройства, использование которых на рынке транспортно-логистических услуг давало бы очевидные конкурентные преимущества клиентам ИТЛС.

Решение проблемы мониторинга транспортно-логистических процессов необходимо осуществлять по двум важнейшим направлениям: необходимо решать вопросы технического оборудования для получения информации об объектах мониторинга и создать или выбрать способы ее обработки и представления результатов ЛПР или в СППР РИТЛС для ее дальнейшего использования. Ключевой особенностью РИТЛС является способность интеллектуальной системы на основе анализа больших объемов данных и банка знаний, который включает в себя модели алгоритмы спрогнозировать развитие процессов и синтезировать цель управления. Под целью понимается результат, который можно реально получить, управляя параметрами системы и (или) ее структурой, который обеспечивает работу системы с максимальной эффективностью и безопасностью. Продолжая активно оценивать поступающую непрерывно или дискретно информацию об окружающей среде и собственном состоянии системы, в том числе и об объекте управления, сопоставляются варианты достижения цели и принимается решение к действию, направленному на приближение состояния системы к целевому.

Далее система, если нужно, планирует этапы коррекции и обеспечивает корректирующее воздействие для достижения цели, прогнозирует значения параметров и архитектуру структуры системы в результате воздействия, сопоставляя их с реальными, образуя таким образом, обратную связь, корректирует, если нужно, цель или управление. При этом, управляющие воздействия анализируются экспертной системой, опирающейся на базу знаний. Таким образом, осуществляется работа динамической экспертной системы (ДЭС) управления РИТЛС.



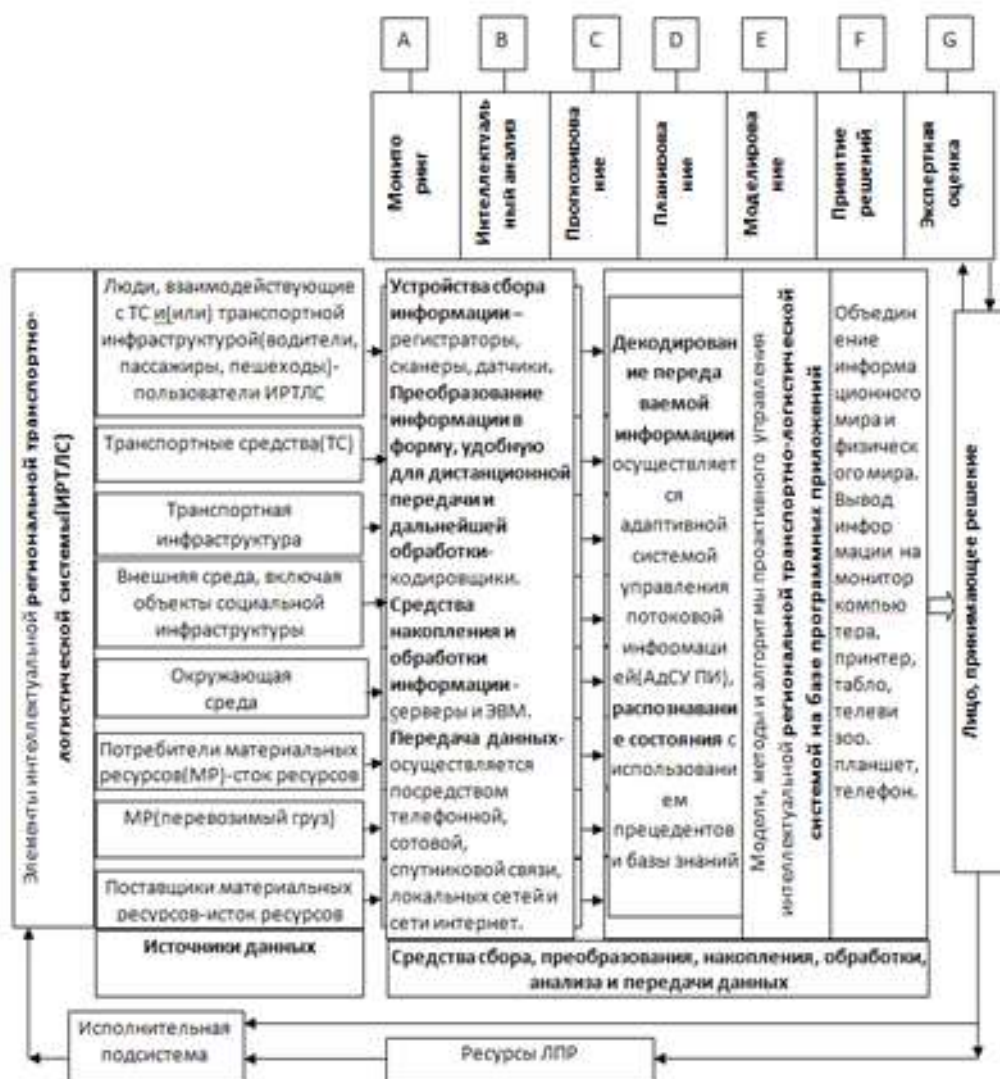


Рисунок 1. Методологические основы управления региональной интеллектуальной транспортно-логистической системой

Очевидно, что перспективные системы мониторинга и управления транспортными средствами (СМУТС), транспортной инфраструктурой, грузо и пассажиропотоками будут создаваться на основе использования принципов построения регионально распределенных интеллектуальных систем, работающих в едином информационном пространстве, базирующемся на единых стандартах.

Для того чтобы в современных условиях обосновать облик РИТЛС как представителя класса крупномасштабных организационно-технических систем, при их проектировании и создании и внедрении, необходима соответствующая научно-методологическая проработка проблем их структурно-функционального синтеза (конфигурирование и реконфигурирование) рис.1. Это, в частности, обусловлено особенностями самой природы РИТЛС, сложностью их анализа и моделирования.

Обозначенные особенности, в первую очередь, обусловлены тем, что РИТЛС будут вынуждены работать в условиях разнородной неопределенности воздействий со стороны внешней и окружающей сред, элементов, входящих в саму РИТЛС, анализ и форма-

лизация которых может представлять самостоятельную проблему.

В настоящее время имеющееся многообразие альтернативных технологий и соответствующих технических решений, используемых при создании РИТЛС и занесенных в базу знаний ее СППР, способно значительно усложнить функционирование как РИТЛС в целом а так и отдельных ее подсистем.

В качестве примера можно привести существующее множество разнообразных частных подходов к формализации моделированию и исследованию проблем анализа и синтеза (проблем конфигурирования) такой важнейшей подсистемы РИТЛС, как автоматизированная система управления наземным городским пассажирским транспортом (АСУ ГПТ) [13].

2. Обсуждение полученных результатов

Приведенные подходы к научно-методологической проработке проблем структурно-функционального синтеза РИТЛС базируются на моделях, описывающих рассматриваемую проблемную область. В первую очередь, это модели теории управления, модели, используемые в транспортной логистике, исследовании операций, модели имитационного моделирования, математической статистики.

При этом, анализ исследований в области ИТС показывает, что важными вопросами методологических основ РИТЛС для решение реальных задач, в том числе задач конфигурирования структуры РИТЛС и синтеза управляющих воздействий, возникающих на практике, вынуждены базироваться в значительной мере на разнородных и распределенных декларативных и процедурных знаниях. Поэтому ключ к решению главной проблемы, которая заключается в синтезе структурно-функционального облика РИТЛС, заключается в интеграции указанных знаний как на уровне бизнес процессов, так и на уровнях соответствующих приложений и аппаратно программных платформ с использованием современных интеллектуальных информационных технологий и инструментальных средств.

Трансформация РИТЛС невозможна без подготовки специалистов нового типа, обладающих знаниями и компетенциями не только в транспортной и логистической сфере, но и владеющих цифровыми компьютерными технологиями, математической и языковой подготовкой. Это требует объединения внутренних межфакультетских ресурсов вузов, специализирующихся по указанным направлениям, с ориентиром на развитие межрегиональных и международных связей.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-71-10034)»

Список литературы

- [1] *Зеленцов В.А., Ковалев А.П., Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.* Методология создания и применения интеллектуальных информационных технологий наземно-космического мониторинга сложных объектов Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 5(28) С.7-81
- [2] *Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А.* О логико-алгебраическом представлении транспортно-логистического процесса Научно-технические ведомости// СПбГПУ). Информатика. Телекоммуникации. Управление.-2014.- №4(200).- С.57-68

- [3] *Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А., Лукомская О.Ю.* Разработка структурной схемы системы городского транспортно-логистического мониторинга // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт.- 2016.- Том 10.- №12.- С. 55-64.
- [4] *Комаров В.В., Гараган С.А.* Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. зарубежный опыт и отечественная практика. – М. : НТБ «ЭНЕРГИЯ».- 2012. – 352 с. : таб. : ил.
- [5] *Симанков В.С. , Черкасов А.Н.* Методологические аспекты функционирования системы поддержки принятия решений в рамках интеллектуальной системы ситуационного центра Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки.-2015.- №4(171).-С. 133-138
- [6] *Симанков В.С., Черкасов А.Н.* Структура и методология функционирования интеллектуальной системы ситуационного центра // Глобальный научный потенциал. 2015. № 12(57). С. 32–37.
- [7] *Охтилев М. Ю., Мустафин Н. Г., Миллер В. Е., Соколов Б. В.* Концепция проактивного управления сложными объектами: теоретические и технологические основы//Изв. Вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 11 С. 7-15.
- [8] *Корчагин В.А., Ляпин С.А., Коновалова В.А.* Математическая модель согласования решений в логистической цепи «автозавод – региональный дилер»// Вести высших учебных заведений Черноземья.-2013.- №1(31), ЛГТУ.-С. 43-48.
- [9] *Корчагин В.А., Ляпин С.А., Коновалова В.А.* Управление транспортно-логистической системой обеспечения запасными частями дилерских автомобильных центров // Фундаментальные исследования.- 2014.- № 9(2).- С. 267-272.
- [10] *Кокаев О.Г., Лукомская О.Ю., Селиверстов С.А.* О технологии анализа транспортных процессов в современных условиях хозяйствования// Транспорт РФ 2012.- №2 (39).-С.32-36
- [11] ГОСТ Р 56829-2015 Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения.- М.- Стандартинформ.-2016.-11 с.
- [12] *Ногова Е.Г.* Интеллектуальная транспортная система как средство повышения эффективности транспортной инфраструктуры// Транспорт РФ .-2005.- №1.- С.32-33
- [13] *Жанказиев С.В.* Интеллектуальные транспортные системы: учеб. пособие / С.В. Жанказиев. – М.: МАДИ, 2016. – 120 с.

УДК 681.516

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И
РЕМОНТА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ДИЛЕРСКИХ ЦЕНТРАХ**

**SIMULATION OF THE PROCESSES OF MAINTENANCE AND REPAIR OF
CARS AT THE DEALER CENTERS**

Ляпин Сергей Александрович, Симаков Антон Владимирович,
Коновалова Виктория Анатольевна, Пачин Александр Романович
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Sergey Lyapin, Anton Simakov, Viktoriya Konovalova, Aleksandr Pachin
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В статье рассматриваются современные подходы к моделированию процессов технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей на дилерских центрах автомобилестроительных предприятий, позволяющих повысить эффективность работы дилерских центров и качество обслуживания клиентов.

Ключевые слова: *легковой автомобиль, техническое обслуживание и ремонт, моделирование, дилерский центр.*

Abstract

The article deals with modern approaches to modeling the processes of technical maintenance and repair of light cars at dealerships of automotive enterprises that allow to increase the efficiency of dealers' centers and the quality of customer service.

Key words: *car, maintenance and repair, modeling, dealer center.*

Введение

На современном этапе в глобальной экономике значительно ужесточилась конкурентная борьба за рынки сбыта среди производителей автомобилей. Автомобили являются сложной технической системой, которая для увеличения срока использования, нуждается в установленных регламентом технических обслуживаниях и текущих ремонтах (ТО и ТР). Одним из главных аргументов в борьбе за покупателя наряду со стоимостью являются финансовые и моральные затраты владельца автомобиля, связанные с обеспечением его безотказности на этапе эксплуатации, которые, как правило, сопоставимы или превышают затраты на приобретение.

Обеспечение высокого уровня обслуживания проданных автомобилей стало необходимым условием получения статуса дилера всех мировых автомобильных брендов. Это способствует развитию и разработке прогрессивных технологий управления этапами жизненного цикла автомобилей (ЖЦА). Поскольку этап эксплуатации является самым длительным из всех этапов жизненного цикла, то клиенты выбирают тот автомобиль, с которым у них не будет проблем в течение всего срока его использования.



Рисунок 1. Распределение прибыли дилера, %

Все дилерские центры крупных автомобильных предприятий на территории России отвечают концепции 3S. Это означает, что каждый центр имеет в своем составе службы: Сбыта (Sales), Сервиса (Service) и Запчастей (Spare parts). Такая организация позволяет обеспечить получение и дальнейшее использование информации об автомобиле хотя бы раз побывавшем в дилерском центре. В первую очередь это касается автомобилей, проданных этим центром, так как они получают здесь предпродажное, гарантийное и последующие регламентные обслуживания, а при необходимости и текущий ремонт. Организация достойного послепродажного обслуживания помогает дилеру привлекать все большее число клиентов.

Расширение клиентской базы нуждающихся в послепродажном обслуживании и ремонте автомобилей, в свою очередь, увеличивает продажи новых автомобилей и запасных частей. Этому способствуют различные программы, предоставляющие льготные условия при покупке новых автомобилей и скидки при продаже запасных частей постоянным клиентам. Рост продаж автомобилей ведет в свою очередь к расширению сервисного обслуживания. Эта стратегия является ключом к успешному ведению бизнеса.

1. Модели и методы

1.1. Постановка задачи

Достижение конкурентного преимущества можно добиваться как за счет повышения эффективности внутренних производственных процессов так и за счет оптимизации логистических процессов, использования современных подходов к планированию и доставке запасных частей и материалов в дилерские центры, примерами которых можно назвать стратегии «точно в срок», всеобщее управление качеством и управление цепями поставок.

Одним из наиболее перспективных, на наш взгляд, направлений в решении задач повышения эффективности, конкурентоспособности и системной безопасности функционирования дилерского центра легковых автомобилей, является применение в системе управления дилерского центра(ДЦ) элементов проактивного интеллектуального управления, базирующихся на активном мониторинге и имитационном моделировании производственных и логистических процессов предприятия. Имитационное моделирование — один из наиболее распространенных методов, а возможно, и самый распространенный метод, исследования операций и теории управления [13].

Проведенный анализ отечественных и зарубежных исследований а так же опыта использования информационных технологий в системах поддержки принятия решений , математических методов и моделей, используемых при разработке теоретических основ проактивного интеллектуального управления процессами поддержки ЖЦА на этапе эксплуатации показал, что при создании и внедрении в систему управления предприятий элементов системы поддержки принятия решений(СППР) в последнее время активно используется имитационное моделирование производственных процессов в среде Anylogic.

Система ППР на ДЦ представляет собой динамическое информационно-организационное сопровождение процессов поддержки ЖЦА автомобиля, базирующееся на базе знаний и реализуемое через интеграцию информационных потоков, процессов выполняемых на ДЦ и соответствующих компьютерных систем всех участников поддержки ЖЦ автомобилей в эксплуатации.

Поскольку применение СППР, как части интеллектуальной системы управления ДЦ, в первую очередь было связано с поддержкой ЖЦА на этапе эксплуатации, то главные цель и задачи этой системы направлены на предотвращении неоправданных потерь времени и различного вида ресурсов в процессе организации взаимодействия участников поддержки ЖЦА.



Рисунок 2. Основные элементы системы мониторинга ЖЦА и планирования обеспечения дилерского центра запасными частями и комплектующими

Оптимизация процесса управления ресурсами - одна из первоочередных и актуальных задач для всех предприятий, работающих в сфере производства автомобилей и их сервисного обслуживания. К специфическим особенностям работы предприятий данного типа относится необходимость иметь свой многономенклатурный склад запасных частей и материалов, который позволяет повысить эффективность работы, обеспечить бесперебойное обслуживание потребителей, повысить конкурентоспособность дилерского центра. Создание запасов запасных частей, комплектующих и материалов на складе позволяет снизить вероятность возникновения отказа в обслуживании заявки, а, следовательно, и уменьшить экономический ущерб от потери клиентов. При этом, отметим, что запасы материальных ресурсов, находящиеся на складе, сами по себе являются источником определенных затрат и издержек [1].

Внедрение технологических инноваций в практику управления запасами запасных частей и материалов (ЗЧ и М) рассматривается наиболее передовыми предприятиями в качестве одного из важнейших элементов стратегии, направленной на успешную работу в рыночной среде. Этому способствует применение логистических подходов.

Логистические подходы к управления запасами обязательно должны учитывать стратегию предприятия в целом [7]. Модель управления должна интегрировать все звенья цепи материального потока с сопровождающими его информационным и финансовым потоками. Стремительное развитие информационных технологий приводит к быстрой смене приоритетов в выборе наиболее эффективной стратегии поддержки ЖЦА на этапе эксплуатации. Если совсем недавно таковой считалась стратегия быстрого реагирования, то в настоящее время большинство исследователей отдают предпочтение использованию в СППР космических технологий проактивного интеллектуального управления, которое позволяет сканировать информацию с основных узлов/агрегатов автомобиля и передавать ее по беспроводным каналам связи на серверы управления ЖЦА, что позволит используя базу знаний СППР прогнозировать спрос и принимать оптимальные решения по управлению производством и поставкой ЗЧ и К и послепродажному обслуживанию автомобилей на более ранних этапах ЖЦА. Для обеспечения высокой скорости использования информации о фактическом состоянии автомобиля, элементов, участвующих в поддержке ЖЦА и формирования ответной реакции элементами производственных и логистических подсистем, необходима эффективная организация взаимодействия процессов в базе знаний СППР проактивной интеллектуальной системы управления ЖЦА [2]. С развитием цифровых технологий, космического мониторинга, разработки методов штрихового кодирования, лазерных сканеров и устройств электронного обмена данными возникло одно из направлений метода Just-in-time – логистика проактивного интеллектуального управления, одним из главных факторов которой является фактор времени обслуживания, которое может быть существенно снижено за счет смоделированного прогноза ожидаемого спроса [2]. Однако, особо подчеркнем, что определяющим и самым главным фактором в разработке и той и другой стратегии поставок ЗЧ и М для дилерского центра является прогнозируемый спрос со стороны клиентов и производственной подсистемы ДЦ.

Определению реального спроса на ЗЧ и М во многом будет способствовать имитационная модель системы фирменного обслуживания легковых автомобилей в условиях дилерско-сервисного центра. За основу взята модель предоставления ремонтных услуг, описанная в [6,7,12].

На дилерский центр легковых автомобилей, занимающийся их техническим обслуживанием(ТО) и текущим ремонтом(ТР) поступают заявки $n=5$ типов с вероятностями p_1, p_2, \dots, p_n соответственно. 1 тип- ТО по гарантии; 2 тип- ТО(после гарантийные); 3 тип-

ремонт по гарантии; 4 тип- ремонт узлов или агрегатов(после гарантийный);5 тип- кузовной ремонт(гарантийный и после гарантийный)

Интервалы времени T_n между двумя очередными поступлениями одного типа заявок случайные. Приехавший клиент ставит автомобиль на стоянку и отправляется на прием к сервисному консультанту. При этом, заявка условно разделяется на 2 в операторе split. Беседуя с клиентом сервисный консультант (СК) определяет предварительный объем работ, для данного автомобиля. При необходимости осматривает автомобиль вместе с клиентом, используя всесторонние проверки. Дает профессиональный совет, определяет вид ремонта, проверяет наличие запасных частей и материалов на складе, объясняет объем работы, предварительную стоимость, предполагаемые сроки выполнения, оформляет ремонтный заказ-наряд, уточняет способ оплаты и контактные данные клиента. При оформлении заказ-наряда для объяснения необходимых работ может привлекаться мастер цеха. Если клиент является внеплановым и необходимых запасных частей нет в наличии, заполняется заказ на запчасти, а оформленный ремонтный заказ-наряд помещается в раздел «Запчасти заказаны» на доске планирования предварительных записей. Клиенту назначается новая предварительная запись, исходя из предполагаемого времени прибытия запчастей.

Каждый из типов заявки может требовать одного из 3 видов ремонта или ТО a_1 - не сложный, a_2 - средней сложности, a_3 - сложный видов ремонта с вероятностями pa_1 , pa_2 , pa_3 соответственно. В операторе combine клиент и автомобиль объединяются, и далее клиент принимает решение об использовании предлагаемых услуг на данный момент. Если предложение его не устраивает, он от него отказывается и уезжает (2% автомобилей). Если предложение ему подходит, и на складе имеются запасные части и материалы автомобиль поступает на мойку и приемку. Перед мойкой находится блок, который делит поток заявок на два:

Первый- обеспеченный запасными частями и материалами;

Второй- не обеспеченный запасными частями и(или) материалами.

Как показывает практика, запасные части поступают партиями для нескольких автомобилей один раз в три дня. Время ожидания поступления моделируется в операторе delay (ВремяДостЗапЧасти).

Дилерский центр легковых автомобилей представляет собой многоканальную многофазную систему массового обслуживания разомкнутого типа с отказами [12].

Исходя из структуры, модель предоставления ремонтных услуг состоит из следующих блоков:

- блока ввода исходных данных;
- блока моделирования источника заявок;
- автомобильных стоянок
- сервисных консультантов;
- мойки
- универсальных рабочих постов
- мастеров;
- блока учёта выполненных заявок.

Заявки, поступающие в дилерский центр на ТО или ремонт имеют следующие характеристики:

- тип Z - код типа заявки;
- вид P – код сложности вида ремонта;
- время P - время выполнения каждого из видов ТО и ремонта. Коды типа заявки и вида ремонта, записанные в соответствующих ячейках, позволяют определять среднее вре-

мя ремонта по видам и типам и сохранять их в поле времяР.

В ходе моделирования накапливаются следующие статистические данные:

- постЗаявТип1 ... постЗаявТип5, постЗаявТип - количество поступивших заявок 1...5 типов и заявок всех видов;
- выпЗаявТип1 ... выпЗаявТип5, выпЗаявТип - количество выполненных заявок 1...5 типов и заявок всех видов;
- выпРемВида11 ... выпРемВида53 - количество выполненных заявок 1...5 типов с видами 1...3 ремонтов соответственно.

Поскольку эти данные накапливаются за все прогоны модели, то для получения средних значений они делятся на количество прогонов колПрог.

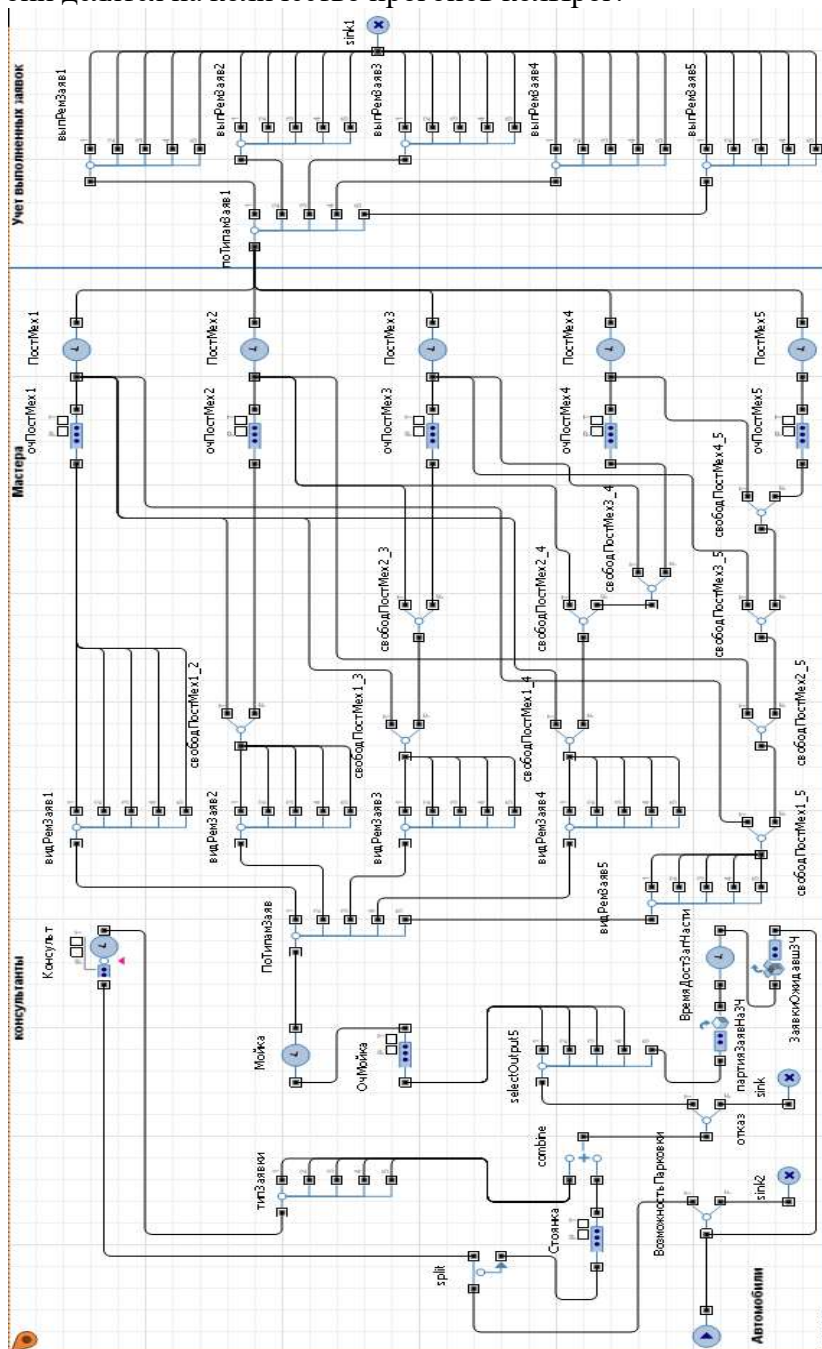


Рисунок 3. Дискретно-событийная модель ТО и ТР автомобилей на ДЦ

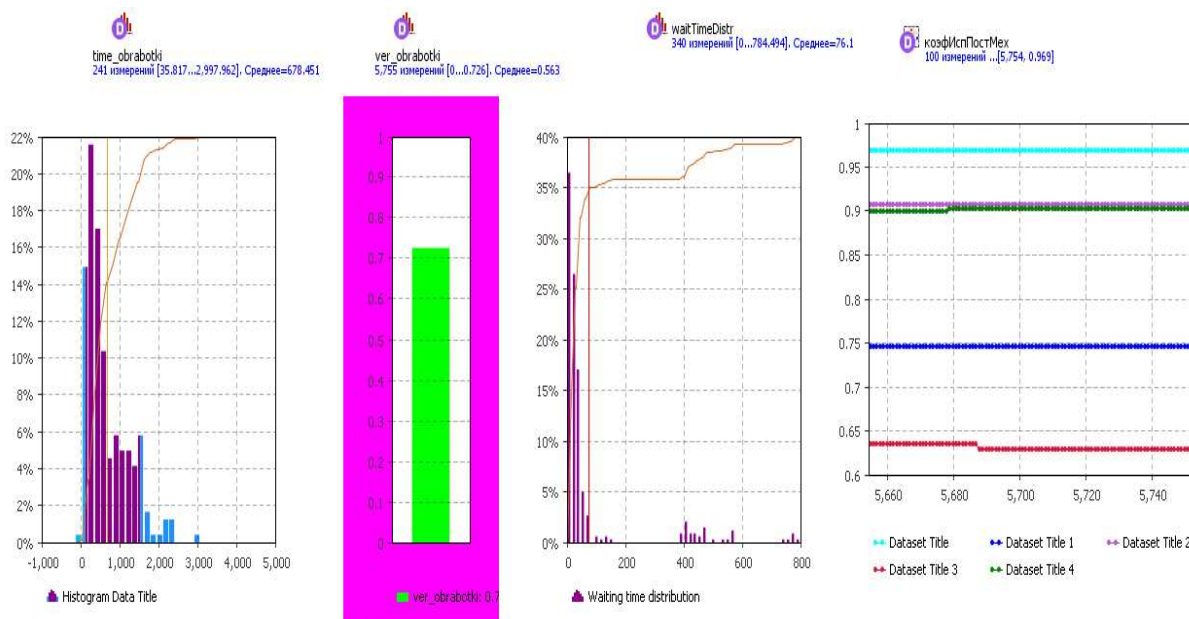


Рисунок 4. Результаты моделирования

По этим же статистическим данным рассчитываются: $вер_{ВыпЗаяв1} \dots вер_{ВыпЗаяв5}$, $вер_{ВыпЗаяв}$ - вероятности выполнения заявок 1...5 типов и заявок всех видов.

В дилерском центре имеются k специализированных постов, на которых работают m мастеров, работающих каждый на своем посту, для выполнения заявок каждого типа соответственно. Мастера m_5 , если они свободны, могут выполнять заявки всех 5 типов. Мастера m_4 , если они свободны, могут выполнять заявки типов 1- 4. Мастера m_3 , если они свободны, могут выполнять заявки типов 1-3. Мастера m_2 , если они свободны, могут выполнять заявки типов 1-2. Мастера m_1 , если они свободны, могут выполнять заявки только типа 1. Время выполнения заявки n -го типа случайное, не зависит от мастера, а зависит только от вида ремонта: T_{11}, T_{12}, T_{13} - для заявок первого типа, T_{21}, T_{22}, T_{23} - для заявок второго типа, ..., $T_{54}, T_{52}, \dots, T_{453}$ - для заявок 5-го типа.

2. Обсуждение полученных результатов

Предложена концептуальная модель организационной системы поддержки ЖЦА в эксплуатации на основе стратегии проактивного интеллектуального управления в дилерской системе, показывающая, что именно прогнозирование потоковых процессов в структуре «производство/поставка ЗЧ и К – эксплуатация автомобиля» обеспечит требуемый уровень обслуживания автомобилей, минимизацию затрат в эксплуатации и снижение негативного воздействия на В и ОС.

Разработана методика моделирования дилерского центра легковых автомобилей и имитационная модель ДЦ в среде Anilogic, позволяющая моделировать и оптимизировать фактическую структуру и рабочие процессы ДЦ, прогнозировать поток заявок на ЗЧ и К. для СППР.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-71-10034)»

Список литературы

- [1] *Волгин В.В.* Автодилер. Торговля техникой. Практическое пособие. – М.: Дашков и Ко. - 2013. - 880 с.
- [2] *Бром А.Е.* Разработка концепции и методологических основ создания организационной системы логистической поддержки жизненного цикла наукоемкой продукции: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.02.22 / Бром Алла Ефимовна; [Место защиты: Моск. гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана]. - Москва, 2009. - 32 с.
- [3] Модели и методы теории логистики: Учебное пособие 2-ое изд. /Под ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2007.- 448 с.
- [4] Управление запасами в цепях поставок: Учеб. Пособие / Бадочкин О.В., Лукинский В.В., Малевич Ю.В., Степанова А.С., Шульженко Т.Г.; под общ. и научн. ред. В.С. Лукинского. – СПб.: СПбГИЭУ, 2010. – 372 с.
- [5] *Степанова А. С.* Формирование стратегий управления запасами в цепях поставок: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. - СПб, 2010. - 178 с.
- [6] *Боев В. Д.* Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов: Монография. — СПб.: ВАС, 2011.-404 с.
- [7] *Боев В. Д.* Компьютерное моделирование: Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic7. — СПб.: ВАС, 2014. — 432 с.
- [8] *Корчагин В.А., Ляпин С.А., Коновалова В.А.* Математическая модель согласования решений в логистической цепи «автозавод – региональный дилер» // Вести высших учебных заведений Черноземья.-2013.- №1(31), ЛГТУ.-С. 43-48.
- [9] *Корчагин В.А., Ляпин С.А., Коновалова В.А.* Управление транспортно-логистической системой обеспечения запасными частями дилерских автомобильных центров // Фундаментальные исследования. - 2014.- № 9(2).- С. 267-272.
- [10] *Чаусова Е.В.* Динамическая сетевая модель управления запасами с интервально заданным спросом и задержками поставок// Вестник Томского государственного университета. 2007. № 294. С. 207–211.
- [11] *Лотоцкий В.А., Мандель А.С.* Модели и методы управления запасами. — М.: Наука, 1991. — 190 с.
- [12] *Боев В.Д.* Концептуальное проектирование систем в Anylogic 7 и GPSS World: курс лекций / В.Д. Боев. — Москва: Интуит НОУ, 2016. — 556 с.
- [13] *Срульдинов А. Р., Варламова С. А.* Построение модели предоставления технической поддержки пользователей на языке моделирования Anylogic // COMPUTER SCIENCE | Juvenis scientia. - 2016.- № 3.-С.11-14.

УДК 629.35

УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ОПТИМАЛЬНЫМ РАСХОДОМ ТОПЛИВА

CONDITIONS OF CAR MOTION OPTIMAL FUEL CONSUMPTION

Моисеева Наталья Михайловна

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Natalia Moiseeva

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В работе рассмотрены факторы, влияющие на снижение расхода топлива грузового автомобиля при движении в различных дорожных условиях.

Ключевые слова: *топливно-экономическая характеристика, дорожные условия, грузовой автомобиль.*

Abstract

The paper considers the factors affecting the reduction of fuel consumption of a truck when driving in various road conditions.

Key words: *fuel and economic characteristics, road conditions, truck.*

Введение

Современные тенденции развития общества привели к расширению автомобильных парков страны, по данным аналитического агентства «АВТОСТАТ», в январе – апреле 2018 года в России реализовано более 25 тыс. новых грузовых автомобилей, что на 29,5% больше, чем год назад [1].

Передовые технологии в современном автомобилестроении направлены на разработку экономичных и экологически эффективных транспортных средств.

Повышение эффективности использования автотранспорта в значительной степени определяется совершенством теоретических и экспериментальных методов исследований, отражающих скоростные и нагрузочные режимы движения в реальных условиях эксплуатации в зависимости от погодных условий и загруженности автомобиля. Большое значение имеет скоростной режим движения транспортных средств.

Исходя из этого, работа по оптимизации скоростных режимов движения, режимов работы двигателя грузовых автомобилей, влияющих на производительность, топливную экономичность и выбросы вредных веществ, является актуальной.

Цель исследования - повышение эффективности эксплуатации грузовых автомобилей на основе установления и использования закономерностей изменения топливной экономичности в зависимости от скоростного режима и влияний погодных условий.

1. Модели и методы

Эксплуатационные мероприятия, повышающие долговечность двигателя, работающего на дизельном топливе, тем самым снижающие суммарный расход топлива, рассмотрены Саванюк А.Ф. [2].

Многофакторный анализ, позволяющий управлять эксплуатационным расходом топлива проведенный Глушковым Ю. Л. позволяет повысить эффективность использо-

вания горючего сырья для автотранспортного предприятия [3].

Дорожные и погодные условия, параметры проезжей части, скорость движения автомобиля, а также тип и качество дорожного полотна являются важными факторами, определяющими удельный расход топлива автомобиля [4].

Теоретический анализ выполненный Ероховым В.И. и Бондаренко Е.В. к факторам оказывающим наибольшее влияние на расход топлива и выброс вредных веществ, отнес правильное планирование и регулирование городского движения: число и продолжительность остановок автомобилей [5].

Таким образом, определяющим фактором суммарного путевого расхода топлива является удельная топливно-экономическая характеристика автомобиля, определенная для различных условий движения.

1.1. Постановка задачи

Для исследования принимаем грузовые автомобили категорий N1, N2, N3 отечественного производства различной грузоподъемности, являющиеся наиболее распространенными (ГАЗ 22171 2.1 TD, ГАЗ-3309, КАМАЗ-43253-69 (G5) соответственно) [1].

В работе рассматривается четыре варианта движения автомобилей в разных дорожных условиях: А – хорошие условия движения, соответствующие сухому асфальта-бетонному покрытию, Б – удовлетворительные условия движения по мокрому асфальта-бетонному покрытию, В – сложные условия движения, соответствующие сухому асфальта-бетонному покрытию с уклоном дорожного полотна 12%, Г – трудные условия движения, соответствующие мокрому (после или во время дождя) асфальта-бетонному покрытию с уклоном дорожного полотна 12%.

1.2. Определение зависимостей

Для установления закономерностей расхода топлива используется известная методика построения топливно-экономической характеристики автомобиля [6,7].

Топливо-экономическая характеристика автомобиля отражает зависимость путевого расхода исследуемого топлива от скорости движения автомобиля на выбранной передаче при равномерном движении и позволяет определять расход топлива по известным значениям скорости движения, как правило её рассчитывают для высшей передачи, что не соответствует действительности, т.к. анализ зависимостей эффективной мощности от скорости движения автомобиля показал, что при определенных дорожных условиях автомобиль не может двигаться на высшей передаче. Так грузовой автомобиль категории:

N1 с максимальным использованием грузоподъемности в дорожных условиях, характеризующихся: А – может двигаться со скоростью 84 км/ч при этом расход топлива составит 0,17 л/км; Б – со скоростью 66 км/ч с расходом 0,3 л/км; в условиях, В – со скоростью 40 км/ч с расходом 0,48 л/км, при этом движение с оптимальной скоростью обеспечивает расход топлива 0,47 л/км; Г – со скоростью 23 км/ч с расходом 0,94 л/км, при этом движение с оптимальной скоростью обеспечивает расход топлива 0,77 л/км.;

N2: А – может двигаться со скоростью 74 км/ч при этом расход топлива составит 0,33 л/км; Б – асфальта-бетонному покрытию без уклона дорожного полотна) со скоростью 55 км/ч с расходом 1,13 л/км; В – со скоростью 23 км/ч с расходом 0,13 л/км, при этом движение с оптимальной скоростью обеспечивает расход топлива 1,09 л/км; Г – движение на высшей передаче не возможно, а движение с оптимальной скоростью обеспечивает расход топлива 1,87 л/км.;

N3: А – может двигаться со скоростью 70 км/ч при этом расход топлива составит

0,57 л/км; Б - со скоростью 51 км/ч с расходом 0,69 л/км; В - движение на высшей передаче не возможно, при этом движение с оптимальной скоростью обеспечивает расход топлива 1,86 л/км; Г - движение на высшей передаче не возможно, а движение с оптимальной скоростью обеспечивает расход топлива 3,22 л/км.

По результатам построения топливно-экономической характеристики выведены зависимости расхода топлива (Q , л/км) от скорости движения транспортного средства (v , км/ч) в зависимости от условий эксплуатации, которые сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Зависимости $Q = f(v)$, л/км

| Дорожные условия | Категория транспортного средства | | |
|------------------|---|--------------------------------|--|
| | N1 | N2 | N3 |
| А | $0,0002v^2 - 0,0263v + 1,5114$ | $0,0009v^2 - 0,085v + 3,933$ | $-2 \cdot 10^{-5}v^3 + 0,0048v^2 - 0,3048v + 8,9706$ |
| | $R^2 = 0,997$ | $R^2 = 0,999$ | $R^2 = 0,9985$ |
| Б | $0,0002v^2 - 0,016v + 0,8702$ | $0,0006v^2 - 0,0502v + 2,2241$ | $0,0008v^2 - 0,0593v + 3,0878$ |
| | $R^2 = 0,9957$ | $R^2 = 0,9997$ | $R^2 = 0,9858$ |
| В | $8 \cdot 10^{-5}v^2 - 0,0065v + 0,2823$ | $0,0002v^2 - 0,0181v + 0,6587$ | $0,0004v^2 - 0,0229v + 0,903$ |
| | $R^2 = 0,9936$ | $R^2 = 0,9984$ | $R^2 = 0,9967$ |
| Г | $5 \cdot 10^{-5}v^2 - 0,0035v + 0,1323$ | $0,0001v^2 - 0,0084v + 0,2739$ | $0,0002v^2 - 0,011v + 0,3745$ |
| | $R^2 = 0,9931$ | $R^2 = 0,9977$ | $R^2 = 0,9979$ |

Таким образом условия движения транспортного средства оказывают непосредственное влияние на расход топлива, что необходимо учитывать при планировании маршрута движения.

1.3. Экономическая эффективность

Расчет экономической эффективности производится путем сравнения затрат на топливо (Q_{\max}) при движении автомобиля на максимальной скорости (v_{\max}) с затратами ($Q_{\text{опт}}$) соответствующими движению автомобиля на оптимальной скорости движения ($v_{\text{опт}}$).

Максимальная скорость движения грузового автомобиля каждой категории определяется по графику силового баланса соответствующего автомобиля, и составляет: N1 ГАЗ 22171 2.1 TD - 92 км/ч;

N2 ГАЗ-3309 – 78 км/ч;

N3 КАМАЗ-43253-69 – 76 км/ч.

Стоимость дизельного топлива принята на 06.06.2018г и в среднем составляет 43,8 руб./л. Результаты расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Экономия в затратах на топливо

| Категория ТС | Условия движения | $v_{\text{опт}}$, км/ч | Q_{\max} , л/км | $Q_{\text{опт}}$, л/км | ΔQ , л/км | Экономия в затратах на топливо, руб./км |
|--------------|------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|---|
| N1 | А | 86 | 0,21 | 0,17 | 0,04 | 1,752 |
| | Б | 86 | 0,35 | 0,30 | 0,05 | 2,190 |

| | | | | | | |
|----|---|----|------|------|------|--------|
| | В | 62 | 0,68 | 0,47 | 0,21 | 9,198 |
| | Г | 58 | 1,02 | 0,77 | 0,25 | 10,950 |
| N2 | А | 78 | 0,37 | 0,33 | 0 | 0 |
| | Б | 78 | 0,74 | 0,74 | 0 | 0 |
| | В | 43 | 1,68 | 1,09 | 0,59 | 25,842 |
| | Г | 43 | 2,69 | 1,87 | 0,82 | 35,916 |
| N3 | А | 72 | 0,69 | 0,57 | 0,12 | 5,256 |
| | Б | 62 | 1,63 | 0,69 | 0,67 | 29,346 |
| | В | 44 | 3,11 | 1,87 | 1,24 | 54,312 |
| | Г | 42 | 4,99 | 3,22 | 1,77 | 72,526 |

2. Полученные результаты

Разработанное исследование позволило определить оптимальную скорость движения грузовых автомобилей по категориям и условиям эксплуатации. Расчет позволил установить минимальный и максимальный расход топлива на высшей передаче в зависимости от скорости движения грузовых автомобилей при полном использовании грузоподъемности в различных дорожных условиях, определяемых приведенным коэффициентом дорожного сопротивления. Мероприятие позволило установить закономерности расхода топлива от скорости движения и сформулировать практические советы по движению на различных участках для уменьшения расхода топлива. Данная работа позволяет определить оптимальную, с точки зрения расхода топлива, скорость движения грузовых автомобилей всех трех категорий для различных условий движения, что позволило снизить расходы на топливо.

Список литературы

- [1] АВТОСТАТ. Инфографика. Модели лидеры Российского парка грузовиков. URL: <https://www.autostat.ru/tags/174/> (дата обращения: 04.06.2018).
- [2] *Саванюк А. Ф.* Топливо для дизелей. Как снизить его расход? [Текст] // Альманах современной науки и образования. - Тамбов, 2008. № 7 (14). - С. 175-176.
- [3] *Глушков Ю. Л.* Возможность управления эксплуатационным расходом топлива на основе многофакторного анализа [Текст] // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета. – Москва, 2007. №2. – С.14-17.
- [4] *Волошин К. Г., Минкеев С. Ю.* Влияние эксплуатационных параметров автомобиля на его топливную экономичность [Текст] // Сб. научн. тр. «Автомобиль. Дорога. Инфраструктура». - Москва. - 2014. №2 (2). с. 6.
- [5] *Ерохов В. И., Бондаренко Е. В.* Влияние дорожных факторов на выброс вредных веществ и расход топлива автотранспортными средствами [Текст] // Вестник Оренбургского государственного университета. –2005. №4. – С.139-151.
- [6] *Вахламов В. К.* Автомобили эксплуатационные свойства [Текст] // М.: Издательский центр «Академия», 2010 - 240 с.
- [7] Определение тягово-скоростных и топливно-экономических качеств автомобиля: Методические указания / *А.П. Парфенов, Ю.А. Феофанов.* - М.: МГТУ «МАМИ», 2011 - 44 с.

УДК 656.052

ПОСТРОЕНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ИТС НА ИЗОЛИРОВАННОМ УЧАСТКЕ УДС
BUILDING THE ARCHITECTURE OF THE ITS ON AN ISOLATED SECTION OF
THE ROAD NETWORK

Новиков Александр Николаевич¹, Глаголев Сергей Николаевич²,
Новиков Иван Алексеевич², Шевцова Анастасия Геннадьевна²

¹ Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел, Россия

² Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова,
Белгород, Россия

Alexander Novikov¹, Sergey Glagolev², Ivan Novikov², Anastasia Shevtsova²

¹ Orel State University name I. S. Turgenev, Orel, Russia

² Belgorod State Technological University name V. G. Shukhov, Belgorod, Russia

Аннотация

Интеллектуальные транспортные системы сегодня используются на различных уровнях – микро, мезо и макро. Положительный эффект использования ИТС заключается в снижении потерь времени для участников дорожного движения и в целом повышении эффективности функционирования транспортной сети, которая используется интеллектуализированными участками дорожного движения. Применение ИТС в каждом случае должно быть необходимым и оправданным с точки зрения эффективности и экономической составляющей. В рамках данного исследования выполнено обоснование экономической эффективности разработки архитектуры ИТС на изолированном участке УДС (микроуровень).

Ключевые слова: ИТС, архитектура, изолированный участок, светофорное управление, экономический эффект.

Abstract

Intelligent transport systems are now used at various levels – micro, meso and macro. The positive effect of the use of ITS is to reduce the loss of time for road users and, in general, to improve the efficiency of the functioning of the transport network, which is used by intellectualized sections of the road. The application of ITS in each case should be necessary and justified in terms of efficiency and economic component. In the framework of this study, the feasibility study of the development of its architecture on an isolated section of the road network (micro level).

Key words: TS, architecture, isolated area, traffic light control, economic effect.

Введение

В настоящее время отмечается высокий уровень развития ИТС, что обусловлено повышением спроса на транспортные услуги как на территории РФ, так и во всем мире. В результате динамичного развития новейших технологий в области ИТС возникла потребность в моделировании транспортных процессов с целью прогнозирования пара-

метров транспортных потоков. Именно поэтому возникло и широко используется понятие транспортной модели, которое необходимо при поиске оптимальных путей решения транспортной задачи и оценки результатов на этапе проектирования.

Применение моделирования для оценки эффективности функционирования элементов ИТС становится все более популярным. С помощью транспортной модели можно с высокой долей вероятности предположить степень повышения эффективности функционирования улично-дорожной сети при введении интеллектуальных систем.

Так как внедрение ИТС, как правило, происходит поэтапно, то моделирование в такой ситуации осуществляется на трех различных уровнях: 1. микроуровень; 2. мезоуровень; 3. макроуровень.

Применение ИТС на всех уровнях позволяет получать четкую картину о состоянии транспортной сети и своевременно вносить коррективы в осуществление деятельности по организации дорожного движения. Создание единой ИТС невозможно без поэтапного внедрения и оценки результатов на каждом из уровней. Безусловно, начальным этапом построения ИТС, является внедрение его на малом участке дорожной сети - микроуровень, с последующим расширением границ внедрения и отражения положительного результата на связанных участках, но их использование должно быть оправданным, в первую очередь с экономической точки зрения.

В связи с этим, основной целью исследования является обоснование экономической эффективности разработки архитектуры ИТС на изолированном участке УДС (микроуровень).

1. Анализ мирового опыта применения ИТС

В наши дни развитие ИТС в мире – достаточно организованный процесс. На настоящий момент сформирована нормативно-правовая база, а также специальные организации, занимающиеся развитием, внедрением и продвижением ИТС [1-4]. Кроме того, обеспечено финансирование проектов по ИТС из бюджета государств, всячески поддерживаются научные исследования в этой области и инновационные разработки. Огромную роль в развитии ИТС играет обмен опытом через различные выставки и конференции, которые проводятся регулярно.

Анализ нормативной документации и основных принципов и подходов к внедрению и развитию ИТС как в России, так и за рубежом, показывает, что на сегодняшний момент активно продвигается применение интеллектуальных систем для обеспечения наибольшей эффективности функционирования улично-дорожной сети городов, а также с целью повышения безопасности движения.

Однако, на сегодняшний день существует значительное отставание РФ в данной области от стран Европы, Азиатско-тихоокеанского содружества, Японии и США. В данных странах имеется сложившаяся политика по развитию и внедрению ИТС, исследовательские институты, всесторонняя поддержка государства, а также внушительная нормативно-правовая база, чего нельзя сказать о России, где только начинают формироваться государственные стандарты и предпринимаются действия для создания такой базы, которая позволила бы повсеместно, где это необходимо, применять ИТС, основываясь на законах и нормативах.

Такое явление связано, главным образом, с тем, что начало глобального применения ИТС на территории зарубежных стран датируется восьмидесятыми годами XX века и сразу же стало основой долгосрочной транспортной политики. Что касается России, то начало применения ИТС было гораздо позже и не носило глобального характера.

Таким образом, отсутствие обширной и детальной нормативно-правовой базы на территории РФ не позволяет оценить целесообразность введения интеллектуальной си-

стемы на каком-либо участке с точки зрения экономического и других аспектов.

Основная цель данного исследования – экономически обосновать целесообразность построения ИТС на изолированном участке. Для достижения поставленной цели необходимо провести анализ основного оборудования, применяемого при внедрении ИТС на перекрестке, а также проведение исследования параметров транспортных потоков на выбранном изолированном перекрестке г. Белгорода с последующим расчетом режимов работы светофоров и оценкой экономической эффективности.

2. Использование директивного и локального способа управления

При оптимизации работы пересечения автомобильных дорог без применения архитектурно-планировочных и строительных работ необходимо рассматривать такие виды управления движением, как локальное и директивное.

Каждый из способов управления имеет свои преимущества и недостатки, а также существенные различия в принципах управления, оборудовании и т.д.

Локальный способ управления – это наиболее распространенный способ управления перекрестками и используется в большинстве случаев. Данный способ обеспечивает несколько режимов светофорного управления, которые сформированы заранее, исходя из параметров транспортных потоков на перекрестке, полученных ранее. При осуществлении такого вида управления не требуется установка дорогостоящего оборудования, так как светофорный объект является основным инструментом управления. Однако локальное управление не позволяет оперативно реагировать на изменение интенсивности движения и других параметров транспортных потоков и изменять режимы управления для повышения эффективности функционирования перекрестка.

В отличие от локального, директивный способ управления позволяет отслеживать транспортную ситуацию на перекрестке и вносить коррективы в работу системы. Такой способ управления предполагает целый комплекс дорогостоящего оборудования и программного обеспечения, который обеспечивает своевременный мониторинг и прогнозирование ситуации для выбора необходимого алгоритма управления. Директивный способ управления используется преимущественно на сложных перекрестках и требует значительных финансовых затрат.

Способ управления на отдельно взятом перекрестке стоит выбирать исходя из транспортной ситуации, предполагаемой пользы, а также соотношения финансовых затрат и конечного эффекта.

3. Внедрение способов управления на изолированном участке УДС

Для достижения основной цели исследования, в рамках данной работы был определен объект исследования – изолированный участок улично-дорожной сети для последующего внедрения ранее описанных способа управления и отображения экономической составляющей использования данных подходов.

Пересечение ул. Буденного-ул. Есенина является Х-образным перекрестком со светофорным регулированием (рис. 1, рис. 2). В районе перекрестка расположены АЗС «Газпром», торговые центры, супермаркет «Магнит» и другие магазины, частный детский сад «Семцветик», жилые дома с административными помещениями, остановки, которые являются центрами притяжения транспортных и пешеходных потоков.

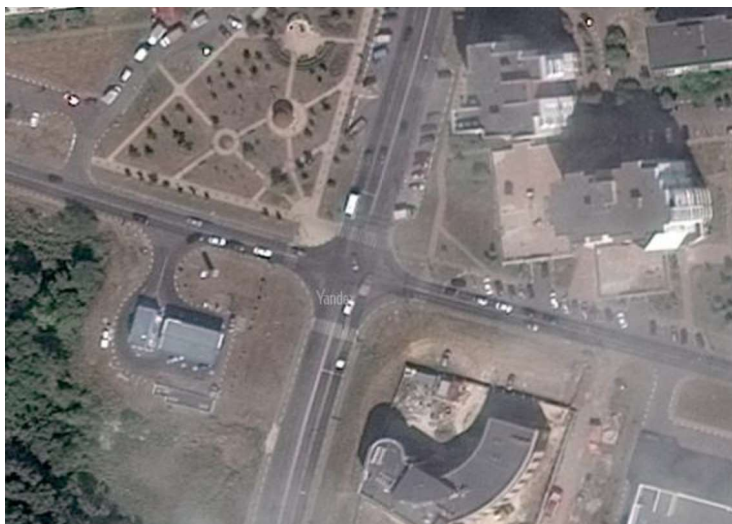


Рисунок 1. Снимок со спутника перекрестка ул. Буденного-ул. Есенина

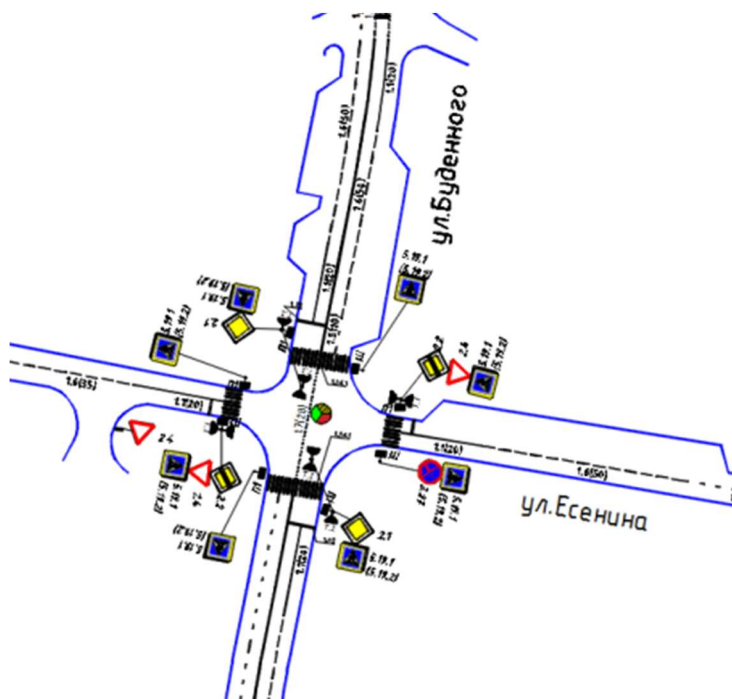


Рисунок 2. Геометрическая схема перекрестка ул. Буденного-ул. Есенина

В ходе натурных исследований изолированного участка были получены основные характеристики необходимые для выполнения расчетов для реализации локального и директивного способа управления.

Под внедрением локального способа управления движением понимается введение оптимального светофорного цикла для существующей транспортной ситуации, кроме того при локальном способе режимы управления на пересечении могут меняться в зависимости от времени суток и интенсивности движения. Однако данные режимы являются заранее рассчитанными и установленными.

Расчет длительности цикла светофорного регулирования производится по блок-схеме (рис.3) [5-6].

сти движения на пересечении, а также сформирован алгоритм смены программ управления в течение суток. Для эффективного функционирования перекрестка необходимо 8 различных программ управления, которые сменяют друг друга в течение суток. Однако, учитывая тот факт, что в городах наблюдается постоянный рост автомобилизации, стоит отметить, что при использовании такого способа управления на перекрестке пересчет светофорного цикла необходимо будет производить каждый год.

Директивный способ управления дорожным движением на перекрестке подразумевает управление транспортными и пешеходными потоками с использованием новейшего оборудования различного вида и которое является составными частями интеллектуальной транспортной системы в целом.

В зависимости от уровня сложности построения ИТС, а также площади действия системы (макро-, мезо-, микроуровень) может меняться наименование и виды используемого оборудования.

Построение ИТС на микроуровне является, с одной стороны, перспективным проектом, а с другой стороны, реализация такого проекта, предполагает большие финансовые затраты. Целесообразность реализации проекта по введению директивного способа управления на изолированном перекрестке и является целью исследования.

При построении ИТС на изолированном перекрестке необходимо применять основные виды оборудования, такие как: 1. Транспортные и пешеходные светофоры; 2. Детекторы транспорта; 3. Контроллеры; 4. Программное обеспечение.

Количество и расположение каждого вида оборудования выбирается исходя из критерия безопасности и особенностей организации движения на конкретном перекрестке, а также в зависимости от его геометрических особенностей.

Предполагаемое расположение оборудования на исследуемом перекрестке ул. Буденного-ул. Есенина изображено на рис.4.

Из схемы видно, что для реализации ИТС на изолированном перекрестке ул. Буденного-ул. Есенина потребуется 10 транспортных светофоров, 8 пешеходных светофоров, 1 контроллер, а также ПО, которое выполняет работу по координации действий оборудования (табл.2).

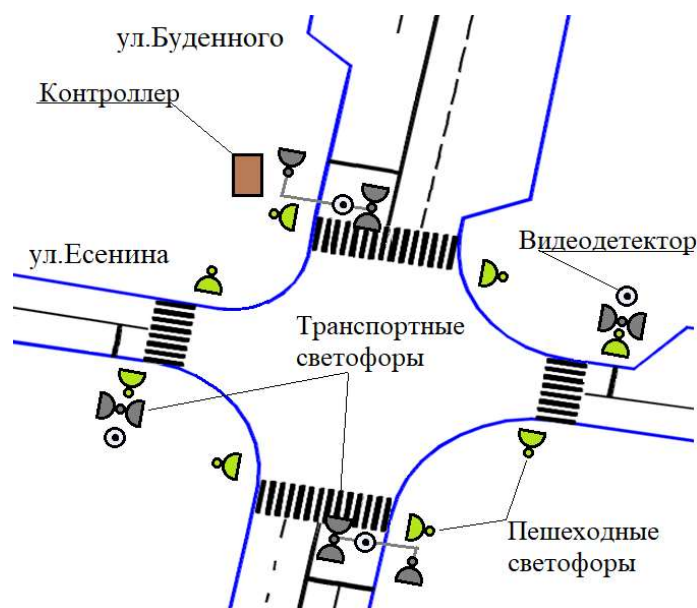


Рисунок 4. Схема расположения оборудования в пределах перекрестка ул.Буденного - ул.Есенина

Таблица 2. Список оборудования, используемого при внедрении ИТС на изолированном перекрестке ул.Буденного-ул.Есенина

| Тип оборудования | Модель | Количество | Роль в ИТС |
|--------------------------|--|------------|---|
| Транспортный светофор | Светофор светодиодный транспортный Т1 с ТООВ | 10 | Непосредственное управление транспортными потоками |
| Пешеходный светофор | Светофор светодиодный пешеходный анимированный с обратным отсчетом времени зеленого сигнала и звуковым сопровождением для слабовидящих (программируемый) | 8 | Непосредственное управление пешеходными потоками |
| Видеодетектор транспорта | TrafiCam | 4 | Мониторинг параметров транспортных и пешеходных потоков |
| Контроллер | ДКСМА | 1 | Получение алгоритма управления из ЦУПа и реализация на светофорных объектах |
| Программное обеспечение | Cameleon ITS | 1 | Обеспечение взаимодействия всех элементов системы; формирование режимов управления, контроль и анализ ситуации. |

Предполагается, что при работе в штатном режиме функционирование ИТС будет происходить следующим образом: видеодетекторы TrafiCam собирают информацию о параметрах транспортных потоков и передают по каналам связи в ЦУП, где с помощью программного обеспечения происходит формирование светофорного цикла на основе этих данных. Алгоритм управления передается на контроллер, который осуществляет непосредственное управление светофорами.

Если рассмотреть систему построения ИТС на микроуровне, то можно отметить, что все данные о состоянии транспортных потоков на подходах к перекрестку поступают в центр управления, где в дальнейшем принимаются решения по управлению трафиком, предотвращению последствий ДТП.

Благодаря работе такой системы на перекрестке открываются дополнительные возможности по организации дорожного движения:

1. сбор данных в режиме реального времени;
2. прогнозирование ДТП, оперативное реагирование и предотвращение;
3. моделирование режимов движения транспортных потоков с целью прогнозирования транспортной ситуации;
4. разработка плана управления дорожным движением для повышения эффективности функционирования транспортной сети.

При детальном рассмотрении системы управления на перекрестках отмечается распределение поступающей информации от детекторов транспорта на соответствующие

модули, которые в последствии связаны в единую сеть. В пределах системы обеспечен эффективный обмен данных, что позволяет оперативно вносить коррективы в работу системы.

Таким образом, при организации директивного способа управления движением на перекрестке возникает больше возможностей для эффективного управления транспортными и пешеходными потоками, а также для быстрого реагирования на ДТП, их прогнозирования и предотвращения [7].

4. Экономическое обоснование выбора способа управления

Расчет стоимости проводимых мероприятий по изменению способа управления движением показал, что локальный способ управления движением является менее затратным по сравнению с директивным.

Это связано, главным образом с основными статьями затрат, такими как закупка и монтаж оборудования, которые отсутствуют при введении локального способа управления.

Реализация локального способа управления предусматривает затраты на:

1. НИОКР;
2. Эксплуатационные расходы.

В то время, как директивный способ управления движением требует затрат на:

1. Приобретение светофоров, контроллера, детекторов транспорта, программного обеспечения и лицензии на него (ежегодно);
2. Монтаж оборудования;
3. Эксплуатационные расходы.

В свою очередь, положительный экономический эффект достигается за счет сокращения времени ожидания на подходах к перекрестку. Именно основываясь на данном параметре был рассчитан срок окупаемости проекта, который для локального способа управления составил 0,27 лет, а для директивного 10,2 лет, что говорит об экономической нецелесообразности внедрения ИТС на изолированном перекрестке.

Выводы

По итогам анализа нормативно-правовой базы России и стран мира, используемой при построении ИТС, можно сделать вывод о том, что на сегодняшний день нормативная база РФ значительно отстает от ведущих стран мира в области применения ИТС: США, Японии, Европейского союза, Азиатско-тихоокеанских стран.

Пользуясь имеющимися государственными и зарубежными стандартами, в ходе исследования были определены основные виды необходимого при построении ИТС оборудования и проведен их сравнительный анализ.

Для разработки дальнейших мероприятий по улучшению работы перекрестка проведен анализ изолированного участка УДС г. Белгорода – перекрестка ул. Буденного – ул. Есенина. На основе полученных данных, можно сказать, что в настоящее время работа перекрестка является неудовлетворительной, поэтому в ходе проекта были предложены два способа управления для их дальнейшего сравнительного анализа – локальный и директивный.

По результатам разработки директивного и локального способа управления было отмечено, что директивный способ дает больше возможностей для обеспечения эффек-

тивного функционирования перекрестка, однако требует установки дорогостоящего оборудования. Локальный же способ является более простым, но, вместе с тем, требует постоянной корректировки с связи с постоянным ростом трафика на городской УДС.

В результате экономической оценки локального и директивного способа по критерию периода окупаемости выяснили, что срок окупаемости локального способа во много раз меньше по сравнению с директивным, что делает нецелесообразным введение архитектуры ИТС на изолированных участках УДС городов.

Список литературы

- [1] *Евстигнеев, И. А.* Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. — М.: Изд-во «Перо», 2015. — 164 с.
- [2] *Жанказиев С. В.* Интеллектуальная транспортная система на дорогах России // Межотраслевой журнал навигационных технологий Вестник ГЛОНАСС. — М., 2011. - №2. — с. 7-11.
- [3] *Стельмащук Е. Е., Шевцова А. Г.* Особенности разработки и применения КСОДД при решении проблем организации дорожного движения. — Сборник: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2017). Сборник статей IX Международной научно-технической конференции. Ред.: Агеев Е.В. 2017. С.210-212.
- [4] *Боровской А. Е., Новиков И. А., Шевцова А. Г.* Внедрение интеллектуальных транспортных систем в рамках национальных программ повышения безопасности дорожного движения. Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2013. № 61-62. С. 279-283.
- [5] *Novikov A., Novikov I., Katunin A., Shevtsova A.* Adaptation capacity of the traffic lights control system (TSCS) as to changing parameters of traffic flows within intellectual transport systems (ITS). В сборнике: Transportation Research Procedia 2017. С. 455-462.
- [6] *Корчагин В. А., Ляпин С. А., Клявин В. Э., Ситников В. В.* Повышение безопасности движения автомобилей на основе анализа аварийности и моделирования ДТП. Фундаментальные исследования. 2015. № 6-2. С. 251-256.
- [7] *Корчагин В. А., Ризаева Ю. Н.* Управление транспортной системой на основе формирования транспортных потоков. В сборнике: Информационные технологии и инновации на транспорте Материалы международной научно-практической конференции под общей редакцией А.Н. Новикова. 2015. С. 9-11.

УДК 656.13.001

ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT IN THE FIELD OF ROAD SAFETY

Трясцин Антон Павлович¹, Баранов Юрий Николаевич¹,
Дубровин Александр Георгиевич²

¹ Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел, Россия

² Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации

Anton Tryastsin¹, Yuri Baranov¹, Alexander Dubrovin²

¹ Orel state University named after I. S. Turgenev, Orel, Russia

² Academy of Federal security service of the Russian Federation

Аннотация

На современном предприятии автомобильного транспорта различной величины и специализации документооборот является самой регламентированной областью деятельности. С одной стороны, документооборот регулируется требованиями нормативных документов органов исполнительной власти различного уровня, с другой – определяется спецификой конкретного предприятия. В ходе исследований было установлено, что электронный документ получил распространение практически во всех сферах деятельности автотранспортного предприятия, однако такая важнейшая составляющая, как безопасность дорожного движения в наименьшей степени охвачена этим процессом. Автоматизация документооборота в сфере безопасности дорожного движения позволит значительно повысить эффективность управления этим процессом и как следствие, повысить безопасность дорожного движения. Анализ этой задачи и определению требований к системе электронного документооборота в сфере безопасности дорожного движения и посвящена данная статья.

Ключевые слова: электронный документооборот, автомобильный транспорт, безопасность дорожного движения, компьютерная программа.

Abstract

At the modern enterprise of motor transport of various size and specialization document flow is the most regulated field of activity. On the one hand, the document flow is regulated by the requirements of regulatory documents of Executive authorities of various levels, on the other – is determined by the specifics of a particular enterprise. During the research it was established that the electronic document has spread in almost all spheres of activity of motor transport enterprise, however, this essential component, as road safety are the least involved in this process. Automation of document circulation in the field of road safety will significantly improve the efficiency of management of this process and, as a result, improve road safety. This article is devoted to the analysis of this task and the definition of requirements for the electronic document management system in the field of road safety.

Key words: electronic document management, road transport, road safety, computer program.

В деятельности любого автотранспортного предприятия присутствует весьма существенный объем документов, из которых следует выделить основные направления, которые можно считать специфичными для всех предприятий автотранспорта, рис.1



Рисунок 1. Основные направления электронного документооборота автотранспортного предприятия

Помимо документации, ведение которой предписано регулятором, каждое предприятие создает большой объем внутренней, документации, обусловленной спецификой своей деятельности. Функциональность и состав документов определяется, как правило, структурными подразделениями организации.

На информационном уровне структурные подразделения автотранспортного предприятия тесно связаны и взаимодействуют между собой.

Анализ статистики документооборота автотранспортного предприятия (АТП) показал, что из общего количества документов доля первичных составляет 21% (технические паспорта, путевые и ремонтные листы, требования на запасные части и т.д.). На документы с нормативно-справочной информацией (НСИ) приходится 6 % (маршруты и режимы работы, нормы на расход топлива, ресурс шин, периодичность и трудоемкость технического обслуживания и проч.). Самую большую долю в общем документообороте образуют вторичные документы (73%) – различные отчетные формы (справки, сводки, ведомости, картотеки, журналы и т.д.). Общий объем информации, обрабатываемой в АТП в течение месяца, составляет порядка 50 кб на один автомобиль. Доля НСИ в этом объеме – 3 %, больше половины объема обрабатываемой информации (55%) содержится в первичных документах, вторичные формы содержат примерно 42% данных. [1].

Для автоматизации документооборота производственных процессов автотранспортного предприятия используются специальные программные продукты. Представленное на рынке программное обеспечение (ПО), можно разделить на четыре группы:

- программы и программные комплексы учётно-бухгалтерской ориентации;
- системы комплексной автоматизации работы предприятия;
- специальные программные продукты для транспортно-логистических и экспеди-

торских компаний;

- программные продукты, для автоматизации отдельных видов деятельности автотранспортного предприятия.

Анализ программных продуктов для реализации электронного документооборота и автоматизации управления транспортными процессами для предприятий автомобильного представлен в табл. 1

Таблица 1. Программные продукты электронного документооборота и автоматизации транспортных процессов

| Программный продукт, разработчик | Функционал программного продукта |
|--|--|
| 1 | 2 |
| Умная Логистика http://b2b-logist.com/ | Онлайн сервис для оперативной работы транспортно-экспедиционных компаний. Создавайте заявки на перевозки, упорядочите документы, контролируйте работу менеджеров-логистов, отслеживайте рентабельность компании. |
| КиберЛог http://www.kiberlog.ru/ | Онлайн-система управления бизнесом в сфере грузоперевозок. Цель системы - обеспечить своевременный обмен информацией, SaaS документооборот между заказчиками, грузоперевозчиками и транспортно-экспедиционными компаниями в едином информационном пространстве, используя интернет-портал. |
| Департамент логистики http://logdep.ru/ | Облачный сервис для автоматизации транспортной логистики и может поставляться как в SaaS формате так и с установкой на серверы заказчика. Позволяет оптимизировать маршруты. Интеграция ГЛОНАСС/GPS мониторингом транспорта. |
| АвтоПеревозки http://www.autosoft.ru/products/transportation/ | Программа для учета автотранспортной техники собственного парка, документов, связанных с учетом, формирования и печати путевых листов, учета выполненных ремонтных работ и ТО, учета ГСМ, работы водителей, учета контрагентов и работы с ними, складского учета. |
| Грузоплан http://gruzoplan.ru/ | Онлайн программа для ведения защищенного документооборота по перевозке грузов. Организация системного подхода к обработке заявок и полная прозрачность процесса от поступления заявки на перевозку до прибытия груза в место назначения |

| 1 | 2 |
|--|---|
| <p>NovaTrans http://novatr.ru</p> | <p>Онлайн сервис для автоматизации всех процессов транспортной компании. Позволяет создавать и контролировать заявки, ведения актов и ТТН, зарплаты, формировать отчеты</p> |
| <p>АвтоПлан http://avtoplan.ru/soft.html</p> | <p>Роботизированный программный комплекс для автоматизации учета и управления на автотранспортном предприятии. Объединяет все ресурсы и процессы автотранспортного предприятия в одну удобную систему управления.</p> |
| <p>1С Форес: Автотранспорт http://www.fores1c.ru/1s-programmy/</p> | <p>Конфигурация 1С для учета автотранспорта. Программа позволяет осуществлять учет ГСМ, путевых листов, осуществлять контроль за регламентными работами, осуществлять диспетчерские функции, контролировать наличие и актуальность документов водителей. Хранение автомобилей осуществляется в автопарках и боксах, контролируется наличие автомобилей в боксах. Реализован механизм складского учета ГСМ, запчастей и других материальных ценностей.</p> |
| <p>1С: Управление автотранспортом http://rarus.ru/1c-transport/</p> | <p>Система автоматизации управленческого и оперативного учета в автотранспортных предприятиях, а также в транспортных подразделениях торговых, производственных и других компаний с различной отраслевой спецификой.</p> |
| <p>PROLOGISTA http://www.prologista.ru/</p> | <p>Программа для грузоперевозчиков, сборные грузы грузотакси, грузоперевозок. Бесплатна, без ограничений и навсегда. Вы платите только за дополнительные услуги, которые Вам понадобятся, такие как доработка, техническая поддержка, помощь в установке, настройке и т.д.</p> |
| <p>4logist http://www.4logist.com</p> | <p>Облачное решение для транспортной и логистической компании. Система позволяет упростить документооборот от получения заказа до выставления счета и акта. Упростить управление заказами и заявками. Получить отчетность по деятельности компании. Индивидуальные доработки позволят настроить систему под индивидуальные Ваши потребности.</p> |
| <p>Мегалогист https://mega-logist.ru</p> | <p>Программа на платформе 1С для комплексной автоматизации транспортной логистики. Позволяет создавать задания на перевозку, планировать маршруты в ручном и автоматическом режиме, контролировать выполнение рейсов в онлайн-режиме, проводить анализ KPI и рентабельности доставки. Есть мобильное приложение для водителей и курьеров.</p> |

| 1 | 2 |
|--|--|
| <p>ЯКурьер http://yacurier.ru/logresh/</p> | <p>Система для поиска, ведения транспорта и оптимизации работы отдела доставки, с функциональностью CRM. В системе можно отслеживать штатные машины, вести контрагентов, выставлять счета, формировать отчеты и размещать заявки, формировать оптимальные маршруты. Мобильное приложение для водителей и курьеров</p> |
| <p>TransTrade http://transoft.ru/</p> | <p>Программа для транспортных компаний и экспедиторов, а также любых логистических отделов предприятий, чья деятельность, так или иначе, связана с перевозками: грузоперевозки, автоперевозки, доставка и т.п.</p> |
| <p>БИТ: Автотранспорт http://www.1cbit.ru/1csoft/bit-avtotransport/</p> | <p>Система на базе 1С: Предприятие 8 комплексно автоматизирует все бизнес-процессы управления автотранспортом на предприятиях любого масштаба и отрасли.</p> |
| <p>Транс-Менеджер http://www.trans-manager.ru/</p> | <p>Программный комплекс управления автоперевозками, обладающий всем набором функциональности, которая требуется большинству транспортно-экспедиционных компаний</p> |
| <p>ABM Rinkai TMS http://tms.abmcloud.com/</p> | <p>Облачное SaaS решение, предназначено для автоматического планирования маршрутов доставки. В основе работы программы для логистики – уникальный алгоритм, который оптимально планирует маршруты, учитывая все ограничения, а также подбирает оптимальную последовательность выполнения маршрутов и наиболее подходящий с точки зрения технических возможностей и стоимости транспорта.</p> |
| <p>TRANSPORT MANAGER https://www.transport-manager.by/</p> | <p>Программой для автоматизации пассажирских перевозок. Ведение клиентской базы. Онлайн-бронирование. Приложение для водителей. SMS-уведомления. GPS-контроль</p> |
| <p>Путевые листы для 1С http://infostart.ru/public/275226/</p> | <p>Конфигурация для учета путевых листов в 1С с широкими возможностями и хорошо знакомым интерфейсом</p> |
| <p>BasketCargo http://basketcargo.ru/buy.html</p> | <p>Программа для грузоперевозок, которая умеет управлять процессом доставки грузов. Рабочее место диспетчера, мобильное приложение для водителя, СМС информирование, отчетность</p> |
| <p>АльфаКИТ http://www.alfakit.ru/</p> | <p>Программа по автоматизации грузовых перевозок и логистики. CRM-система (TMS-система), которая позволит упростить учет перевозок и автоматизировать все процессы транспортного предприятия. Решения для менеджера, логиста, диспетчера, бухгалтера, а также инструменты контроля для руководителя транспортного отдела</p> |

| 1 | 2 |
|---|---|
| 1С: TMS Логистика https://itob.ru/products/1c-tms/ | Комплексное решение для автоматизации транспортной логистики. Используется как система управления заказами. Решает задачу по автоматизации доставки материальных предметов или услуг от источника производства до потребителя продукции или услуг, формирует оптимальные маршруты. Объединяет звенья в цепи поставок, с учетом различных видов транспорта. Присутствует функционал по управлению транспортом и ГЛОНАСС мониторинг подвижных объектов |
| Экспедит https://expedit.su/ | Сервис для безопасного оформления документации, ведения рейсов и проверки контрагентов |
| Контроль и учет автотранспорта http://www.avto-uchet.ru/ | Программа предназначена для учета автомобильного транспорта и персонала (водителей) как в автотранспортных предприятиях, так и любых предприятиях имеющих автопарки. Позволяет контролировать своевременную выписку полисов ОСАГО, КАСКО, ОПО и прохождения Государственного и международного технического осмотра АТС (автотранспортное средство), также помогает контролировать периодическое медицинское освидетельствование водителей и срок действия водительского удостоверения |
| CargoCRM http://www.cargocrm.com | Бесплатная программа для автотранспортных компаний. Регистрация и контроль входящих, исходящих заявок или рейсов на перевозку груза. Составление различных комбинаций по заявкам. Отправка заявок по электронной почте с печатью и подписью компании |
| Корс Автопредприятие http://www.kors-soft.ru/optra3.htm | Профессиональная программа учета автотранспорта, путевых листов, расхода топлива и смазочных материалов, составления маршрутов движения транспортных средств на автотранспортных предприятиях. Типовые формы путевых листов для различных видов автотранспорта |
| Cargo.24 http://post.inpix.info/ | Программа для грузоперевозок, транспортных компаний и экспедиторов, которая позволяет контролировать процесс доставки груза и анализировать финансовое положение компании. Многопользовательский интерфейс с настройкой прав каждому пользователю |
| Грузоперевозки https://программагрузоперевозки.рф | Программа предназначена для автоматизации грузоперевозок, логистики. Программа полностью автоматизирует работу транспортной компании. Учет грузоперевозок. Расчет зарплаты. Обслуживание транспорта. Складской учет. Анализ качества работы предприятия |

Как показал проведенный анализ, в настоящее время имеется достаточно широкий арсенал программных продуктов для электронного документооборота и автоматизации транспортных процессов. Однако было установлено, что только в некоторых из них реализованы и то частично, отдельные элементы, отражающие такую важную сферу деятельности АТП, как безопасность дорожного движения. Универсальных программных продуктов автоматизации документооборота при управлении безопасностью дорожного движения на предприятии практически нет. Такая ситуация требует, как научного обоснования, так и практической реализации данного направления.

Внедрение электронного документооборота и автоматизированных систем управления безопасностью дорожного движения в практику автотранспортных предприятий позволит решить следующие задачи:

- создать единую базу данных, комплексно характеризующую систему человек-машина-среда-груз, применительно к специфике предприятия;
- обеспечить учет и анализ ДТП;
- контролировать сроки действия разрешительных документов;
- ускорить процедуру подготовки необходимой документации;
- обеспечить оптимальный подбор водителей на основе анализа баз данных, определяющих профессиональные и личностные характеристики водителей;
- отказаться от бумажных носителей.

Первые системы электронного документооборота для автотранспортных предприятий разрабатывались непосредственно на предприятиях и были полностью индивидуализированными. Дальнейшее развитие этого направления сопровождалось внедрением стандартных информационных систем документооборота.

Электронный документооборот в сфере безопасности дорожного движения (ЭДО БДД) - это система автоматизированных процессов обработки электронных документов.

Основным элементом электронного документооборота является электронный документ, создаваемый с помощью средств компьютерной обработки информации и хранящийся в виде файла того или иного формата на машинном носителе.

Внедрение системы электронного документооборота БДД позволяет АТП получить следующие преимущества:

- однократное внесение документа, позволяющее в дальнейшем безошибочно идентифицировать его в системе;
- одновременное выполнение нескольких операций, и повышающее оперативность необходимых управленческих решений;
- создание единой базы документов, без их дублирования;
- повышение эффективности поиска необходимой информации;
- система отчетности, позволяющая отслеживать информацию в режиме реального времени.

В рамках реализации электронного документооборота в сфере безопасности дорожного движения, разработан программный продукт, позволяющий сформировать, обработать, проанализировать и предложить оптимальное решение при подборе водителя [2.3].

Проблема подбора водителей в соответствии с требованиями, обусловленными спецификой вида перевозки, маршрута, используемого подвижного состава, на протяжении длительного времени остается важной научно-практической задачей. При этом, несмотря на очевидное стремление руководителей предприятия к унификации транспорта по типу, марке и модели, достичь этого достаточно сложно, что приводит к необходи-

мости качественного подбора персонала, соответствующего всем особенностям специфики предприятия, транспортной технологии и эксплуатируемого им автотранспорта.

С целью обеспечения эффективного и безопасного использования водителями транспорта предприятия должностные лица при подборе кандидатов и их последующем назначении вынуждены учитывать множество факторов, представляющих собой технические и психофизиологические требования, формирующие квалификационный портрет водителя, наиболее полно удовлетворяющего всем предъявляемым требованиям.

Для облегчения процесса первоначального подбора кадровым отделом автотранспортного предприятия кандидатов по профессии водитель была разработана программа для ЭВМ, обеспечивающая оценку сведений по более чем двадцати параметрам и позволяющая выполнить первоначальный отбор кандидатов [4,5,6].

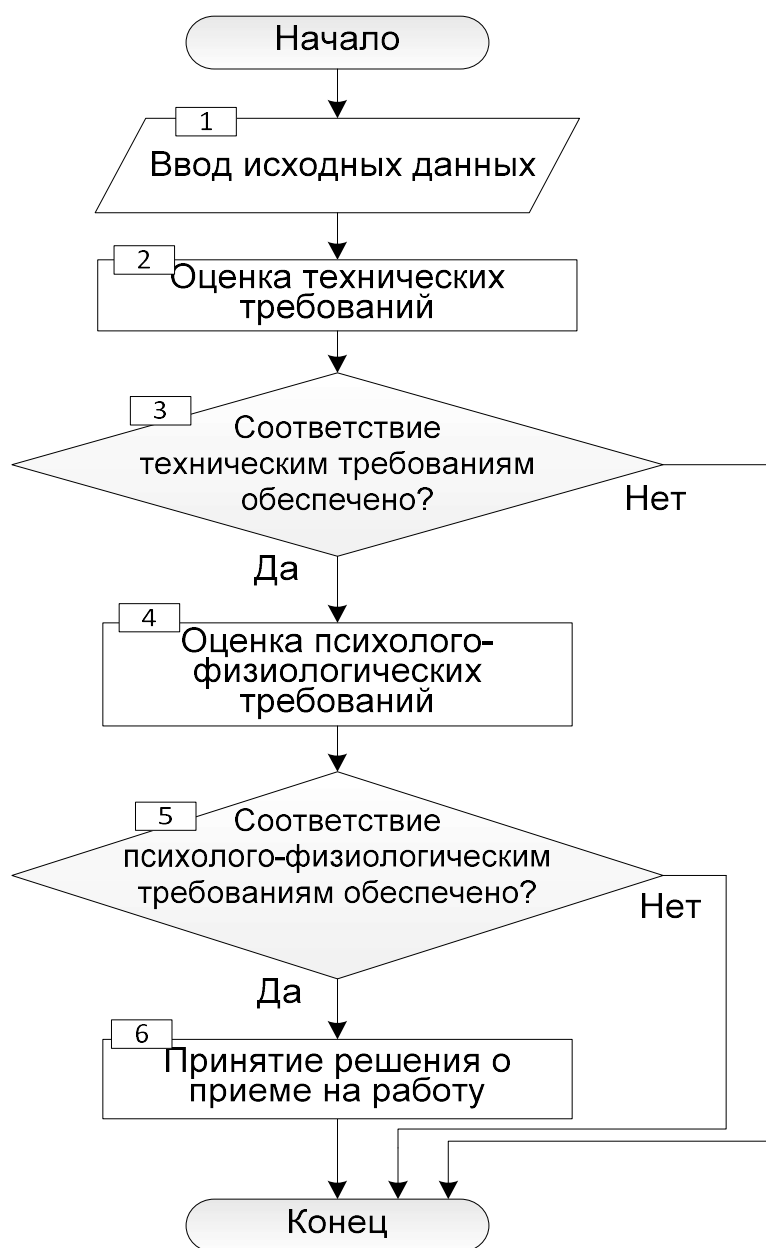


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма оценки кандидатов

Блок-схема итерационного алгоритма оценки кандидатов, поясняющая принцип функционирования программы, представлена на рис. 2.

Алгоритм включает в себя два этапа, на которых определяется соответствие кандидата техническим и психолого-физиологическим квалификационным требованиям.

В частности, технические требования к кандидату включают в себя:

- возраст, по шести категориям: до 20 лет, от 21 до 30, от 31 до 40, от 41 до 50, от 51 до 60 и старше 60 лет;
- открытые категории;
- наличие водительского удостоверения международного образца;
- опыт эксплуатации транспорта по маркам и моделям;
- обучение на курсах профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- допуски по перевозке опасных грузов и др.

При удовлетворении кандидата на рабочую профессию водитель техническим требованиям алгоритм предполагает переход к следующему этапу отбора: оценке психофизиологических требований к кандидатам, которые включают в себя:

- психологический тип человека: холерик, флегматик, сангвиник или меланхолик;
- семейный статус: женат/неженат, наличие детей;
- состояние здоровья в т.ч. наличие хронических заболеваний;
- склонность к нарушению внутреннего распорядка предприятия, определяется на основе анализа информации с прежнего места работы или учебы;
- участие в ДТП с оценкой степени тяжести ущерба.

При соответствии кандидата заданным психофизиологическим требованиям может быть принято положительное решение о его принятии на работу по профессии.

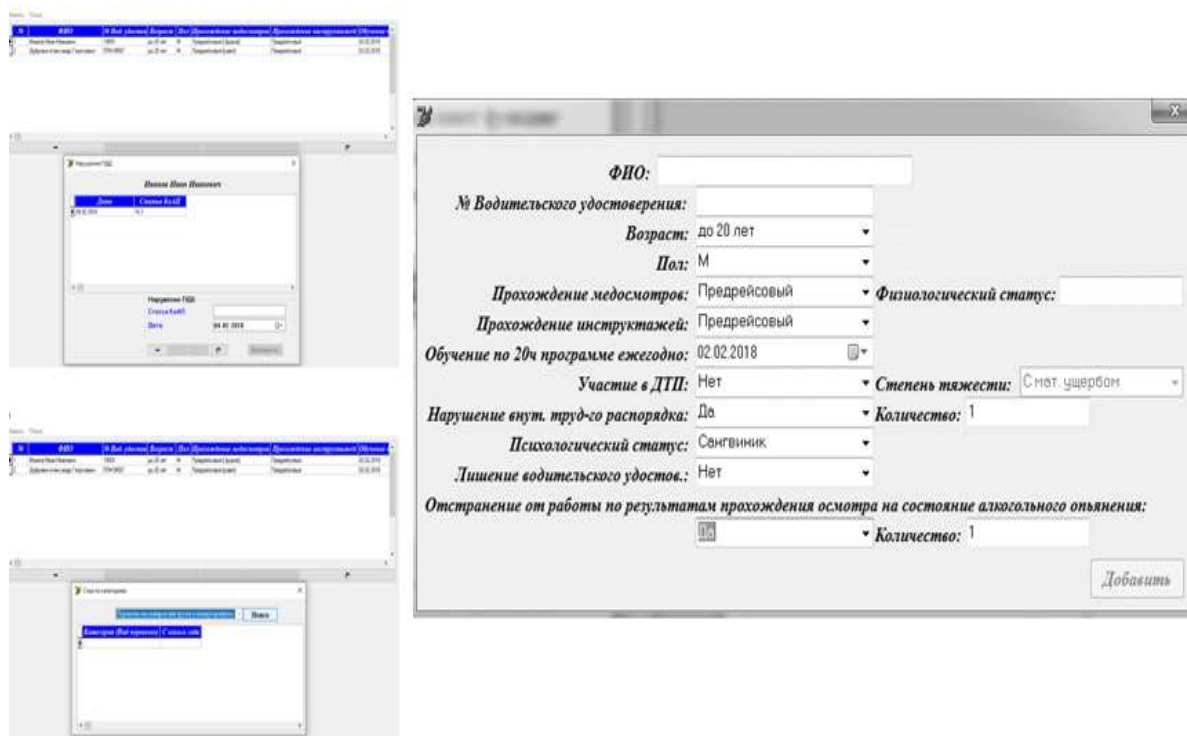


Рисунок 3. Интерфейс Программы для регистрации автомобилей

Программа обладает интуитивно понятным и удобным интерфейсом, не требующим от пользователя глубоких знаний и навыков и позволяющим ее освоить в короткий срок (рисунок 3).

Достоинством разработанной программы является возможность установки ее на любой ПЭВМ или ноутбук с операционной системой Windows XP и выше, с минимальными требованиями к производительности процессора и объему оперативной памяти. Программа может быть скорректирована и дополнена путем внесения в ее состав дополнительных сведений, учитывающих специфику транспортного предприятия.

Разработанная программа позволяет осуществить отбор квалифицированных сотрудников с учетом специфических особенностей конкретного транспортно-технологического процесса и тем самым обеспечить безопасность транспортного процесса.

Список литературы

- [1] *Назаренко А.* Система электронного документооборота для автотранспортного предприятия [Электронный ресурс] http://www.intertrust.ru/press_center/articles/view/798-sistema-elektronnogo-okumentooborota-dlya.htm
- [2] *Трясцин, А. П.* Формирование комплексной технологической безопасности автотранспортных систем [Текст] / А. П. Трясцин // Мир транспорта и технологических машин», №3 (42), 2013 г.-С-89-95;
- [3] Программа для регистрации автомобилей. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2018615496 от 08.05.2018. Заявка № 2018611199 от 07.02.2018.
- [4] *Баранов, Ю. Н.* Математическая модель построения алгоритма на основе структурного подхода при создании транспортных интеллектуальных систем [Текст] / Ю.Н. Баранов, Н.А. Загородних, А.П. Трясцин, А.С. Бодров//Мир транспорта и технологических машин. 2015. № 3 (50). С. 96-102.
- [5] *Кожуховская, Л.Я.* Модульное управление безопасностью транспортных процессов [Текст] / Кожуховская Л.Я., Игнатов А.В., Георгиев А.К.//Научная мысль. 2016. № 3.-С. 108-110.
- [6] *Соколов, С.С.* Процесс обеспечения транспортной безопасности как объект автоматизации [Текст] / Соколов С.С.//Фундаментальные исследования. 2014. № 11-1.-С. 46-51.

УДК 519.8:656.06

**УПРАВЛЕНИЕ «БОЛЬШИМИ ДАННЫМИ» - «BIGDATA»
АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ЭЛЕМЕНТ
ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНА**

**MANAGING BIG DATA OF PRODUCTION OF TRANSPORT SERVICES AS AN
ELEMENT OF DIGITIZATION OF THE ECONOMY OF THE REGION'S
TRANSPORT SYSTEM**

Ушаков Дмитрий Иванович

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Dmitrii Ushakov

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В статье анализируются возможности интеллектуальных технологий управления автотранспортным производством с целью выявления перспектив оптимизации операционной деятельности и процессов принятия управленческих решений на транспорте. Раскрывается необходимость анализа и управления "большими данными" в автотранспортном производстве. Исследуются направления внедрения цифровизации на автомобильном транспорте с целью развития автотранспортного комплекса региона.

Ключевые слова: *цифровые данные, технологии «bigdata», издержки производства.*

Abstract

The article analyzes the capabilities of intelligent technologies for the management of production of transport services in order to identify prospects for optimizing operating activities and management decision-making processes in transport. It reveals the need for analysis and management of "big data" in the production of transport services. The directions of the introduction of digitalization in road transport with the aim of developing a region's transport system are being investigated.

Key words: *digital data, big data technologies, production costs.*

Введение

Цифровые данные становятся ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности, что повышает конкурентоспособность страны, качество жизни граждан, обеспечивает экономический рост и национальный суверенитет [1].

В настоящее время цифровые данные становятся фактором, существенно влияющим на уровень транзакционных издержек производства, а, следовательно, и фактором, определяющим эффективность производства, в целом, в том числе, за счет их альтернативной ценности, как средства использования в новых целях и реализации новых бизнес-проектов. Цифровые технологии, оперирующие информационными массивами, со-

здают новую качественную аналитику для управления автотранспортными производственными процессами и основу для формирования интеллектуальных производственных систем на автомобильном транспорте [2].

1. Модели и методы

1.1. Постановка задачи

«Bigdata» — это различные инструменты, подходы и методы обработки как структурированных, так и неструктурированных данных, используемых для решения конкретных задач и целей в различных сферах деятельности человека, в том числе в бизнесе.

«Bigdata» обычно поступают из следующих источников:

- интернет (соцсети, форумы, блоги, СМИ и другие сайты);
- корпоративные архивы документов;
- показания датчиков, приборов и других устройств.

Анализ «Bigdata» о субъектах транспортной деятельности предусматривает проведение статистических наблюдений не по одному, а по множеству признаков.

Обозначим через m число таких наблюдений (количество субъектов), а через n - число признаков. Тогда результаты регистрации n признаков можно записать в виде [3]

$$X = \{ X_{s1}, X_{s2}, K, X_{sj}, K, X_{sn} \} \quad (1)$$

Все m наблюдений с характеристикой n признаков будут представлены матрицей порядка $m \times n$, т.е.

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_s \\ \dots \\ X_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & K & X_{1j} & K & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & K & X_{2j} & K & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{s1} & X_{s2} & K & X_{sj} & K & X_{sn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & K & X_{mj} & K & X_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

1.2. Методы исследования

В современном мире появились новые технологические возможности для анализа больших массивов данных, для того, чтобы человек мог получить конкретные и нужные ему результаты для их дальнейшего эффективного применения.

Анализ больших объёмов цифровой информации позволяет увидеть определённые и незаметные закономерности с целью оптимизации многих сфер нашей жизни — от государственного управления до производства и телекоммуникаций.

Идея использования «Bigdata» при оптимизации транспортных процессов заключается в том, чтобы компьютер смог отыскать алгоритмы принятия решений на основе анализа большого объема данных, которое человек не способен увидеть и обработать.

«Bigdata» становятся основой для создания и развития цифрового транспортного и логистического регионального пространства. Программные IT-решения позволяют

предоставить новые уникальные сервисы для пользователей транспорта, повышающие его безопасность, удобство и доступность.

Вместе с тем, это обуславливает необходимость совершенствования системы правового и технического регулирования, создания сквозных технологий и обеспечения информационной безопасности.

Основной задачей таких изменений должно стать снижение издержек на уровне транспортного бизнеса и оптимизация госрегулирования процесса управления транспортной системы региона.

1.3. Результаты исследований

В микроэкономике выделяется два вида издержек: трансформационные (издержки производства) и транзакционные. Первый вид непосредственно связан с производством и оказанием услуг, в том числе транспортных (например, заработная плата, затраты на топливо и т.д.).

Необходимость снижения издержек на уровне производства транспортных услуг требует внедрения соответствующих сервисов «Bigdata» по оптимизации потоков грузов, пассажиров, запасных частей, эксплуатационных материалов и пр.

Сервис на основе «Bigdata» системы технического обслуживания и ремонта направленный на оптимизацию расхода запасных частей, эксплуатационных и ремонтных материалов позволит сэкономить ресурсы на производстве ремонта и обслуживания транспорта.

«Bigdata» позволит коммерческой службе транспортных организаций лучше узнать своих потребителей и привлекать новую целевую аудиторию, оценить удовлетворённость клиентов, применять новые способы увеличения лояльности клиентов и реализовывать транспортные услуги, которые будут пользоваться спросом.

Развитие «BigData» в сфере планирования перевозок приведет к минимизации усилий со стороны клиента. Система сделает вывод, что если человек по одному и тому же адресу перемещается каждый день, то там расположен его дом, а где он большую часть времени проводит днем — работа. Поэтому вечером нужно будет только подтвердить, что пользователь планирует пользоваться тем же маршрутом и система управления расписанием перевозчика сможет автоматически запланировать рейсы. При этом, автоматически спишутся средства со счетов пассажиров.

Система цифрового пломбирования грузов, движущихся по территории регионов и страны позволит обеспечить грузоотправителя и грузополучателя информацией о фактическом местонахождении груза, скорости его движения и статусе. В случае, если такая система заработает, таможенный и весовой контроль в отношении перевозчиков и иных лиц будет осуществляться только в случае выявления движения транспортного средства без пломбы или с неработающей пломбой. Вся информация о грузах будет поступать заранее, и это позволит пропустить значительную часть транспортных средств в режиме «зеленого коридора», обеспечив увеличение скорости движения груза.

Использование «умных» контейнеров, содержащих специальные датчики способных отслеживать нахождение и состояние грузов, а также предупреждать перевозчиков о внешних, например, климатических угрозах для содержимого – изменение уровня атмосферного давления, температуры воздуха, позволят обеспечить большую сохранность грузов.

Таким образом, применение технологий обработки «Bigdata», интернета вещей в транспортной системе региона позволят на основе полной информации о рисках и угрозах перевозок, оптимизировать логистику доставки грузов и пассажиров, что в свою очередь даст резервы снижения затрат и экономического роста региональной экономики.

Наряду, с использованием цифровых технологий для снижения производственных издержек, ещё больший эффект от внедрения технологий «Bigdata» может возникнуть при оптимизации транзакций на транспорте.

Значительная часть затрат на транспорте связана с затратами ресурсов, которые не направлены непосредственно на производство транспортных услуг, но обеспечивают успешную реализацию транспортного процесса.

Транзакционные издержки – это издержки, которые возникают во время взаимоотношений субъектов транспортного бизнеса, государства, общества.

Выделяют следующие виды транзакционных издержек:

- издержки сбора и обработки информации,
- издержки принятия управленческих решений,
- издержки контроля и надзора за транспортной деятельностью,
- издержки юридического обеспечения перевозок.

В значительной мере, данный вид издержек зависит от существующих экономических институтов (относительно устойчивых, повсеместно используемых, формальных и неформальных правил и норм (законов, договоров, положений пр.), содержащих условия проведения и ограничения экономических действий, отношений, а также факторы принуждения для перевозчиков [4].

Примером может служить нормы Приказа Минтранса России от 15.01.2014 №7

"Об утверждении Правил обеспечения безопасности перевозок пассажиров и грузов автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом и Перечня мероприятий по подготовке работников юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих перевозки автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом, к безопасной работе и транспортных средств к безопасной эксплуатации"

К требованиям по обеспечению безопасности перевозок пассажиров и грузов субъектами транспортной деятельности относятся:

- 1) обеспечение профессиональной компетентности и профессиональной пригодности работников субъекта транспортной деятельности;
- 2) обеспечение соответствия транспортных средств, используемых в процессе эксплуатации, требованиям законодательства Российской Федерации о техническом регулировании;
- 3) обеспечение безопасных условий перевозок пассажиров и грузов, включая перевозки в особых условиях.

Обеспечение профессиональной компетентности и профессиональной пригодности водителей достигается:

- проведением профессионального отбора и профессиональной подготовки водителей;
- контролем состояния здоровья водителей, соблюдением режима труда и отдыха в процессе их работы;
- прохождением инструктажа по безопасности перевозок.

Субъект транспортной деятельности обязан в соответствии со статьей 20 Федерального закона от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ "О безопасности дорожного движения" организовывать проведение обязательных медицинских осмотров водителей. Субъект транспортной деятельности обеспечивает документальный учет и анализ результатов всех видов обязательных медицинских осмотров водителей с целью выявления работников, склонных к злоупотреблению алкогольными напитками, употреблению наркотических или иных средств, страдающих хроническими заболеваниями, влияющими на выполнение трудовых функций.

Субъект транспортной деятельности обеспечивает контроль соблюдения, установленного законодательством Российской Федерации режима рабочего времени и времени отдыха водителей.

В целях обеспечения безопасности перевозок субъект транспортной деятельности обязан обеспечить водителей информацией: о погодных условиях движения на маршруте, о местах организации отдыха и приема пищи, размещении объектов санитарно-бытового обслуживания, о местах стоянки транспортных средств, об особенностях обеспечения безопасности движения и эксплуатации транспортных средств при сезонных изменениях погодных и дорожных условий; о причинах и обстоятельствах возникновения ДТП, нарушений Правил дорожного движения, правил технической эксплуатации транспортных средств и других требований и норм безопасности дорожного движения, произошедших с участием водителей субъекта транспортной деятельности; о расположении пунктов медицинской и технической помощи, диспетчерских пунктов управления движением транспортными средствами и о порядке связи с этими пунктами и пр.

Внедрение соответствующей системы обработки и анализа вышеуказанных данных, в том числе с датчиков метеослужб, геоинформационных и навигационных подсистем, информационных служб, технических устройств контроля режима труда и отдыха водителей, позволят получить эффективный инструментальный конечному пользователю – должностному лицу перевозчика, ответственному за безопасность движения, в целях успешного решения задачи обеспечения профессиональной компетенции работников транспортной организации при минимальных затратах [5].

Решение задач обеспечения безопасности эксплуатируемых транспортных средств и безопасных условий перевозок пассажиров и грузов также может быть оптимизировано путем внедрения технологий обработки «Bigdata».

Массив цифровых данных о состоянии и характеристиках транспортных средств, получаемых с пунктов технической диагностики или непосредственно от бортовых устройств транспортных средств в онлайн режиме, датчиков состояния груза или пассажиропотоков, позволит субъекту перевозок обеспечить безопасность транспортных средств, используемых для выполнения перевозок пассажиров и грузов в процессе эксплуатации.

Сведется к минимуму риск выхода на линию технически неисправных транспортных средств или риск возникновения инцидентов, связанных с техническим состоянием подвижного состава. Снизятся ошибки и повысится оперативность в документарном учете процедуры выпуска на линию транспортных средств и регистрации сходов с линии, а, следовательно, повысится оперативность внесения корректирующих воздействий в процесс перевозок [6].

Использование данных об объектах дорожной инфраструктуры из геоинформационных и навигационных систем при перевозках крупногабаритных и опасных грузов позволит уменьшить вероятность аварийных ситуаций и размер экономического ущерба на транспорте.

На основе поступаемых «Bigdata» об инфраструктуре и транспортных средствах в реальном масштабе времени на основе технологий промышленного интернета вещей, необходимо создать единое цифровое пространство, обеспечивающее полноценный электронный документооборот, доступ пользователей ко всем сервисам на принципах «единого окна» и, главное, безаварийное и рациональное функционирование транспортной системы региона.

При этом, надо заметить, важность цифровых технологий обработки данных и с точки зрения государства, в лице контрольно-надзорных органов.

Актуальность применения таких технологических решений связана с тем, что контрольно-надзорные органы на транспорте заинтересованы в увеличении прозрачности деятельности поднадзорных транспортных организаций, в связи с чем повышаются требования к качеству надзорной информации, ее количеству и скорости ее получения. А органы контроля и надзора, отвечая новым вызовам, связанным с увеличением регуляторной нагрузки и конкуренции на рынке, заинтересованы в оптимизации своих внутренних процессов и минимизации расходов на сопровождение регуляторных требований.

Чтобы обеспечить должный уровень прозрачности поднадзорных организаций и безопасности перевозок, органам контроля и надзора на транспорте требуется собирать большее количество первичных отчетных данных и обрабатывать их.

Для успешного решения данной задачи мы говорим о SupTech-решениях — использовании цифровых технологий в надзорном процессе.

SupTech включает в себя технологии, позволяющие регуляторам оптимизировать и перестроить свои внутренние надзорные процессы в соответствии с цифровой трансформацией транспорта и экономики в целом.

Одна из причин актуальности SupTech в контрольно-надзорной деятельности на транспорте — в применении риск-ориентированного подхода к оценке деятельности перевозчика.

Так, в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 19 марта 2013 г. №236 «О федеральном государственном транспортном надзоре» федеральный государственный транспортный надзор осуществляется с применением риск-ориентированного подхода. При этом, проведение плановых проверок субъектов надзора в зависимости от присвоенной их деятельности категории риска осуществляется со определенной периодичностью.

Структурный углубленный анализ собираемых первичных данных может быть реализован с помощью алгоритмов, базирующихся на машинном обучении и искусственном интеллекте, для выявления нарушений и негативных тенденций в деятельности поднадзорных организаций.

В целом, технологии SupTech предназначены для автоматизации и оптимизации административных и операционных процедур, оцифровывания данных и рабочих инструментов, а также улучшения анализа слабо структурированных данных.

Субъекты транспортной деятельности направляют с контрольно-надзорные органы данные о характеристиках и условиях осуществления перевозочной деятельности в ре-

жиме реального времени в стандартизированной форме. Эти данные представляют собой сведения, агрегированные в виде, соответствующем целям риск-ориентированного анализа органов контроля и надзора на транспорте.

Главным достоинством такого подхода является отсутствие необходимости предоставлять одни и те же сведения несколько раз для разных целей, а также снятие с перевозчиков значительной части транзакционных издержек по агрегированию данных и расчёту аналитических показателей для отчётности.

Технологии BigData и машинного обучения позволяют проводить анализ взаимосвязей, обрабатывать неструктурированные данные, в том числе из внешних источников (СМИ, Интернет), и использовать его результаты для обнаружения потенциально опасных действий перевозчиков на рынке транспортных услуг и прогнозирования рисков дорожно-транспортных происшествий, что в конечном итоге, снижают затраты государства на контрольно-надзорную деятельность, одновременно повышая ее эффективность.

Список литературы

- [1] Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. №1632-р «Об утверждении Программы «Цифровая экономика Российской Федерации».
- [2] *Ефимова О., Лёвин Б.* «Умные» производственные системы на транспорте в формате индустрии 4.0 — элемент цифровой экономики России [Текст] // Дороги России. - 2017. - № 5.- с.11.
- [3] *Ушаков Д.И.* Исследование типов субъектов автотранспортного бизнеса с целью развития «умного» автотранспортного производства как элемента цифровой экономики России [Текст] // Вестник Липецкого государственного технического университета / Липецк, - 2018. - с.32-38
- [4] *Карташова А.К., Ушаков Д.И.* Оценка эффективности автотранспортных организаций с учетом институционального фактора экономики [Текст] // В книге: Тенденции развития современной науки. Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета: в 2-х частях. 2017. С. 543-545.
- [5] *Корчагин В.А., Ушаков Д.И., Сысоев А.С.* Транзакционные затраты транспортных организаций в соответствии с институциональной экономической теорией [Текст]//Фундаментальные исследования. - 2016. - № 1.- с. 146.
- [6] *Корчагин В.А., Ушаков Д.И., Комарова И.А., Сысоев Д.К.* Методические основы управления затратами на качество пассажирских автомобильных перевозок [Текст]//Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). -2007. -№ 1. - с. 72-76.

УДК 656.13

РАЗНОРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ В КОНЦЕПЦИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

HETEROGENEOUS DATA SOURCES ON THE REGIONAL INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

Хабибуллина Елена Леонидовна

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Elena Khabibullina

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Рассматриваются разнородные традиционные и нетрадиционные источники получения информации о характеристиках транспортного потока в соответствии с задачами интеллектуальной транспортной системы региона, проводится анализ подходов к обработке больших данных.

Ключевые слова: *разнородные источники данных, анализ больших данных, интеллектуальные транспортные системы*

Abstract

In this paper heterogeneous traditional and non-traditional information sources transport flow characteristics are considered in accordance with the tasks of the regional intelligent transportation systems. Possible approaches to processing data according to Big Data theory are considered.

Key words: *Heterogeneous data sources, Big Data Theory, intelligent transportation systems*

Введение

В концепции «Умный город» большая роль отводится созданию интеллектуальных транспортных систем, которые позволят решить ряд важных задач граждан, бизнеса и власти: повышение эффективности использования дорог; снижение воздействия на окружающую среду; оптимизация транспортных потоков в зависимости от пассажиропотока, потребностей бизнеса, условий окружающей среды; снижение вероятности ДТП; гарантированная эффективность общественного транспорта; обеспечение быстрого оповещения экстренных служб при происшествиях.

Решение перечисленных задач возможно при комплексном анализе актуальной информации из разных источников, таких как, датчики автомобилей, GPS-трекеры, сотовые телефоны пешеходов, водителей и их пассажиров, камеры видеонаблюдения, RFID-метки, сенсоры на дорогах и др., что приводит к ежедневному сбору больших объемов разнородных данных. Все участники интеллектуальной транспортной системы (ИТС) ведут себя как поставщики и потребители данных.

Причинами роста объемов данных является увеличение числа источников данных (появление новых типов датчиков и коммуникационных возможностей в транспортных средствах и транспортной инфраструктуре); использование участниками ИТС средств массовой информации (в том числе социальных сетей); применение современных инфор-

мационно-коммуникационных технологий (ИКТ) (облачные вычисления, Интернет вещей и т.д.) [1]. Таким образом, в области ИТС возникает проблема больших данных.

Основные проблемы в ИТС заключается в том, как собирать, и в том, как обрабатывать и моделировать большие объемы неструктурированных данных (которые не могут быть эффективно обработаны традиционными подходами) для последующей аналитики.

Таким образом, существует потребность в разработке инновационных сервисов и приложений, способных обрабатывать и выводить информацию в режиме реального времени для обеспечения поддержки принятия решений участниками ИТС, а также прогнозировать сложные ситуации, связанные с трафиком, прежде чем они произойдут, и принимать упреждающие меры.

1. Природа разнородных источников данных

Данные, агрегируемые в ИТС, могут быть двух типов [2]: "созданные цифровыми" или "созданные аналоговыми".

Первый тип данных создается участниками ИТС или устройствами/датчиками специально для использования в компьютерной обработке. Примеры данных "созданные цифровыми":

- геолокационные данные;
- метаданные, состояния и местоположения, используемого мобильными устройствами, подключенного к различным сетям (GSM, Wi-Fi, etc);
- данные, полученные от транспортных средств и объектов инфраструктуры ИТС;
- информация по транспортным картам и терминалам в общественном транспорте;
- сообщения электронной почты, SMS, в различных мессенджерах и социальных сетях, метаданные телефонных звонков.

Данные, «созданные аналоговыми», возникают как след от физического явления (свет, звук, движение, наличие химического или биологического соединения, магнитное сопротивление и т.д.) на чувствительном устройстве и его последующего преобразования в цифровой сигнал. Датчики могут включать камеры, микрофоны, устройства обнаружения магнитного поля, пульсометры, акселерометры, тепловые датчики и др. Примеры данных:

- видеопотоки с камер наблюдения, беспилотных летательных аппаратов, камер для фиксации нарушений;
- аудио содержание голосовых телефонных звонков;
- данные с акселерометров, компасов, с датчиков температуры, инфракрасного излучения, электромагнитного поля, атмосферного давления и т.д.
- физические и медицинские данные с носимых устройств участника ИТС;
- данные с радаров, устройств, анализирующих REF-L-метки.

На начальном этапе сбора данных действуют два механизма фильтрации, ограничивающие объем получаемых данных. Первый фильтр – это конструктивные требования (и, следовательно, ограничения), предъявляемые к любому датчику или записывающему устройству. Второй фильтр – ограничения скорости наблюдения регистрируемых или контролируемых событий скоростью записи и передачи данных. Так как потенциальная ценность полученных данных может быть не распознана на этапе проектирования системы, необходимо обеспечить, чтобы не была отброшена потенциально полезная информация.

Источники данных для ИТС с точки зрения теории больших данных можно классифицировать по трем категориям: конъюнктурный сбор данных, целенаправленный сбор

данных и краудсенсинг. Конъюнктурный сбор данных предполагает использование данные, собираемых для одной цели, для анализа другой. Например, логи мобильного оператора (данные о мобильности граждан можно получить в режиме реального времени). Краудсенсинг позволяет сотовому оператору анонимно собирать информацию с датчиков пользователей и далее использовать ее для мониторинга, планирования и различных сервисов. Основная сложность такого подхода состоит в том, что владельцы датчиков делятся подобными данными неохотно.

2. Методы больших данных для анализа разнородных данных регионального интеллектуального транспортного центра

Методы больших данных опираются на ряд ключевых технологий, позволяющих структурировать данные и извлекать необходимые значения на высокой скорости для весьма разнообразных и неоднородных источников данных:

- анализ потоковых данных в режиме реального времени;
- параллельные вычисления;
- разбиение неструктурированных и частично структурированных наборов данных в более простые и структурированные подмножества;
- новые аналитические интегрированные системы (достаточно много свободно расширяемых систем);
- облачные сервисы для хранения и обработки данных.

Для агрегирования, манипулирования и визуализации существует целый ряд методов и инструментов: они опираются на опыт в ряде областей, включая статистику, информатику, прикладные технологии, математику и экономику.

Методы анализа больших данных могут быть сгруппированы по следующим категориям [5]:

- методы слияния данных: методы консолидации данных, полученных из нескольких источников, таких как данные о местоположении мобильных телефонов и GPS-модулями автомобилей;
- интеллектуальный анализ данных: методы извлечения паттернов из больших наборов данных, таких как, отношения между отдельными узлами в транспортной сети;
- методы оптимизация: методы реорганизации сложных систем и процессов для повышения их производительности;
- методы визуализация: методы, используемые для создания графиков, диаграмм или анимации результатов исследования, например, карты трафика. Методы визуализации используются на каждом этапе анализа данных, для обеспечения понимания смысла полученных результатов.

При выборе источника данных важно учитывать объем и качество получаемого набора данных. Данные, полученные из одного источника, как правило, считаются «чистыми» и точными. В большинстве случаев данные для анализа являются неоднородными: включает неверные, неправильно помеченные, пропущенные или потенциально ложные данные в своем собственном формате несовместимом с другими источниками данных. Очистка данных и подготовка их к аналитическому исследованию является не тривиальной задачей.

В результате анализа отдельных наборов данных могут быть получены определенные выводы, но реальный потенциал для новых знаний опирается на расширение возможностей применения аналитических методологий к многочисленным источникам данных.

Методы слияния данных сочетают и объединяют несколько разнородных наборов

данных, создавая или улучшая представление реальности, анализ которой можно использовать в ИТС. Например, алгоритмы слияния данных помогают получить входные данные для беспилотных транспортных средств из источников, по которым можно определить пространственное расположение транспортного средства: сигналы от датчиков движения колеса, акселерометров, магнитометров, датчиков сигнала сотовой сети, камер, лазерных сканеров и GPS. Отдельные наборы данных удаляются.

В случае интегрирования или агрегирования данных наборы данных сопоставляются и объединяются на основе общих атрибутов и переменных, но каждый отдельный набор данных сохраняется.

Алгоритмы интеллектуального анализа данных отличаются от традиционных методов анализа баз данных тем, что не предполагают наличие модели, описывающей отношения в данных, не требуют специальных запросов, на которых можно основывать анализ: используются алгоритмы обнаружения паттернов, которые не проявляются в отдельных или объединенных наборах данных [3].

В алгоритмах интеллектуального анализа данных применяются следующие типы операций:

- классификация: объекты или явления классифицируются по известным категориям;
- кластеризация: в исходных данных ищутся закономерности и сходства.
- регрессия: численные величины прогнозируются согласно полученной регрессионной модели.
- ассоциация: идентифицируются связи между элементами в одном или объединенных наборах данных.
- обнаружение аномальных данных: выявляются выбросы или разрывы в наборах данных.
- обобщение, табулирование и представление основных характеристик в наборах данных.

Интеллектуальный анализ данных может проводиться на примерах взаимосвязей, указанных аналитиком, или с помощью алгоритмического обнаружения шаблонов. В последнем случае выявляются закономерности, а не их значимость.

Моделирование помогает проверить гипотезы о влиянии и важности различных переменных в ИТС. Упрощая реальные явления, модели помогают характеризовать, понимать, количественно оценивать и визуализировать отношения, которые трудно понять в сложных системах.

Построение моделей требует данных о базовых условиях и понимания природы отношений, либо причинно-следственных связей между несколькими явлениями.

Появление методов анализа больших данных резко увеличило масштабы, охват и доступность моделирования, но следует отметить, что адекватность моделей определяется не количеством и качеством исходных данных, а качеством построения модели. Хорошо построенные модели, даже на разреженных данных, могут быть более эффективными, чем плохо разработанные модели, работающие с большими наборами данных в реальном времени.

Важными инструментами для анализа больших данных являются средства визуализации, которые позволяют представить результаты исследований в доступной форме, например, интерактивная карта города, на которой показана загруженность дорог в различное время суток. По мере увеличения объемов данных и использования этих данных, средства визуализации должны адаптироваться и совершенствоваться: диаграммы и огромные таблицы на весь документ не смогут донести информацию до участников ИТС в доступной форме.

3. Обсуждение полученных результатов

На сегодняшний день существует достаточно источников, которые смогут обеспечить региональные ИТС огромными объемами данных в реальном времени. Некоторые из этих источников (например, используемые в интеллектуальных подключенных транспортных средствах) могут производить огромное количество данных в час, и хранение и анализ этих данных является сложной задачей. Необходима комплексная аналитика для извлечения ценной информации.

Существующие и разрабатываемые методы Big Data позволяют эффективно управлять, передавать, интерпретировать, агрегировать и анализировать собираемые данные. Эти технологии значительно повышают эффективность и удобство использования ИТС, обеспечивая значительный экономический и социальный эффект. Но роль аналитика, интерпретирующего полученные результаты, а также контролирующего правильность причинно-следственных связей на этапах поиска паттернов среди разнородных данных и построения моделей остается очень важной и безоговорочной.

В дальнейшем планируется рассмотреть существующие архитектуры для агрегации источников разнородных данных и при необходимости предложить свой вариант концептуальной и функциональных моделей, исходя из задач, ставящихся перед региональными ИТС.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-71-10034)

Список литературы

- [1] *Guilherme Guerreiro, Paulo Figueiras, Ricardo Silva, Ruben Costa, Ricardo Jardim Goncalves* An Architecture for Big Data Processing on Intelligent Transportation Systems An application scenario on highway traffic flows. IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems. – 2016. – P. 66 – 72.
- [2] Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад». Технологии для умных городов. Доклад. — СПб.: [2] Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2017. — 110 с. — URL: http://www.csr-nw.ru/files/publications/doklad_tehnologii_dlya_umnyh_gorodov.pdf (дата обр. 20.09.2018).
- [3] *PCAST*. Big Data and Privacy: A Technological Perspective. s.l.: President's Council of Advisors on Science and Technology: Executive Office of the President. – 2014. – URL: https://bigdatawg.nist.gov/pdf/pcast_big_data_and_privacy_-_may_2014.pdf (дата обр. 18.09.2018).
- [4] Big Data and Transport Understanding and assessing options. Corporate Partnership Board Report. Paris, 2015. – 66 p.
- [5] *McKinsey & Company* Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. McKinsey Global Institute, 2011. – 20 p.

УДК 656.07

ОЦЕНКА КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА РАБОТНИКОВ АВТОТРАНСПОРТА
ESTIMATION OF PERSONNEL POTENTIAL OF MOTOR TRANSPORT WORKERS

Чиликина Инара Александровна, Мактамкулова Гульсим Арыстамбековна,
Ризаева Юлия Николаевна

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Inara Chilikina , Gulsim Maktamkulova, Iuliia Rizaeva
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Раскрыто содержание понятия «кадровый потенциал», рассматриваются его компоненты. Интеллектуальный капитал выделен как главная характеристика управления дорожно-транспортной компанией; определены основные факторы успеха, методы развития кадрового потенциала. Дана формула расчета эффективности кадрового потенциала. Аргументируется позиция повышения уровня кадрового потенциала автотранспортной компании, ведущая к улучшению качества услуг автотранспортного предприятия.

Ключевые слова: *автотранспортное предприятие; автотранспортные услуги; развитие кадрового потенциала; интеллектуальный капитал; кадровая политика.*

Abstract

The content of the concept “personnel potential” is disclosed, its components are considered. Intellectual capital was singled out as the main characteristic of the management of a road transport company; identified the main factors of success, methods of development of personnel potential. A formula is presented showing the role of human potential in increasing labor productivity. The position of improving the quality of personnel potential of a motor transportation company, leading to an improvement in the quality of motor transport service, is substantiated.

Key words: *motor company; motor transport services; human resource development; intellectual capital; personnel policy.*

Свободное предпринимательство, рыночная экономика и жесткая конкурентная среда вынуждают предприятия прогнозировать и планировать свою деятельность, разрабатывать производственные планы с учетом быстро меняющихся социально-экономических условий и своих ресурсных возможностей, включая человеческие. Человеческие ресурсы являются главной производительной силой общества.

В современной практике управления человеческими ресурсами большое значение имеет понятие «кадровый потенциал».

Кадровый потенциал предприятия является количественной и качественной характеристикой персонала как одного из видов ресурсов, связанных с выполнением его функций, требований и достижением целей долгосрочного развития предприятия. До недавнего времени вопросы оценки и, тем более, развития человеческого потенциала не были столь актуальными, а потому им не уделялось должного внимания.

Между тем, это не только существующие и потенциальные возможности сотрудников, как единой команды, с их собственными правилами, нормами, обычаями и тради-

циями, которые используются и могут быть использованы в определенный момент времени, но и важный ресурс, который требует постоянного развития, капиталовложения, а самое главное понимания его места и роли в управлении предприятием. [1].

Наряду с этим важно понимать, что кадровый потенциал это и возможности определенной категории сотрудников, специалистов, других групп работников, которые могут быть приведены в действие в процессе жизнедеятельности организации в соответствии с должностными обязанностями, коллективными целями, а также долгосрочными перспективами руководства на определенном этапе развития предприятия. Понятие «кадровый потенциал» рассматривает совокупного работника не просто как участника производства и носителя организационной культуры, но и как неотъемлемое и движущее составляющее всех стадий процесса. Будучи «носителем» общественных ценностей, он также выполняет функцию целеполагания, и как объект управленческого воздействия реализует стратегические и тактические цели развития организации, а порой и сам выступает как субъект, принимающий управленческое решение, которое приводит к различным производственным последствиям.

Многие специалисты, ответственные за работу управления персоналом на предприятии, не видят в своих сотрудниках, особенно занятых физическим трудом, чего-то большего, чем просто категорию «рабочий» [2].

На многих предприятиях сохранилась тенденция ведения учетно-статической работы в отношении своих сотрудников в плане кадрового управления. Кто-то понимает важность отделения понятий персонал и человеческие ресурсы от категории «кадры», а кто-то понимает важность разделения подходов к управленческим категориям. И поэтому когда мы говорим про кадры, то здесь в первую очередь мы понимаем должностные инструкции сотрудников, со всеми их правами и обязанностями, в то время как персонал и человеческие ресурсы являются проекцией кадрового потенциала и в свою очередь непосредственной составляющей интеллектуального капитала автотранспортного предприятия (АТП).

Следует отметить достаточно низкий уровень решения проблем, связанных с кадровым обеспечением автотранспортного предприятия вне зависимости от формы собственности предприятия. Исторически сложилось неверное впечатление о роли и важности труда работников автотранспортных организаций. К сожалению, это привело к понижению престижности профессий, которые актуальны на АТП [3].

Основное состояние персонала АТП как субъекта человеческого потенциала играет значительную роль в процессе его дальнейшего развития.

Казалось бы, во всех регионах страны есть автотранспортные предприятия, только где-то дела идут лучше, эффективность производства выше, травматизм ниже, поскольку везде отличается понимание важности развития кадрового потенциала. При обобщении результатов многочисленных исследований были выделены некоторые черты, характерные для автотранспортного персонала в целом. Средний возраст работников АТП составляет 45 лет для крупных и средних и 35 лет для мелких предприятий. Менеджеры среднего звена и ведущие специалисты в основном имеют высшее образование. На предприятиях меньшего масштаба определилась тенденция увеличения доли молодых специалистов, где средний возраст сотрудника это 30 лет и практически все имеют высшее образование в области экономики или управления. Поскольку контингент сотрудников имеет в основном высшее образование, с малым процентом сотрудников средне-специального образования, все это говорит о том, что люди занятые в этой сфере ориентированы на профессиональное совершенствование, поэтому от того, как будет реализовываться их интеллектуальный, эмоциональный, человеческий и в целом потенциал как работника будет зависеть дальнейшее будущее не только их карьеры, но и отрасли в целом.

Влияние качества предоставляемых автотранспортных услуг и уровня кадрового потенциала АТП заключается в следующем: повышение качества кадрового потенциала

предприятий транспортной отрасли способствует улучшению качества предоставляемых транспортных услуг.

Специфика влияния персонала на эффективность технической эксплуатации автомобилей сказывается в следующем [4]:

- персонал оказывает непосредственное влияние на качество функционирования автомобиля, цеха, начиная от выполнения конкретных операций до управления процессами технического обслуживания и ремонта;

- персонал является обучаемым объектом управленческого воздействия, поведение и параметры которого могут быть изменены, что отразится на результатах функционирования всего предприятия;

- знания об особенностях технологических характеристиках потенциальных возможностях ресурсов труда и оборудования сознательно преобразуются персоналом в конечный продукт.

- во время профессиональной карьеры персонала происходят значительные, а иногда и фундаментальные изменения в качестве продукции. Меняются дизайн, сложность и принципы работы персонала, а также требования к самому персоналу. Эти обстоятельства требуют почти непрерывного развития персонала и определенного универсализма и динамизма его знаний и навыков, а также понимания того, что не каждый персонал будет готов к технологическим изменениям, которые потребуют от него реализовать свой потенциал, изменить обычный ход операций и навыки рефлексивного профессионального поведения.

Эффективность функционирования производства \mathcal{E} в общем виде определяется отношением результата производства к использованным (затраченным) ресурсам [2]:

$$\mathcal{E} = \frac{\Pi}{P_{\text{mat}} P_{\text{эн}} P_{\text{ин}} P_{\text{эк}}}, \quad (1)$$

где Π – результат функционирования производства; P_{mat} – ресурсы материальные; $P_{\text{эн}}$ – ресурсы энергетические; $P_{\text{ин}}$ – ресурсы информационные; $P_{\text{эк}}$ – ресурсы экологические (затраты, связанные с устранением экологических потерь от функционирования производства).

В последнее время всю большую популярность завоевывает новая методика в повышении кадрового потенциала сотрудников – система ключевых показателей эффективности. Индикаторы эффективности в этом случае для каждой должности прописываются отдельно и независимо друг от друга, но согласно единой парадигме управления предприятия. Данные достижения должны быть прозрачны на всех уровнях организационной структуры предприятия, а требования, предъявляемые для их реализации должны быть понятны и конкретизированы всем сотрудникам. Данная методика оценки предполагает, что для каждой должности в компании разработаны две модели текущих результатов и компетенций.

В первой перечислены все критерии, по которым должна оцениваться производительность сотрудника: количественная и качественная, групповая и индивидуальная.

Во второй – компетенции, необходимые для этой должности: корпоративная, управленческая, техническая и экспертная. Из двух моделей выбираются основные показатели для оценки результатов работы сотрудника в течение определенного периода времени и фиксируются в таблице его личной деятельности. Компетенции в этом случае равны качественным результатам его работы. Непосредственный руководитель сотрудника назначает вес от 0 до 1 для каждого из выбранных индикаторов.

При этом он ориентируется не только на собственные приоритеты, но и на стратегические задачи, которые стоят перед организацией в данный момент ее развития. Суммарный вес показателей должен быть равен единице.

Такая комплексная система ключевых показателей эффективности деятельности позволяет не только внести прозрачность и объективность в оценку кадрового потенци-

ала сотрудников, но и является также мотивационным инструментом, не только сотрудников в отношении которых разрабатываются индикаторы эффективности, но и для руководящего состава персонала, поскольку именно он задает планку и вектор развития организации [5].

Развитие кадрового потенциала предприятия является комплексной функцией управления персоналом и предполагает, что в процессе развития происходят прямые капиталовложения в работников, где под капиталом будет пониматься не только финансы и материальные блага, но самое главное и время, и люди, ответственные за реализацию такого, эфемерного на первый взгляд, понятия как 'кадровый потенциал'. Эти капиталовложения направлены на повышение конкурентоспособности сотрудников и как следствие, конкурентоспособности предприятия. Функция развития кадрового потенциала должна включать следующие комплексные функции управления: оценка кадрового потенциала организации, деловая оценка персонала организации, с помощью Ассесмент-центра, профессиональное развитие работников, управление карьерой сотрудников по вертикали и горизонтали (повышение в должности и ротация кадров) [6].

Все это должно быть частью комплексного подхода не только в рамках кадровой политики организации, но и целенаправленного развития философии управления организации и глобального понимания важности и необходимости развития кадрового потенциала сотрудников. Только при комплексном подходе развития кадрового потенциала, философия организации способна обеспечить социально-экономические интересы трудового общества в рамках стратегии развития предприятий. Поэтому формирование и реализация всестороннее развитой кадровой политики автотранспортного предприятия, определение ее важнейших целей, задач, приоритетов и направлений развития является актуальной необходимостью на каждом этапе развития предприятия, а с учетом быстро меняющихся социально-экономических условий должно стать приоритетом в вопросах управления предприятия.

Список литературы

- [1] *Базарова Т. Ю., Еремина Б. Л.* Управление персоналом: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ, 2002. – 560 с.
- [2] *Питерс, Т.* В поисках эффективного управления: пер. с англ. / Т. Питерс, Р. Уотермен. – М.: Прогресс, 1986. – 424 с.
- [3] *Залукаева, Н. Ю.* Современные проблемы адаптации предприятий автотранспортной отрасли в условиях рыночной экономики / Н. Ю. Залукаева, А. А. Титова // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок и безопасности движения: I Всерос. науч.-техн. конф., Саратов: СГТУ, 2013. – С. 33 – 39.
- [4] *Шашкова, И. Г.* Управление трудовыми ресурсами на предприятиях автомобильного транспорта: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / И. Г. Шашкова, Н. В. Бышов, Е. В. Лунин [и др.]. – Рязань: РГАТУ, 2013. – 213 с.
- [5] *Чиликина И. А., Евстратова Е. А.* Разработка и внедрение системы ключевых показателей эффективности на предприятии // Современные исследования проблем управления кадровыми ресурсами: I Межд. науч.-практ. конф. М.: Московский технологический университет. 2016. – С. 6 - 8.
- [6] *Чиликина И. А., Герасименко А. А.* Функционирование кадрового резерва в организации // Современные исследования проблем управления кадровыми ресурсами: II Межд. науч.-практ. конф. –М.: МТУ. 2017. с. 6.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ
И УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМИ
ПРОЦЕССАМИ И КОМПОНЕНТАМИ**

УДК 004.054

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
БАЗАМИ ДАННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**METHOD FOR ASSESSING THE PERFORMANCE OF DATABASE MANAGE-
MENT SYSTEMS FOR AUTOMOBILE OPERATING COMPANY**

Абалуев Роман Николаевич¹

¹ Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

Roman Abaluev¹

¹ Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы, посвящённые нагрузочному тестированию СУБД информационных систем автотранспортных предприятий. Проведен анализ современных подходов для тестирования производительности СУБД, по результатам которого предложена методика оценки производительности систем управления базами данных, заключающаяся в нагрузке системы синтетическими тестами с одновременным мониторингом ее ключевых показателей.

Ключевые слова: автоматизация автотранспортного предприятия, нагрузочное тестирование, система управления базами данных, мониторинг, транзакция.

Abstract

The article discusses issues related to load testing of databases of information systems of motor transport enterprises. The analysis of modern approaches for DBMS performance testing was carried out. Based on the results of this study, a methodology was proposed for evaluating the performance of database management systems, which consists in loading the system with synthetic tests while monitoring its key indicators.

Key words: automation of automobile operating company, load testing, database management system, monitoring, transaction.

Деятельность автотранспортных предприятий имеет серьезное значение как для благополучной жизни населения страны, так и для нормального функционирования агропромышленного комплекса. Если рассматривать причины, влияющие на эффективность агропромышленного производства, то к наиболее значимым факторам исследователи относят уровень оснащенности автотранспортных предприятий передовым технологическим оборудованием и технологиями [1].

Современное автотранспортное предприятие, которое представляет собой сложную динамическую систему, состоящую из административной, обслуживающей, технической и эксплуатационной составляющих, невозможно себе представить без автоматизированной системы транспортной логистики, позволяющей учитывать всю специфику заказов, подбирать оптимальный транспорт, строить эффективные маршруты и контролировать их выполнение [2].

Сегодня на отечественном рынке представлено большое количество информацион-

ных систем для автоматизации управленческого и оперативного учета в автотранспортных предприятиях и организациях. В нашей стране традиционно популярны решения фирмы 1С, в частности для комплексной автоматизации автотранспортного предприятия конфигурация «1С: Предприятие 8. Управление Автотранспортом» [3].

При внедрениях таких решений на средних и крупных предприятиях используется трехуровневая архитектура, абстрактно представляющая информационную систему в виде совокупности трех компонентов: подсистемы базы данных, сервера приложений и клиентского приложения.

Наиболее значимым компонентом данной архитектуры является система управления базой данных (СУБД), от надежности и производительности которой зависит эффективность работы всей корпоративной информационной системы (КИС).

Современные подходы к разработке методики оценки производительности СУБД основываются на использовании нагрузочного тестирования с одновременным мониторингом основных показателей СУБД и операционной системы (ОС). Целью проведения нагрузочного тестирования является измерение времени отклика для операций на разных нагрузках и при разных параметрах конфигурации сервера баз данных. Анализ этих параметров позволяет подобрать набор оптимальных конфигурационных параметров для исследуемой информационной системы.

В основе стандартных тестов оценки производительности СУБД заключается применение заранее заданного набора транзакций и их описаний. Поэтому любой тест характеризуется структурой БД, транзакциями, количеством пользователей, выполняющих доступ к БД. Стандартные тесты эффективны, если доказана адекватность их структуре базы данных, а описание транзакций адекватно описанию запросов, выполняемых компонентами информационной системы.

К наиболее популярным стандартным тестам можно отнести: набор тестов Set Query Benchmark, тесты семейства TPC; тест Engineering Database Performance, набор тестов AS3AP, тест Wisconsin Benchmark.

Традиционно наибольшей популярностью пользуются методики тестирования TPC, которые состоят из следующих тестов оценки производительности: TPC-A, TPC-B, TPC-C, TPC-D, TPC-E, TPC-H и TPC-W.

Используемая в предлагаемой методике тестовая система TPC-C является развитием методик TPC-A и TPC-B. Для эмуляции нагрузки по тесту TPC-C было использовано решение HammerDB, которое является open source инструментом для нагрузочного тестирования СУБД Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, TimesTen, MySQL, MariaDB, PostgreSQL, Greenplum, Redis, Amazon Aurora [4].

Рабочая нагрузка HammerDB основана на методике, опубликованной в спецификации TPC-C [5]. Данная реализация является открытым инструментом, не оптимизированным для какого-то конкретного решения на базе оборудования определенного вендора. Рабочие нагрузки HammerDB спроектированы так, чтобы быть надежными, масштабируемыми и проверенными для получения точных, повторяемых и согласованных результатов.

Следует учитывать, что, как и любой тест, основанный на спецификации TPC-C, инструментарий HammerDB предназначен для измерения относительной, а не абсолютной производительности базы. Это означает, что при повторном запуске на одной и той же системе теста с идентичными параметрами, будет получен точно такой же результат в рамках погрешности, которая обычно не превышает 1%.

Разработанная методика тестирования заключается в последовательной нагрузке си-

стемы тестами HammerDB с одновременным мониторингом ключевых показателей сервера. Для мониторинга производительности использовались счетчики системного монитора Windows Server, сенсоры системы мониторинга PRTG, счетчики производительности MS SQL Server.

Работа данной методики была апробирована на корпоративной информационной системе управления автотранспортом «1С: Предприятие 8. Управление Автотранспортом» для оценки результатов от внесения изменений в конфигурацию СУБД и настройки виртуальной машины гипервизора VMware vSphere.

Нагрузочное тестирование Microsoft SQL Server 2014 производилось с использованием open-source инструментария HammerDB, который обеспечивает генерацию OLTP нагрузки (70% чтение и 30% записи) с 8k случайным доступом на чтение и запись (доступ к файлам данных БД) и 64k последовательную запись (доступ к файлам журнала транзакции БД).

Тестирование проводилось до и после внесения изменений в настройку конфигурации виртуальной машины и настроек MS SQL Server.

В результате выполнения теста с приведенными настройками, производилась нагрузка MS SQL Server в три периода, каждый по 5 минут с интервалом между ними в 1 минуту (рис. 1.).

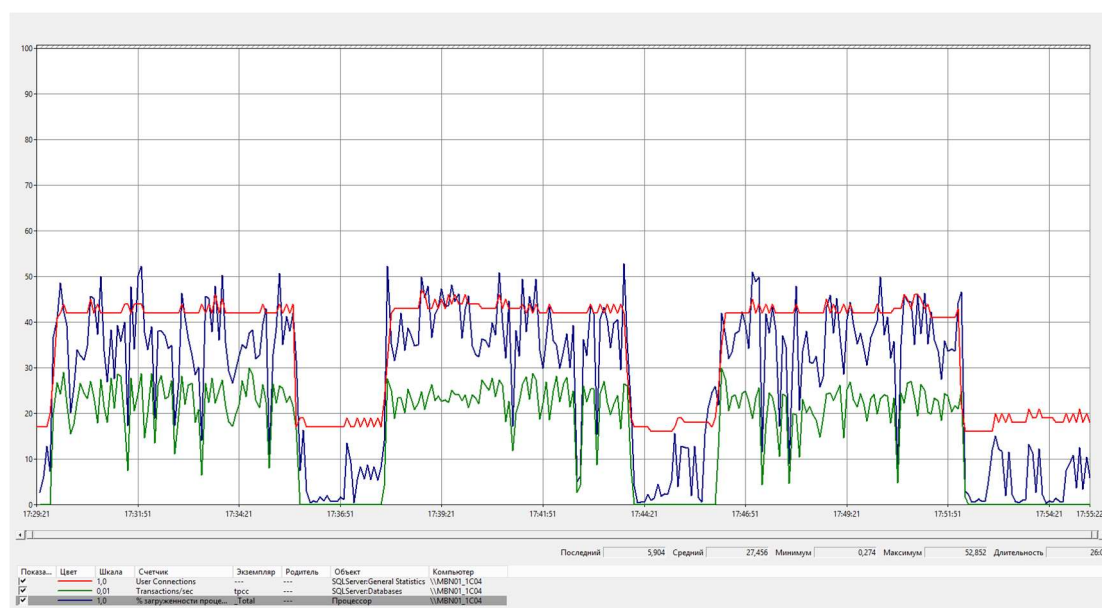


Рисунок 1. График нагрузочного тестирования

После выполнения каждого периода HammerDB рассчитывает величину TPM, которая характеризует производительность тестовой БД – количество транзакций Microsoft SQL Server в минуту. Тестирование проводилось в момент минимальной нагрузки на рабочий сервер. После каждого прогона теста вычислялось среднее значение TPM. Было выполнено по 12 измерений до и после изменений в настройках сервера, полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты измерения ТРМ

| | Перед внесением изменений | После внесения изменений | Прирост производительности, % |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Среднее значение ТРМ | 668399 | 775398 | 16% |

Таким образом, по результатам нагрузочного тестирования средствами инструментария HammerDB, выявлено увеличение производительности MS SQL Server на 16%.

В работе были решены следующие задачи:

- 1) изучены современные методы оценки производительности СУБД;
- 2) проведен анализ современных подходов для тестирования производительности СУБД
- 3) разработана и апробирована методика оценки производительности СУБД, которая заключается в последовательной нагрузке системы тестами HammerDB с одновременным мониторингом ключевых показателей сервера.

Список литературы

- [1] *Баутин, В. М.* Проблемы автотранспортного и сервисного обеспечения производства / В. М. Баутин, С. Ю. Мычка // Территория науки. — 2016. — № 3. — с. 63 — 66.
- [2] *Мазлов И.И., Гаврилов С.И.* Актуальные проблемы автоматизации процессов транспортных отделов на предприятии // Международный научно-технический журнал «ТЕОРИЯ. ПРАКТИКА. ИННОВАЦИИ». — 2017. - № 12. — с. 30 — 36.
- [3] *Семенюк К.И., Чусавитина Г.Н., Давлеткиреева Л.З.* Обоснование внедрения системы «1С: Предприятие 8. Управление Автотранспортом. Стандарт» для автоматизации управления транспортными перевозками // Портал научно-практических публикаций [Электронный ресурс]. URL: <http://portalnp.ru/2013/12/1428> (дата обращения: 17.07.2018)
- [4] Официальный сайт программного продукта HammerDB // URL: <http://www.hammerdb.com> (дата обращения: 17.07.2018).
- [5] Официальный сайт независимой некоммерческой организации Transaction Processing Performance Council, TPC // URL: <http://www.tpc.org> (дата обращения: 17.07.2018).

УДК 621.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВУХФАЗНЫМ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

MODELING OF THE CONTROL SYSTEM OF A TWO-PHASE TRACTION ELECTRIC DRIVE

Белоусов Алексей Сергеевич, Кокорев Антон Владимирович
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Aleksei Belousov, Anton Kokorev
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Тяговые электроприводы, применяемые в тяжёлом транспорте, до сих пор представлены двигателями постоянного тока, так как трехфазные двигатели не удовлетворяют всем необходимым требованиям. В качестве замены предлагается двухфазный асинхронный двигатель с трехплечевым инвертором преобразователя частоты и системой управления с релейными регуляторами тока. В данной работе проводится разработка и моделирование данной системы управления и её исследование. Определены условия вращения двигателя в обоих направлениях, добавлена функция компенсации скольжения с целью поддержания заданной скорости при изменениях нагрузки. Сделаны выводы о возможностях работы на холостом ходу и с повышенной нагрузкой.

Ключевые слова: *тяговый электропривод, двухфазный двигатель, релейный регулятор тока, система управления, Matlab Simulink.*

Abstract

Traction electric drives used in heavy transport are still represented by DC motors, since three-phase motors do not meet all the requirements. As a replacement, we offer a two-phase asynchronous motor with a three-leg inverter of the frequency converter and a control system with relay current controllers. In this paper, we develop and simulate this control system and study it. The conditions for rotation of the engine in both directions are determined, the slip compensation function is added in order to maintain the specified speed with changing loads. Conclusions are drawn about the possibility of working at idle and with increased load.

Key words: *Traction electric drive, two-phase motor, relay current controller, control system, Matlab Simulink.*

Введение

Тяговый электропривод предназначен для большегрузных транспортных средств, таких как электровозы, трамваи, танки, подъёмные машины. В настоящее время наметились тенденции широкого развития и маломощного транспорта с электрическим приводом в качестве основного преобразователя электроэнергии аккумулятора. Тяговый электропривод может быть как групповым, приводящим в движение несколько враща-

тельных узлов, так и индивидуальным, например, система мотор-колесо.

К тяговым электроприводам, в частности приводам экскаваторов, предъявляется требование стабильной работы в следующих условиях:

- широкое изменение статического момента, превышающего номинальный;
- возможность стопорения;
- запыленность, повышенная влажность и температура;
- механические воздействия: тряска, вибрация, рывки;
- ограниченное пространство для размещения;
- затрудненное обслуживание и ремонт [1].

Такие условия говорят о том, что тяговые электроприводы должны обеспечивать безредукторное регулирование скорости в широких пределах, иметь жесткую механическую характеристику, ограничивать момент и его производные (ускорения и рывки), иметь минимальное время переходных процессов и поддерживать работу при просадке напряжения [1]. Данным требованиям хорошо удовлетворяли двигатели постоянного тока, до сих пор используемые в качестве основного типа тяговых двигателей. Однако, обслуживание щеточно-коллекторного аппарата в полевых условиях весьма затруднительно, в связи с чем на сегодняшний день одной из главных тенденций развития электроприводов является переход на регулируемые асинхронные двигатели [2]. В то же время распространенные трехфазные двигатели не удовлетворяют в полной степени всем требованиям тяговых приводов, в связи с чем в России и Украине проводятся исследования, направленные на замену двигателей постоянного тока на новый вид асинхронных двигателей – двухфазные, имеющие лучшие механические характеристики и меньшее количество полупроводниковых элементов. При этом российские разработки в основном касаются непосредственных преобразователей частоты (НПЧ) [2, 3], а украинские – преобразователей частоты со звеном постоянного тока [4, 5, 6].

1. Модели и методы

1.1. Цель исследования

Несмотря на проведенные исследования, проблема применения двухфазных двигателей по-прежнему остаётся актуальной. Основным вопросом является разработка универсальной конструкции преобразователя частоты и системы управления.

НПЧ не может считаться универсальной конструкцией, так как его максимальная частота не превышает половину частоты сети, следовательно, регулирование возможно только в зоне низких скоростей. Кроме того, так как конструкция НПЧ должна соединять каждую фазу сети с каждой фазой двигателя, то ее простейший вариант, исследуемый в [3], требует подключения к однофазной сети. Конструкция НПЧ, подключаемая к промышленной трехфазной сети [2], содержит большее количество полупроводниковых элементов, нежели преобразователь частоты со звеном постоянного тока.

Преобразователи частоты со звеном постоянного тока различаются конструкцией инвертора и подразделяются на двухплечевые, трехплечевые [4] и четырехплечевые [5, 6]. Конструкция преобразователя с четырехплечевым инвертором имеет отдельное управление каждой фазой двигателя, что упрощает алгоритм управления, однако требует дополнительной стойки с транзисторами. Универсальной конструкцией обладает преобразователь с трехплечевым инвертором, который по своей структуре полностью повторяет преобразователь частоты для трехфазного асинхронного двигателя и отличается алгоритмом коммутации ключей.

В зарубежной литературе описано несколько вариантов таких систем управления, однако, в большинстве из них управление осуществляется на основе пространственно-векторной коммутации [7], но не уделяется должное внимание системам с релейными регуляторами тока, которые обладают меньшей частотой коммутации ключей инвертора, следовательно, меньше перегреваются и больше соответствуют условиям применения тяговых электроприводов в ограниченном пространстве.

Алгоритм коммутации системы с релейными регуляторами был разработан в [8], однако в этой статье не была разработана сама система управления, не уделено внимание разгону и реверсу двигателя, поддержанию заданной скорости при изменениях нагрузки, то есть подтверждению основных достоинств двухфазного двигателя. Цель данного исследования – разработать модель системы управления двухфазного двигателя и сделать вывод о возможности его применения в качестве тягового привода транспорта.

1.2. Моделирование

Схема двухфазного электропривода с трехплечевым инвертором, на основе которой в [8] была разработана исследуемая модель, представлена на рис. 1.

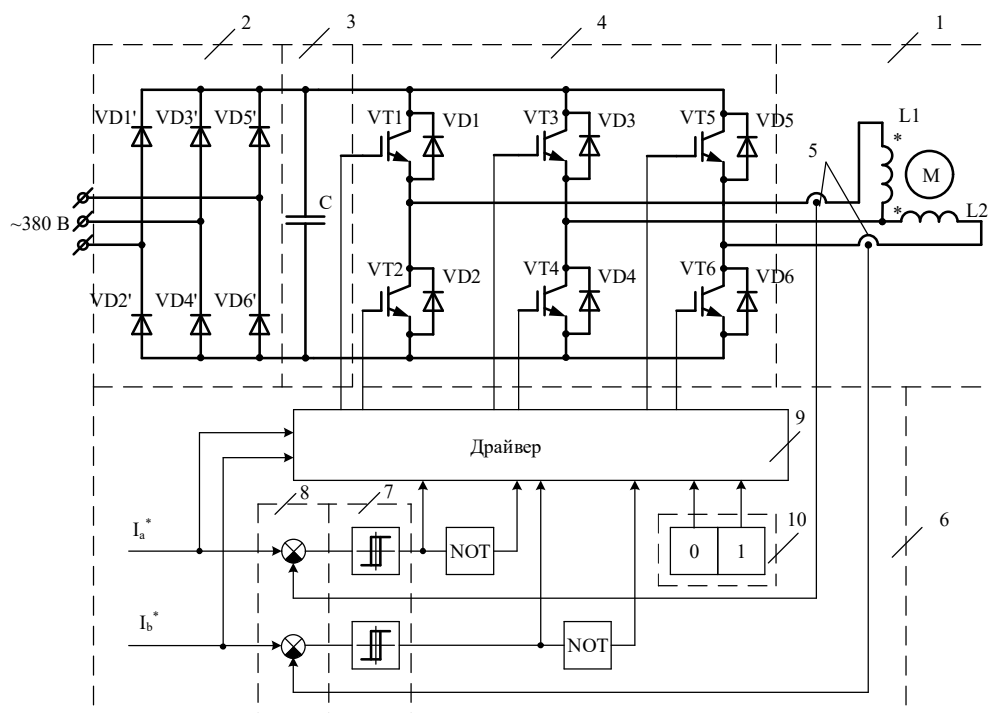


Рисунок 1. Схема двухфазного электропривода с релейным регулятором тока

В модели данного электропривода (рис. 2) обмотки в виде RL-цепочек были заменены на блок двухфазного двигателя (Single Phase Asynchronous Machine типа Main & auxiliary windings) библиотеки стандартных элементов SimPowerSystem Matlab Simulink. Параметры двигателя остаются базовыми, но параметры добавочной обмотки принимаются равными параметрам главной (2,02 Ом, 7,4 мГн).

Для формирования прямого и реверсивного направления вращения необходимо определить чередования синусоид каждой фазы. Если для трехфазного двигателя прямым чередованием было ABC, а обратным – CBA, то для двухфазного такой порядок

чередования невозможен. Рассмотрим направление вращения вала двигателя при изменении знака сдвига фаз В относительно фазы А (блок $+\pi/2$ на рис. 2). На рис. 3 показаны токи в момент пуска и скорость при сдвиге фаз $+\pi/2$, а на рис. 4 – при сдвиге $-\pi/2$.

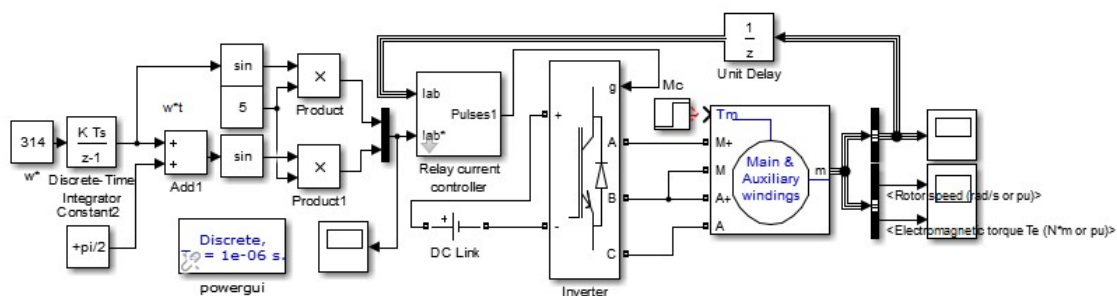


Рисунок 2. Модель двухфазного электропривода с одноконтурной системой управления

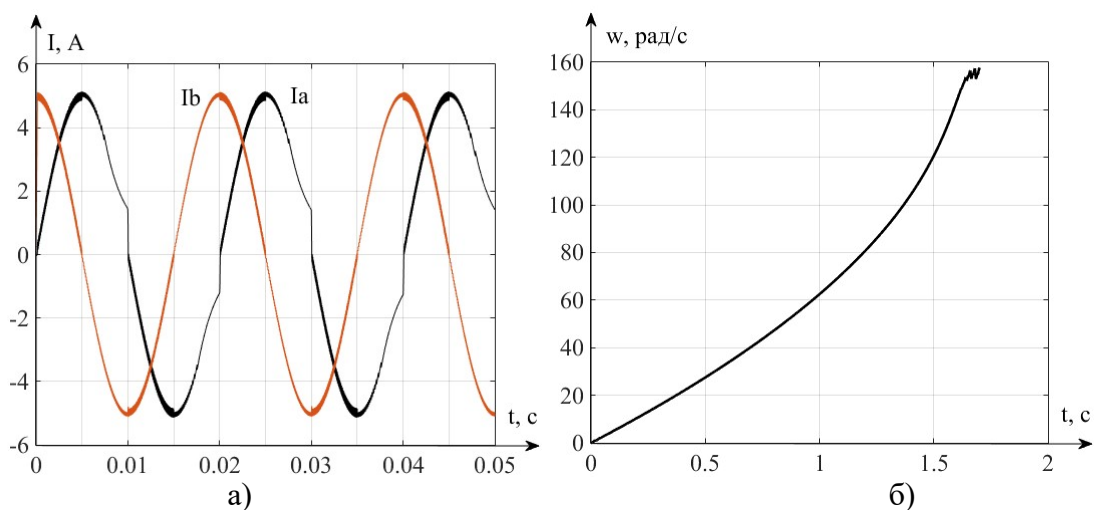


Рисунок 3. Характеристики двигателя при вращении в направлении «вперед»: токи фаз в момент пуска (а), скорость вращения (б)

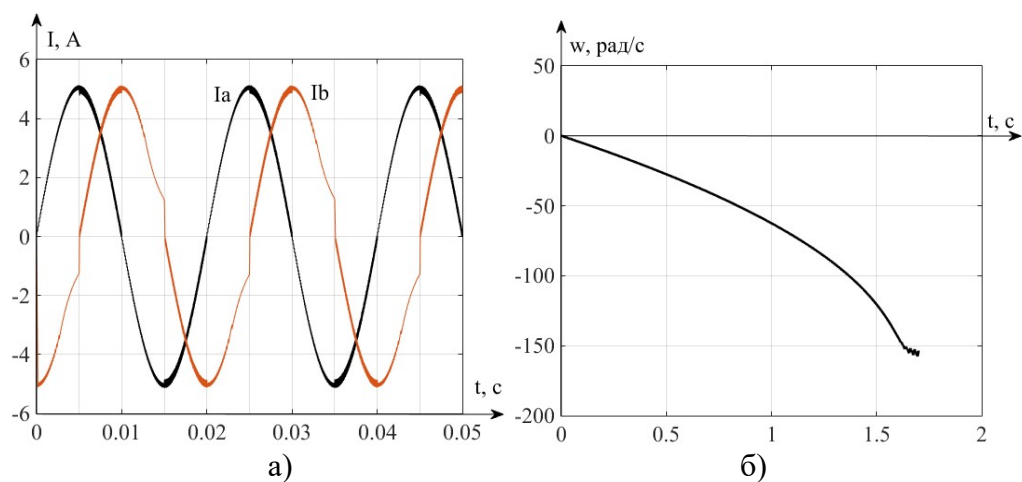


Рисунок 4. Характеристики двигателя при вращении в направлении «назад»: токи фаз в момент пуска (а), скорость вращения (б)

Как видно из графиков, направление вращения вперед формируется при опережении фазой В фазы А, то есть при чередовании фаз ВА-В-А, а назад при отставании фазы В, то есть при чередовании АВ-А-В. Важно отметить, что задать отрицательное направление вращения в данной модели можно было так же путем изменения знака сигнала задания ω (блок w1), однако в модели с двухконтурным векторным управлением, где каждая синусоида формируется по-отдельности определять направление вращения будет именно чередование фаз.

Модель векторного управления с контуром скорости для двухфазного электропривода была разработана в [9] для системы управления с пространственно-векторной модуляцией. При использовании релейных регуляторов тока она упрощается (рис. 5), так как контур тока реализован в неподвижной системе координат $\alpha\beta$, а во вращающейся системе координат dq определяется только задание токов. Таким образом, в векторной системе управления присутствует только один блок преобразования координат, что гораздо эффективней векторной системы управления трехфазным двигателем, где задействовано четыре данных блока. Данная схема имеет также функцию компенсации скольжения, реализованную за счет ориентации вращающейся системы координат по основному потокосцеплению, то есть по потоку всего магнитного поля двигателя. Модель, собранная по данной функциональной схеме, показана на рис. 6.

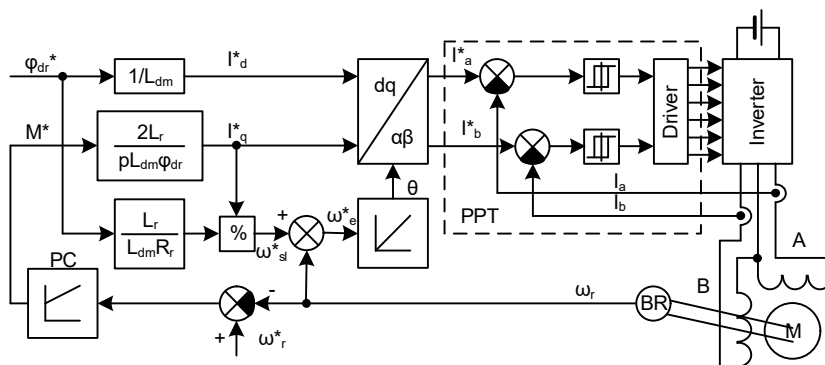


Рисунок 5. Функциональная схема двухконтурной векторной системы управления

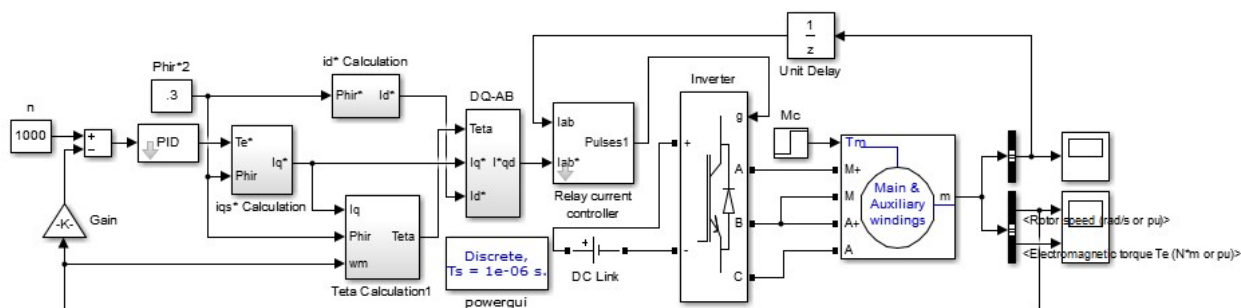


Рисунок 6. Модель векторной двухконтурной системы управления

При запуске и работе на холостом ходу были получены следующие характеристики тока, скорости и момента при вращении вперед (рис. 7) и назад (рис. 8).

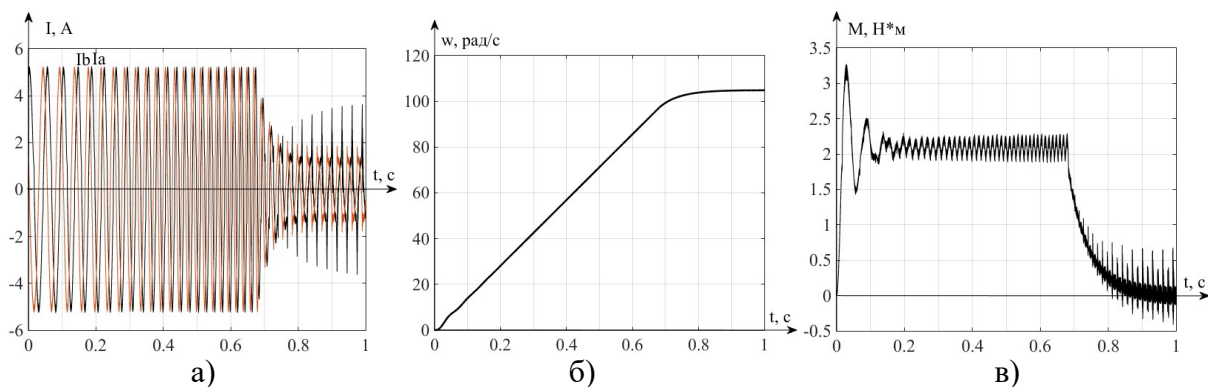


Рисунок 7. Работа на холостом ходу «вперед»: токи (а), скорость (б), момент (в)

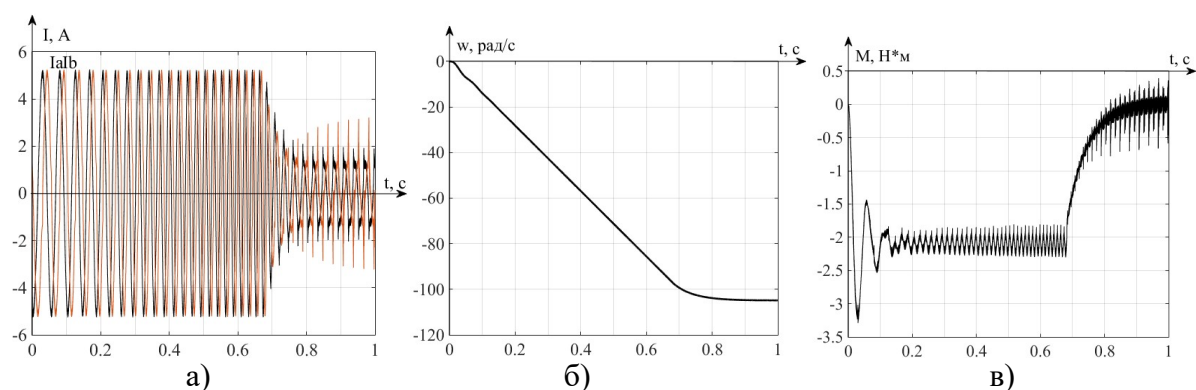


Рисунок 8. Работа на холостом ходу «назад»: токи (а), скорость (б), момент (в)

Результаты подтверждают выводы о чередовании фаз, сделанные для одноконтурной системы. Однако, при выходе скорости на установившееся значение происходит искривление токов, что способствует увеличению колебаний момента. Предполагается, что нагрузка на двигатель будет поддерживать синусоидальную форму токов и устранил колебаний момента. Для проверки свойства двухфазного двигателя поддерживать высокую нагрузку на малых скоростях момент нагрузки был выбран равным 2 Н·м, то есть в 2 раза больше номинального для данного двигателя. Результаты моделирования при смене направления вращения и реактивной нагрузке приведены на рис. 9.

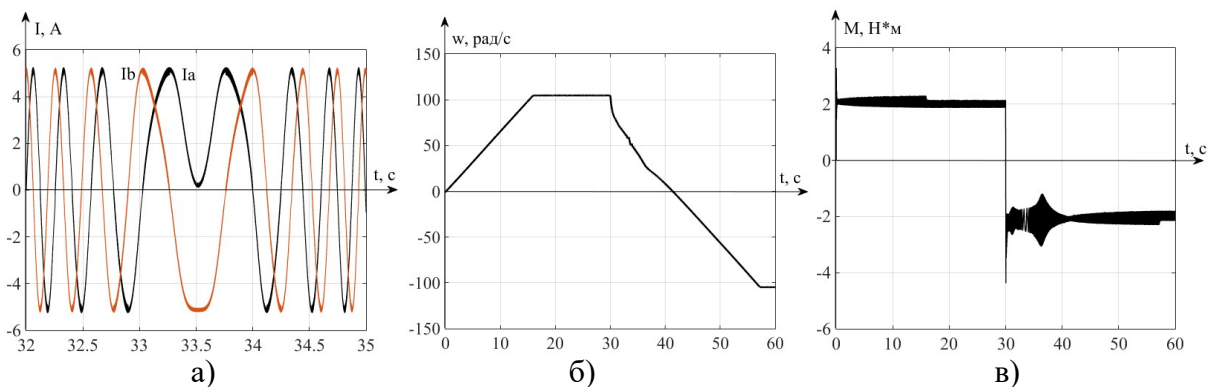


Рисунок 9. Работа под реактивной нагрузкой: токи (а), скорость (б), момент (в)

Двигатель поддерживает стабильную работу при повышенной нагрузке, что обеспечивается функцией компенсации скольжения, однако разгон и противовключение двигателя крайне затянуты по времени. Ускорить эти процессы поможет увеличение амплитуды тока одной из фаз в 1,18 раз. Однако, эта несинусоидальность может привести к искривлению формы магнитного поля. Результаты показаны на рис. 10 и рис. 11.

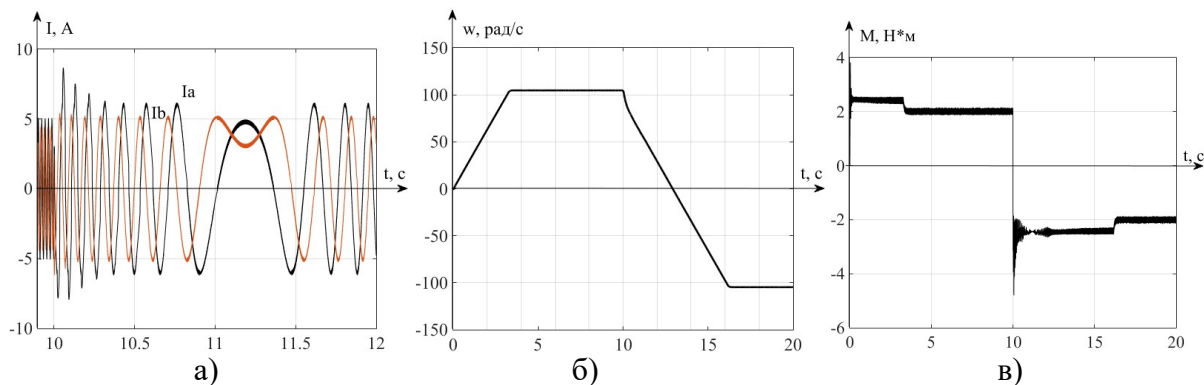


Рисунок 10. Работа под нагрузкой с различной амплитудой токов: токи (а), скорость (б), момент (в)

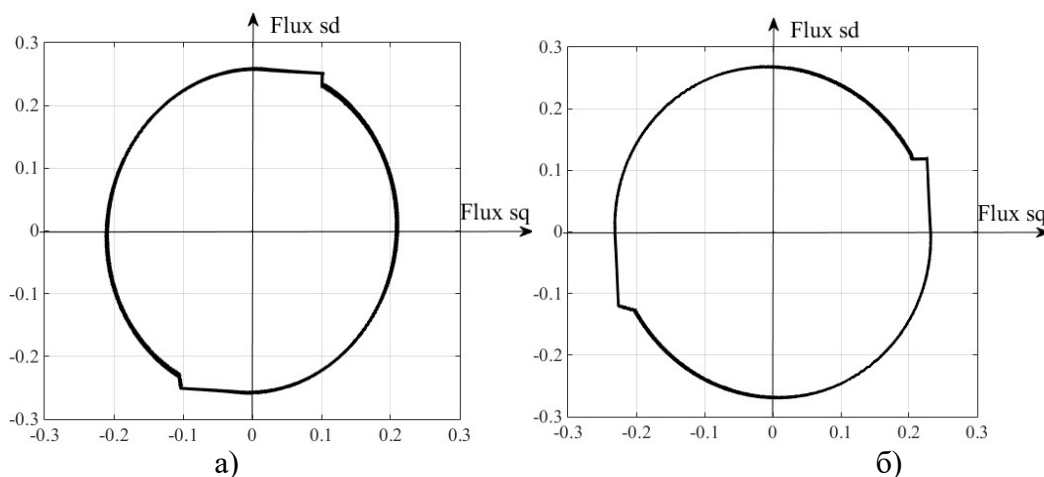


Рисунок 11. Магнитное поле статора двухфазного двигателя: при равных синусоидах тока(а), при различных синусоидах (б)

2. Обсуждение полученных результатов

Как видно из рис. 11, увеличение амплитуды синусоиды фазы А в 1,18 раз не привело к ухудшению формы магнитного поля, а напротив привело к уменьшению эллипсоидальности. Важно отметить, что магнитное поле статора двухфазного двигателя при релейно-токовом управлении имеет характерные смещения в первом и третьем квадрантах, что является негативным явлением, в системах с пространственно-векторным управлением подобного не наблюдалось.

В работе была разработана двухконтурная система управления двухфазным двигателем с релейным регулятором тока, определено чередование фаз при вращении вала в обоих направлениях. Моделирование показало, что электропривод способен пускаться

и работать с повышенной нагрузкой, но неустойчив на холостом ходу. Установлено, что при неравных амплитудах токов увеличивается динамичность, при этом форма магнитного поля не ухудшается.

Разработанная система управления двухфазным двигателем удовлетворяет заявленным требованиям тяговых электроприводов, а потому может применяться в большегрузных транспортных средствах, подъемных и конвейерных установках.

Список литературы

- [1] Качалина Е.В., Беспалов В.Я. Особенности замены двигателей постоянного тока главных механизмов ЭКГ-10 на частотно-регулируемые асинхронные двигатели // Потенциал современной науки. — 2016. — № 9. — с. 8 — 12.
- [2] Алексеев В.А, Артемьев В.С. Асинхронные частотно-регулируемые электроприводы для систем энергосбережения: Материалы XXIII международной научно-практической конференции «Инновации в науке» (12 августа 2013 г.) // Наука вчера, сегодня, завтра. Сборник статей XXIII международной научно-практической конференции. Новосибирск, ООО «Агентство СИБПРИНТ». — 2013. — с. 18.
- [3] Беспалов В.Я., Качалина Е.В. Сравнительные характеристики асинхронных двигателей с трехфазными и двухфазными обмотками для частотно-регулируемого электропривода // Электричество. — 2010. — № 7. — с. 45 — 48.
- [4] Шаповал В.П., Чернышев А.А. Тяговый электропривод с двухфазными асинхронным двигателем и преобразователем, с промежуточным звеном напряжения, модулированного по синусоиде // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. — 2006. — № 6-2. — с. 10 — 11.
- [5] Синчук И.О., Омельченко А.В., Шокарев Д.А. Моделирование динамических режимов работы двухфазного тягового асинхронного электропривода рудничного электровоза // Електромеханічні І енергозберігаючі системи. — 2012. — № 3. — с. 232 — 235.
- [6] Гузов Э.С., Омельченко А.В. Двухфазный асинхронный электропривод рудничных электровозов // Електромеханічні І енергозберігаючі системи. — 2011. — № 4. — с. 90 — 92.
- [7] Martins D.C., Tomaselli L.C., Lazzarin T.B, Barbi I. Drive for symmetrical two-phase induction machine using vector modulation // IEEJ Transactions on Industry Applications. — 2006. — Т. 126. — № 7. — С. 835 — 840.
- [8] Белоусов А.С., Мещеряков В.Н. Модель двухфазного электропривода // Вести высших учебных заведений Черноземья. — 2017. — № 4. — с. 21 — 30.
- [9] Jang D. Problems incurred in vector controlled single-phase induction motor, and a proposal for a vector controlled two-phase induction motor as a replacement // IEEE Trans. Power Electron. — 2013. — Т. 28. — № 1. — С. 526 — 536.

УДК 519.179+519.852

**ГРАФОСТРУКТУРНОЕ РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ
С УЧЕТОМ СОЗРЕВАНИЯ ПРОДУКТОВ**

**GRAPHOSTRUCTURAL REMODELING OF TRANSPORTATION PROBLEMS
WITH DISCOUNT OF GOODS READINESS**

Блюмин Семен Львович, Миловидов Сергей Петрович
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Semen Blyumin, Sergey Milovidov
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Учет созревания продуктов при хранении и транспортировке является актуальной проблемой современной логистики. В данной работе предлагается ремоделирование известных моделей транспортных задач, обеспечивающее этот учет. Модели статической и динамической транспортных задач опираются на стандартный двудольный граф, доли которого не содержат ребер или дуг (поставщики не взаимодействуют между собой, как и получатели между собой); для учета созревания продуктов следует допустить эти взаимодействия; это приводит к смешанному двудольному графу, доли которого содержат ребра или дуги. Дальнейшее графоструктурное ремоделирование транспортных задач предполагает использование более общих и гибких графовых структур, гиперграфов и метаграфов; это также позволяет учесть созревание продуктов при хранении и транспортировке.

Ключевые слова: транспортные задачи, созревание продуктов, графоструктурное ремоделирование.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Липецкой области в рамках научного проекта 17-47-480305-р_а

Abstract

Discount of goods readiness under storage and transportation is actual problem of contemporary logistics. In present work remodeling of known models of transportation problems is proposed providing this discount. Models of static and dynamic transportation problems are based on standard bipartite graph which parts don't contain edges or arcs (suppliers don't interact among themselves as well as receivers among themselves); for discount of goods readiness it should be admitted these interactions; this leads to mixed graph parts of which contains edges or arcs. Further graphostructural remodeling of transportation problems assumes use of more general and flexible graph structures, hypergraphs and metagraphs; this also allows to discount goods readiness under storage and transportation.

Key words: transportation problems, goods readiness, graphostructural remodeling. .

Введение

Классические транспортные задачи глубоко изучены теоретически и находят многочисленные практические применения [1]. Их развитием являются многоиндексные [2], динамические [3, 4], динамические с задержками [5] транспортные задачи. С точки зрения графоструктурного моделирования [6] с моделями всех этих задач ассоциируется ориентированный двудольный граф, одна доля которого – поставщики, вторая – получатели, дуги направлены от вершин первой доли к вершинам второй доли, причем внутри долей ребер или дуг нет, доли являются пустыми подграфами двудольного графа.

В данной работе рассмотрено преобразование модели транспортной задачи, ее ремоделирование в смысле [7], в частном, но практически важном случае хранения и транспортировки продуктов с учетом их созревания. В этом случае ремоделированию подлежит прежде всего граф, ассоциированный с транспортной задачей, так что ремоделирование транспортной задачи начинается с графоструктурного ремоделирования, примеры которого в связи с другими прикладными задачами представлены в [8]. Учет созревания продуктов приводит к необходимости введения ребер или дуг в доли графа, в результате чего он уже не может называться двудольным в классическом смысле этого слова; в данной работе предложено название «смешанный двудольный граф».

В работе [8] графоструктурное ремоделирование выполняется в направлении перехода от стандартных графов к более развитым и гибким графовым структурам – гиперграфам G , метаграфам M и некоторым другим. Достоинством использования более общих графовых структур является предоставляемая ими возможность как применения более развитого математического аппарата для исследования, так и содержательной интерпретации получаемых при этом результатов.

Подобный подход может быть применен и в случае транспортных задач, чему и посвящена данная работа.

Удобным и конструктивным способом представления графовых структур является их матричное представление при помощи взаимосвязанных между собой матриц инцидентности, валентности (степеней вершин), смежности и лапласианов. Уже в случае двудольных графов эти матрицы и их связи обладают определенным своеобразием [9]. В случае смешанных двудольных графов это своеобразие развито ниже.

Таким образом, цель данной работы – ремоделирование известных моделей транспортных задач, обеспечивающее учет созревания продуктов при хранении и транспортировке.

Работа может быть отнесена к направлению данной конференции «Моделирование, автоматизация и управление транспортными процессами и компонентами»

1. Модельный пример

Модельный пример динамической транспортной задачи с учетом созревания продуктов (ДТЗсУСП) может быть представлен следующим образом: один поставщик поставляет получателю один продукт, который может быть недозревшим, созревшим или перезревшим; все виды продукта хранятся на складах поставщика и получателя. Вершины ассоциированного с такой ситуацией графа обозначаются:

- запас недозревшего – на складе поставщика 1, получателя 4;
- запас созревшего – на складе поставщика 2, получателя 5;
- запас перезревшего – на складе поставщика 3, получателя 6.

Здесь \tilde{L} и \hat{L} - лапласианы подграфов (долей) поставщиков и получателей, T – матрица смежности графа, соединяющего доли.

2. Ремоделирование

Ремоделирование проиллюстрируем на некоторых простейших примерах. Сначала рассмотрим транспортную задачу с двумя поставщиками и двумя получателями. Для простоты считаем доли полными неориентированными графами, а их связь представим полным двудольным ориентированным графом. Это приводит к смешанному графу – полному двудольному ориентированному, у которого доли – полные неориентированные графы, с отличием только в степенях вершин, то есть в матрице D .

Таким образом $G=(V,E,A)$, $V=\{1,2,3,4\}$ $E=\{e_{12}=\{1,2\}, e_{34}=\{3,4\}\}$ $A=\{a_{13}=(1,3), a_{14}=(1,4), a_{23}=(2,3), a_{24}=(2,4)\}$.

Для такого графа матрица инцидентности $I=2$

$$\begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & & \\ & & & -1 & -1 \\ & & & & & 1 \\ & & & & & & 1 \\ & & & & & & & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

ее транспонированная

$$I^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \\ -1 & & 1 \\ & -1 & 1 \\ -1 & & 1 \\ & & & 1 & 1 \end{bmatrix}, \text{ лапласиан и его разложение}$$

$$L = I \cdot I^T = \begin{bmatrix} 3 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 3 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 3 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 3 \end{bmatrix} = D^{\wedge} + A_1 - A_2 =$$

$$= \begin{bmatrix} 3 & & & \\ & 3 & & \\ & & 3 & \\ & & & 3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} & 1 & & \\ 1 & & & \\ & & & 1 \\ & & & & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} & & 1 & 1 \\ & & 1 & 1 \\ 1 & 1 & & \\ 1 & 1 & & \end{bmatrix}.$$

Ремоделирование этого графа метаграфом $MG=(ME,MA)$, $ME=(mv_1=\{1,2\}, mv_2=\{3,4\})$, $MA=\{ma=(mv_1, mv_2)\}$ с матрицей инцидентности, ее транспонированной, лапласианом и его разложением приводит к выражению, отличающемуся только матрицей валентности, причем это отличие объяснимо естественным образом:

$$I=2 \begin{matrix} 1 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad I^T = [-1 \quad -1 \quad 1 \quad 1],$$

3. Обсуждение полученных результатов

Из представленных простейших примеров можно заключить, что учет созревания продуктов при их хранении и транспортировке приводит к модификации двудольного графа транспортной задачи до смешанного двудольного графа, а достоинством его графоструктурного ремоделирования в направлении перехода от стандартных графов к более развитым и гибким графовым структурам, в частности, метаграфам, является предоставляемая ими возможность как применения более развитого математического аппарата для исследования, так и содержательной интерпретации получаемых при этом результатов.

Список литературы

- [1] *Гольштейн Е.Г., Юдин Д.Б.* Задачи линейного программирования транспортно-го типа. – М.: Наука, 1969. – 384 с.
- [2] *Раскин Л.Г., Кириченко О.И.* Многоиндексные задачи линейного программирования (теория, методы, приложения). – М.: Радио и связь, 1982. – 240 с.
- [3] *Кривоножко В.Е., Пропой А.И.* О методе решения динамических транспортных задач // Автоматика и телемеханика. – 1979. – № 12. – С. 133-145.
- [4] *Блюмин С.Л., Миловидов С.П.* Обратные задачи динамики и динамические транспортные задачи // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. – 1987. - № 5. – С. 209.
- [5] *Блюмин С.Л., Козлов П.А., Миловидов С.П.* Динамическая транспортная задача с задержками // Автоматика и телемеханика. – 1984. – № 5. – С. 158-161.
- [6] *Блюмин С.Л.* Графоструктурное моделирование. Метаграфы и их матрицы // Вестник ЛГТУ. – 2015. – № 1(23). – С. 7-13.
- [7] *Галкин А.В., Блюмин С.Л., Сараев П.В., Сысоев А.С.* Concept of dynamic systems mathematical remodeling // Сб. тр. Междунар. науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях» (ММТТ-30). – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2017. – Т. 5. – С. 83-87.
- [8] *Блюмин С.Л., Приньков А. С.* Развитие матричного представления обобщенных графовых структур в задачах описания и анализа больших данных // Computational nanotechnology. - 2018. – № 2. – С. 9-15.
- [9] *Блюмин С.Л.* Мультиагентные системы: проблемы и протоколы согласия, псевдообращение лапласианов графов // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 2(28). – С. 4-9.

УДК 681.51

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДВУХКОЛЕСНОЙ
САМОБАЛАНСИРУЮЩЕЙСЯ ПЛАТФОРМЫ, УПРАВЛЯЕМОЙ
ПОЛОЖЕНИЕМ ЦЕНТРА МАССЫ ВОДИТЕЛЯ**

**MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE TWO-FULL SELF-BALANCING
PLATFORM, CONTROLLED BY THE POSITION OF THE CENTER OF THE
DRIVER'S MASS**

Васильев Евгений Михайлович, Скобов Эдуард Александрович
Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

Eugeny Vasiljev, Edward Skobov
Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Аннотация

Решается задача математического моделирования двухколёсной самобалансирующейся платформы гироскопического типа, управляемой положением центра массы её водителя. В качестве базовой кинематической схемы платформы используется двухзвенный перевернутый маятник, стабилизируемый вращающимися моментами электродвигателей, встроженных в колёса, а также моментом силы, создаваемым смещением центра массы водителя относительно вертикали. На основе уравнений Лагранжа для кинетической энергии механической системы с геометрическими связями составлена динамическая модель платформы, описывающая её движение как объекта управления с учётом сил трения качения, возникающих в реальных условиях эксплуатации. С помощью пакета Matlab проведена проверка работоспособности полученной модели и подтверждена её адекватность физическому содержанию рассматриваемых процессов в режимах разгона платформы и её равномерного перемещения.

Ключевые слова: динамическая модель, самобалансирующаяся платформа, положение центра массы водителя.

Abstract

The problem of mathematical modeling of a two-wheel self-balancing gyroscopic platform, controlled by the position of the center of mass of its driver, is solved. As the basic kinematic scheme of the platform, along with the driver on it, a two-link inverted pendulum is used, controlled by the torque of electric motors built into the wheels, as well as the moment of force created by the displacement of the driver's center of gravity relative to the vertical passing through the axis of rotation of the wheels. Based on the Lagrangian equations for the kinetic energy of a mechanical system with geometric constraints, a dynamic model of the platform is compiled, describing its motion as a control object, taking into account frictional forces arising in real operating conditions. With the help of the Matlab package, the working capacity of the received model was checked and its adequacy to the physical content of the considered processes in the modes of platform overlocking and its uniform motion was confirmed.

Key words: dynamic model, self-balancing platform, the position of the driver's center of gravity.

1. Введение в проблему

К самобалансирующимся двухколёсным платформам относятся автономные транспортные средства с электрическим приводом, снабжённые гироскопическими стабилизаторами своего положения и управляемые путём соответствующего смещения центра массы водителя, располагающегося непосредственно на платформе. Растущая популярность таких транспортных средств, часто называемых гироскутерами, обусловлена их высокой манёвренностью в условиях движения в ограниченном пространстве, сочетаемой с лёгкостью управления.

Указанные эксплуатационные преимущества гироскопических платформ обеспечиваются встроенными системами автоматического регулирования, разработка которых опирается на математическое описание платформы вместе с водителем как объекта управления. Известные публикации [1-5], посвященные гироскопическим платформам, сосредоточены, главным образом, на задаче их стабилизации в заданном (вертикальном) положении, и применяемые с этой целью модели не предназначены для решения задач управления движением платформы путём изменения положения центра массы водителя. Предлагаемая работа восполняет этот пробел.

2. Постановка задачи. Базовая кинематическая схема

Кинематическая схема рассматриваемой платформы вместе с водителем показана на рис. 1 и представляет собою двухзвенный перевёрнутый маятник, установленный на оси с двумя колёсами со встроенными электродвигателями. Момент $M_{дв}$ каждого электродвигателя действует непосредственно на соответствующее колесо и – в обратном направлении – на нижнее звено маятника, которое через заторможенный шарнир связано с верхним звеном. Угловое положение φ_2 верхнего звена относительно нижнего может изменяться путём переноса центра массы водителя вперёд или назад, т.е. наклона его туловища в нужную сторону.

Для составления динамической модели рассматриваемой системы введём в рассмотрение следующие величины: U – напряжение питания каждого двигателя; R – активное сопротивление якорной обмотки двигателя постоянного тока; C_e , C_m – постоянные двигателя по противо ЭДС и моменту; $k_{тр}$ – коэффициент трения качения колеса; m_k – масса одного колеса; J_k – момент инерции одного колеса относительно оси его вращения; r – радиус колеса; ψ – угловое положение колеса относительно произвольно взятого начального состояния; m_1 и m_2 – массы первого и второго звеньев; g – ускорение свободного падения; L_1 и L_2 – расстояние центров масс звена 1 до оси колёс и звена 2 до шарнира; J_1 и J_2 – моменты инерции первого и второго звеньев относительно центров их масс; φ_1 и φ_2 – угловые положения звеньев (см. рис. 1а).

Рассматриваемая механическая система обладает двумя степенями свободы с координатами φ_1 и ψ и двумя управляющими воздействиями: напряжением питания U электродвигателей и угловым отклонением верхнего звена φ_2 относительно продольной оси нижнего. Возмущающим моментом является момент сил трения качения.

3. Составление модели

Поскольку все связи между элементами конструкции двухколёсной платформы являются геометрическими, т.е. налагающими ограничения только на положение, но не на скорости элементов в пространстве, то для составления модели воспользуемся уравнениями Лагранжа для обобщённых координат ψ и $\varphi_1 + \theta = \gamma$, где θ – угол между физической продольной осью платформы и её расчётной (эквивалентной) осью, соединяющей общий центр масс $m_{\text{п}} = m_1 + m_2$ с осью вращения колёс, рис. 1б.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \psi} = M_{\psi};$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\gamma}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \gamma} = M_{\gamma},$$
(1)

где: T – общая кинетическая энергия механической системы; M_{ψ} и M_{γ} – моменты сил, действующие соответственно на колёса и платформу.

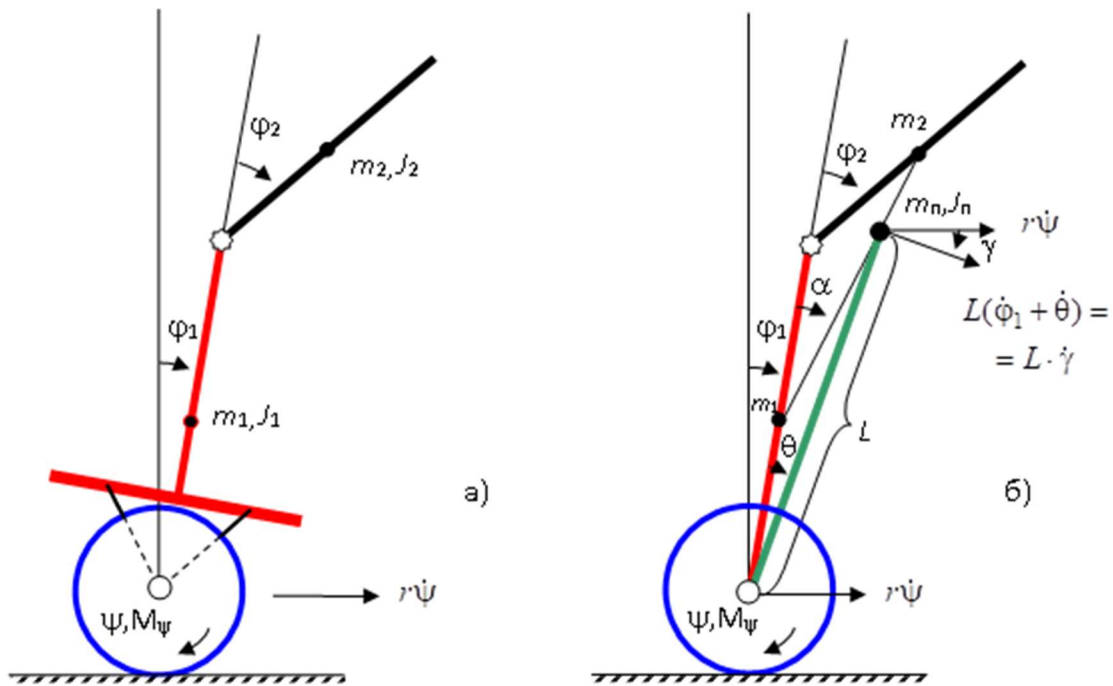


Рисунок 1. Кинематическая схема платформы (а) и схема приведения к обобщённым параметрам $m_{\text{п}}$, $J_{\text{п}}$, L , γ (б)

Общую кинетическую энергию T определим, как сумму кинетических энергий $2T_{\text{к}}$ двух колёс и $T_{\text{п}}$ платформы:

$$T = 2 \cdot T_{\text{к}} + T_{\text{п}}. \quad (2)$$

Величины $T_{\text{к}}$ и $T_{\text{п}}$ вычислим из кинетических энергий вращательного и поступательного движений колеса и платформы:

$$T_{\text{к}} = \frac{J_{\text{к}} \cdot \dot{\psi}^2}{2} + \frac{m_{\text{к}} \cdot (r\dot{\psi})^2}{2}, \quad (3)$$

$$T_{\text{п}} = \frac{J_{\text{п}}(\dot{\varphi}_1 + \dot{\theta})^2}{2} + \frac{m_{\text{п}}v_{\text{п}}^2}{2}. \quad (4)$$

Абсолютную скорость $v_{\text{п}}$ центра массы $m_{\text{п}} = m_1 + m_2$ платформы получим по её компонентам $r\dot{\psi}$ и $L(\dot{\varphi}_1 + \dot{\theta})$, рис. 1б:

$$v_{\text{п}}^2 = (r\dot{\psi})^2 + (L(\dot{\varphi}_1 + \dot{\theta}))^2 + 2rL\dot{\psi}(\dot{\varphi}_1 + \dot{\theta}) \cdot \cos(\varphi_1 + \theta). \quad (5)$$

После подстановки (5) в (4) и (3), (4) в (2) придём к выражению для кинетической энергии всей системы:

$$T = \left(m_{\text{к}} \cdot r^2 + J_{\text{к}} + \frac{m_{\text{п}}r^2}{2} \right) \cdot \dot{\psi}^2 + \left(\frac{m_{\text{п}}L^2 + J_{\text{п}}}{2} \right) \cdot \dot{\gamma}^2 + m_{\text{п}}rL\dot{\psi}\dot{\gamma} \cdot \cos(\gamma). \quad (6)$$

В уравнение (6) входят параметры: $J_{\text{п}}$ – общий момент инерции системы относительно её центра масс, а также L и $\gamma = \varphi_1 + \theta$, зависящие от угла φ_2 , который определяется, как указывалось выше, соответствующим наклоном туловища водителя. Найдём эти зависимости.

Воспользуемся рис. 1б. Расстояние D между центрами масс m_1 и m_2 находим по теореме косинусов:

$$D = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1L_2 \cos(\pi - \varphi_2)}, \quad (7)$$

а расстояние d между центрами масс m_1 и $m_{\text{п}}$ как следствие теоремы Вариньона [6]:

$$d = \frac{Dm_2}{m_{\text{п}}} \quad (8)$$

Тогда, из рис. 1б получим:

$$\cos(\alpha) = \frac{L_1^2 + D^2 - L_2^2}{2L_1D}, \quad (9)$$

а также

$$L = \sqrt{L_1^2 + d^2 - 2L_1d \cos(\pi - \alpha)} \quad (10)$$

и

$$\cos(\theta) = \frac{L_1^2 + L^2 - d^2}{2L_1L}. \quad (11)$$

Момент инерции $J_{\text{п}}$ определяется по теореме о параллельных осях (теореме Гюйгенса) [6]:

$$J_{\text{п}} = J_1 + J_2 + m_1d^2 + m_2(D - d)^2. \quad (12)$$

После подстановки (7), (8), (9) в (10), (10) в (11) и (7), (8) в (12) получим искомые зависимости $L(\varphi_2)$, $\theta(\varphi_2)$, $J_{\text{п}}(\varphi_2)$ в явном виде от φ_2 :

$$L(\varphi_2) = \sqrt{2L_1L_2 \frac{m_2}{m_{\text{п}}} \left(\frac{m_2}{m_{\text{п}}} + 1 \right) \cos(\varphi_2) + L_1^2 + (L_1^2 + L_2^2) \frac{m_2^2}{m_{\text{п}}^2} + 2 \frac{m_2}{m_{\text{п}}} L_1^2}, \quad (13)$$

$$\theta(\varphi_2) = \arccos \left(\frac{L_1^2 + \frac{m_2}{m_{\text{п}}} (L_1^2 + L_1L_2 \cos(\varphi_2))}{L_1L(\varphi_2)} \right), \quad (14)$$

$$J_{\Pi}(\varphi_2) = \frac{(L_1^2 + L_2^2 + 2L_1L_2 \cos(\varphi_2))m_1m_2}{m_{\Pi}} + J_1 + J_2. \quad (15)$$

Вернёмся к уравнениям Лагранжа (1) и с учётом найденных выше выражений получим:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} = (2m_k \cdot r^2 + 2J_k + m_{\Pi}r^2) \cdot \dot{\psi} + m_{\Pi}rL\dot{\gamma} \cdot \cos(\gamma), \quad (16)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} \right) = (2m_k \cdot r^2 + 2J_k + m_{\Pi}r^2) \cdot \ddot{\psi} + m_{\Pi}rL(\ddot{\gamma} \cdot \cos(\gamma) - \dot{\gamma}^2 \cdot \sin(\gamma)),$$

$$\frac{\partial T}{\partial \psi} = 0, \quad (17)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\gamma}} = (m_{\Pi}L^2 + J_{\Pi}) \cdot \dot{\gamma} + m_{\Pi}rL\dot{\psi} \cdot \cos(\gamma), \quad (18)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\gamma}} \right) = (m_{\Pi}L^2 + J_{\Pi}) \cdot \ddot{\gamma} + m_{\Pi}rL(\ddot{\psi} \cdot \cos(\gamma) - \dot{\psi}\dot{\gamma} \cdot \sin(\gamma)),$$

$$\frac{\partial T}{\partial \gamma} = -m_{\Pi}rL\dot{\psi}\dot{\gamma} \cdot \sin(\gamma). \quad (19)$$

Для момента M_{ψ} , учитывающего силу трения качения при малых ускорениях управляющего воздействия φ_2 , несущественно изменяющих силу давления платформы на поверхность качения, получаем:

$$M_{\psi} = 2M_{дв} - (m_{\Pi} + 2m_k)gk_{тр} \cdot \text{sign}(\dot{\psi}), \quad (20)$$

где $M_{дв}$ – момент электродвигателя:

$$M_{дв} = \frac{U - C_e(\dot{\psi} - \dot{\phi}_1)}{R} \cdot C_m. \quad (21)$$

Компоненты момента M_{φ} :

$$M_{\varphi} = m_{\Pi}gL \cdot \sin(\gamma) - 2M_{дв}. \quad (22)$$

Подставляя (16) - (22) в (1) придём к искомой модели двухколёсной самобалансирующейся платформы, управляемой положением центра массы водителя:

$$\begin{aligned} & (2m_k \cdot r^2 + 2J_k + m_{\Pi}r^2) \cdot \ddot{\psi} + m_{\Pi}rL(\ddot{\gamma} \cdot \cos(\gamma) - \dot{\gamma}^2 \cdot \sin(\gamma)) = \\ & = 2 \frac{U - C_e(\dot{\psi} - \dot{\phi}_1)}{R} \cdot C_m - (m_{\Pi} + 2m_k)g \cdot k_{тр} \cdot \text{sign}(\dot{\psi}); \end{aligned} \quad (23)$$

$$(m_{\Pi}L^2 + J_{\Pi}) \cdot \ddot{\gamma} + m_{\Pi}rL \cdot \cos(\gamma) \cdot \ddot{\psi} = m_{\Pi}gL \cdot \sin(\gamma) - 2 \frac{U - C_e(\dot{\psi} - \dot{\phi}_1)}{R} \cdot C_m. \quad (24)$$

4. Проверка адекватности модели

Адекватность математического описания (23), (24) платформы проверялась путём имитационного моделирования полученных уравнений в пакете MatLab и сопоставления управляемого и неуправляемого режимов движения платформы, рис. 2.

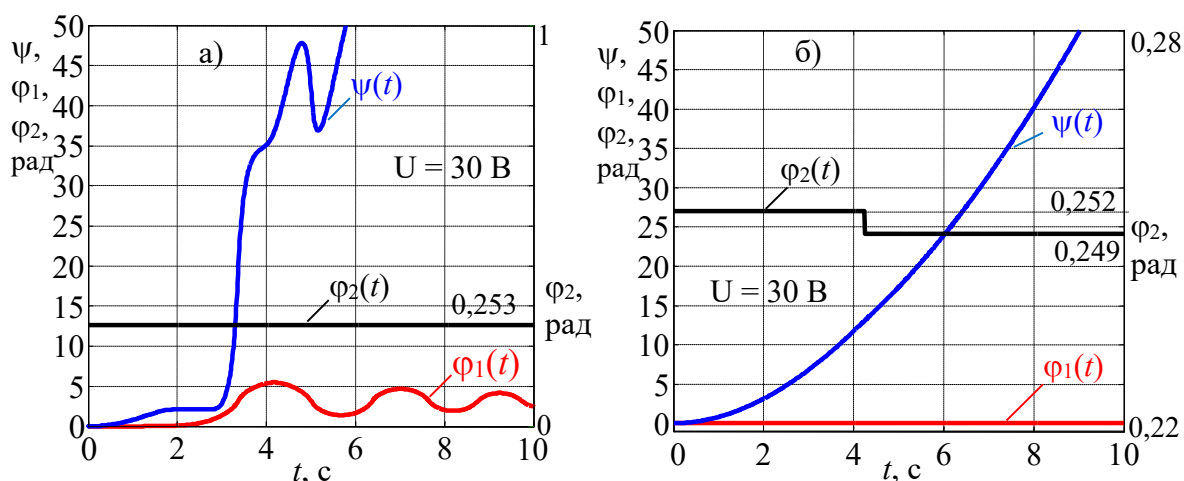


Рисунок 2. Движение платформы без управления (а) и с управлением (б)

При постоянном (неуправляемом) $\varphi_2 \neq 0$ (рис. 2а) положение φ_1 оси платформы стремится к π рад, т.е. платформа в заданном состоянии $\varphi_1 = 0$ не стабилизируется.

В случае, показанном на рис. 2б, водитель после набора скорости ($t \approx 4,2$ с) перемещает свой центр массы так, чтобы угол φ_2 уменьшился до значения, обеспечивающего только компенсацию момента трения. После этого платформа будет перемещаться с постоянной скоростью и одновременно сохранять горизонтальное положение $\varphi_1 = 0$.

Список литературы

- [1] Белотелов В.Н., Мартыненко Ю.Г. Управление пространственным движением перевёрнутого маятника, установленного на колёсной паре // Известия РАН. Механика твёрдого тела. – 2006. – №6. – С. 10-28.
- [2] Aoustin Y., Formal'sky A., Martynenko Y. Stabilization of unstable equilibrium positions of a two-link pendulum using a flywheel // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2006. – №2. – С. 43-50.
- [3] Корнилков А.Н., Липатников Н.Г., Хижняков Ю.Н. Разработка системы управления “сегвей” на базе адаптивного нечеткого регулятора // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2016. – №19. – С.69-79.
- [4] Федоров Д.С. Разработка системы стабилизации угла отклонения балансирующего робота / Д.С. Федоров, А.Ю. Ивойлов, В.А. Жмудь, В.Г. Трубин // Автоматика и программная инженерия. – 2015. – №2(12). – С. 16-34.
- [5] Васильев Е.М., Прокофьева Д.М. Нечёткое управление структурно неустойчивыми объектами // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8, №10.1. – С. 8-12.
- [6] Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: URSS, 2018. – 416 с.

УДК 519.85

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНЕРЦИОННОГО
ТРАНСФОРМАТОРА ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА**

OPTIMIZATION OF FUNCTIONING OF INERTIA TORQUE TRANSFORMER

Галкин Александр Васильевич

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Alexander Galkin

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Моделирование процессов функционирования сложных технических устройств может использоваться инженерами-конструкторами при разработке объекта. Это значительно сокращает ресурсы, как финансовые, так и временные, при определении оптимальных параметров проектируемого устройства. В работе рассматривается инерционный трансформатор вращающего момента (ИТВМ), являющийся автоматической бесступенчатой коробкой передач, и его математическая модель. Математической моделью являются составные системы нестационарных нелинейных дифференциальных уравнений, не имеющих точного аналитического решения. В работе представлены подходы к оптимизации функционирования ИТВМ, реализующие различные способы получения приближенных решений систем уравнений, используемых в математической модели. В зависимости от способа получения и вида самого решения предлагаются к использованию соответствующие методы выбора оптимальных параметров.

Ключевые слова: *системы дифференциальных уравнений, оптимизация, инерционный трансформатор вращающего момента, моделирование*

Abstract

Modeling the processes of functioning of complex technical devices can be used by design engineers in the development of the object. This significantly reduces the resources, both financial and temporal, in determining the optimal parameters of the designed device. In work the inertial torque transformer (ITT) which is an automatic continuously variable transmission and its mathematical model is considered. The mathematic model is the component systems of non-stationary non-linear differential equations that do not have an exact analytical solution. The paper presents approaches to optimizing the functioning of ITT, implementing various methods of obtaining approximate solutions of systems of equations used in the mathematical model. Depending on the method of production and the type of the solution itself, appropriate methods for choosing the optimal parameters are proposed for use

Key words: *systems of differential equations, optimization, inertial torque transformer, modeling.*

Введение

Математическое моделирование работы технических устройств является одним из определяющих принципов их разработки и совершенствования, так как позволяет значительно снизить издержки при проведении натурального моделирования [1, 2]. Поэтому широкое применение на практике получают системы автоматизированного расчета и анализа (САЕ) [3]. Многообразии физических процессов, протекающих в моделируемых объектах, приводит и к многообразию используемых при математическом моделировании методов. Что, в свою очередь, приводит к задаче выбора и модификации подходящих методов для конкретных объектов.

Моделирование проводится с целью предсказания поведения объекта. Построенная математическая модель должна обладать определенными свойствами, одним из которых является адекватность, заключающаяся в допустимом отклонении предсказываемого от реального поведения объекта. Только в этом случае построенные математические модели могут быть использованы для определения оптимальных параметров технического объекта, обеспечивающих его функционирование в задаваемых режимах. Т.е. наличие математических моделей является необходимым условием проведения следующего этапа проектирования (может осуществляться параллельно с конструированием) – оптимизации объекта.

В связи с большим разнообразием классов математических объектов, используемых при построении математических моделей [2], в задачах оптимизации могут применяться разнообразные методы. Т.е. используемые методы определяются классом математической модели. В зависимости от вида объектов и подхода к его математическому моделированию могут использоваться:

- обыкновенные дифференциальные уравнения или дифференциальные уравнения в частных производных при использовании подхода моделирования на основе физических законов функционирования для динамических систем;
- графоструктурные модели [4] при моделировании структуры системы взаимосвязанных объектов;
- статистические, в том числе, нейросетевые [5] модели при использовании подхода к моделированию с использованием ретроспективной информации о функционировании моделируемого объекта или ему подобного;
- продукционные модели, в том числе нечеткие [6], построенные на основании использования правил, определенных, например, экспертным путем;
- и др.

Соответственно, каждый из представленных классов моделей, требует применения специфических методов оптимизации, не подходящих для других классов. Одним из способов использования универсального подхода к оптимизации может выступать ремоделирование [7] – построение математической модели определенного класса на основе уже существующей. Процесс ремоделирования может быть проведен по следующей схеме:

- на основе существующей модели по заданному набору факторов формируются значения откликов;
- с учетом сформированных наборов значений факторов/откликов проводится параметрическая идентификация модели ремоделирующего класса.

Этот подход нужно применять с осторожностью, так как он обладает рядом недостатков, в том числе, дополнительной потерей точности при аппроксимации существующей модели.

В работе представлены подходы к оптимизации сложного технического устройства – инерционного трансформатора вращающего момента [8], с использованием его математической модели, построенной на основе физических законов функционирования.

1. Модели и методы

1.1. Модель рабочего процесса ИТВМ

ИТВМ представляют собой механические бесступенчатые трансформаторы вращающего момента. Работа трансформатора осуществляется следующим образом [8, 9]. Ведущий маховик 1 (рис. 1) приводит в движение грузовые звенья 10 импульсного механизма. Инерционные силы грузовых звеньев, возникающие из-за смещения центра масс относительно оси вращения звена, создают на промежуточном валу 2 (реакторе) знакопеременный вращающий момент. Реактор не имеет жесткой связи с ведущим и ведомым маховиками. Прямой импульс стремится повернуть реактор в направлении вращения вала двигателя и передается через выходной механизм свободного хода (МСХ) 7 на выходной маховик 4. Обратный импульс стремится повернуть реактор в противоположном направлении и воспринимается МСХ 8, который жестко связан с корпусом 5 инерционного трансформатора.

Работа инерционного трансформатора имеет циклический характер. В течение цикла выделяются четыре участка, на которых дифференциальные уравнения движения не меняются:

- разгон реактора до угловой скорости ведомого маховика;
- совместное движение реактора и ведомого маховика;
- торможения реактора до остановки;
- выстой реактора.

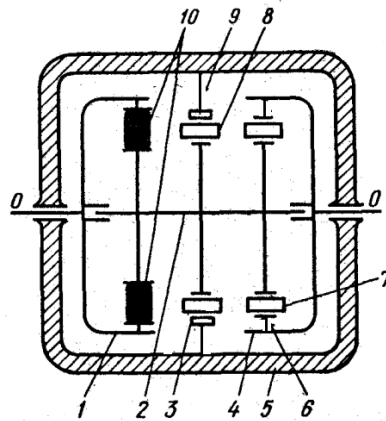


Рисунок 1. Обобщенная схема инерционного трансформатора

Модель первого этапа представлена уравнением (1) [10]

$$\begin{cases} B_1(\psi)\ddot{\phi}_{21} + B_2(\psi)\ddot{\phi}_{22} - B_4(\psi)(\dot{\phi}_{21} - \dot{\phi}_{22})^2 + B_6(\psi)\dot{\phi}_{22}^2 = M_D; \\ B_2(\psi)\ddot{\phi}_{21} + B_3\ddot{\phi}_{22} - B_6(\psi)\dot{\phi}_{21}^2 = 0; \\ J_{II}\ddot{\phi}_1 = -M_C. \end{cases} \quad (1)$$

Совместное движение начинает осуществляться при достижении угловой скоростью

реактора угловой скорости ведомого маховика.

Модель второго этапа представлена уравнением (2)

$$\begin{cases} B_1(\psi)\ddot{\varphi}_{21} + B_2(\psi)\ddot{\varphi}_{22} - B_4(\psi)(\dot{\varphi}_{21} - \dot{\varphi}_{22})^2 + B_6(\psi)\dot{\varphi}_{22}^2 = M_D; \\ B_2(\psi)\ddot{\varphi}_{21} + B_5\ddot{\varphi}_{22} - B_6(\psi)\dot{\varphi}_{21}^2 = -M_C. \end{cases} \quad (2)$$

Торможение реактора происходит при изменении угла поворота спутника в относительном движении на π радиан $\varphi_{21}(t_2) - \varphi_{22}(t_2) = \frac{\pi}{a}$. Модель третьего этапа совпадает с моделью первого (1).

Реактор переходит в режим выстоя, когда скорость реактора становится нулевой $\varphi_{21}(t_2) - \varphi_{22}(t_2) = \frac{\pi}{a}$. Модель четвертого участка представлена уравнением (3)

$$\begin{cases} B_1(\psi)\ddot{\varphi}_{21} - B_4(\psi)\dot{\varphi}_{21}^2 = M_D; \\ J_{II}\ddot{\varphi}_1 = -M_C, \end{cases} \quad (3)$$

где $\varphi_i, \dot{\varphi}_i$ – обобщенные координаты и обобщенные скорости,

$$B_1(\psi) = J_{21} + nme^2 + 2nmed(1+a)\cos\psi + nJ_{\Gamma}(1+a)^2,$$

$$B_2(\psi) = -anJ_{\Gamma}(1+a) - nmaed\cos\psi, \quad B_3 = J_{22} + nJ_{\Gamma}a^2, \quad B_4(\psi) = nmaed(1+a)\sin\psi,$$

$B_5 = B_3 + J_{II}$, $B_6(\psi) = nmaed\sin\psi$, $\psi(t) = a(\varphi_{21} - \varphi_{22})$, a – внутреннее передаточное отношение; n – число грузовых звеньев; m – масса грузового звена; d – расстояние от оси вращения грузового звена до его центра тяжести; e – расстояние от оси вращения ИТВМ до оси вращения грузового звена; J_{21} – приведенный момент инерции ведущих элементов; J_{22} – приведенный момент инерции ведущей части реактора; J_{II} – приведенный момент инерции ведомых элементов; J_{Γ} – приведенный момент инерции грузового звена. Начальные условия для первого участка $\varphi_{21}(0) = \varphi_{210}$, $\dot{\varphi}_{21}(0) = \dot{\varphi}_{210}$, $\varphi_{22}(0) = \varphi_{220}$, $\dot{\varphi}_{22}(0) = \dot{\varphi}_{220}$, $\varphi_1(0) = \varphi_{10}$, $\dot{\varphi}_1(0) = \dot{\varphi}_{10}$. В качестве начальных значений для последующих участков используются конечные значения предыдущих участков, что вытекает из непрерывности процесса.

Системы дифференциальных уравнений (1)-(3) являются нелинейными нестационарными дифференциальными уравнениями, которые не имеют явного аналитического решения. Решение систем уравнений (1)-(3) для одного прохода цикла работы ИТВМ, полученное методом Рунге-Кутты 4-го порядка, приведено на рисунке 2.

1.2. Постановка задачи оптимизации рабочего процесса ИТВМ

Быстрый выход режима работы инерционного трансформатора в установившийся режим уменьшает нагрузки на звенья конструкции, что увеличивает его надежность и продолжительность службы. Установившийся режим работы заключается в том, что значения скоростей по окончании цикла работы совпадают со значениями скоростей в начале цикла. Задача оптимизации параметров ИТВМ состоит в нахождении тех возможных значений параметров, которые бы обеспечивали наиболее быстрый выход рабочего процесса в установившийся режим [11]. Тогда критерий оптимизации можно записать следующим образом: найти $\arg \min_x f(x)$, где

x

$$f(x) = \sum_{i=0}^1 (\dot{\phi}'_1(x, i) - \dot{\phi}''_1(i))^2, \quad (4)$$

где $\dot{\phi}'_1$ – значение скорости ведомого маховика в конце цикла, $\dot{\phi}''_1$ – значение скорости ведомого маховика в начале цикла, x – оптимизируемые параметры. На оптимизируемые значения параметров x накладываются следующие ограничения: $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$. Значения x_{\min} и x_{\max} определяются из физических соображений.

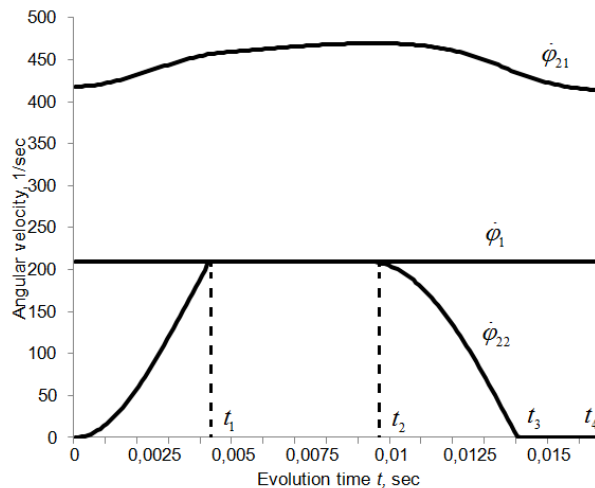


Рисунок 2. Угловые скорости вращения ведущего маховика, реактора и ведомого маховика

1.3. Подходы к решению задачи оптимизации

В связи с тем, что математическая модель рабочего процесса ИТВМ, состоящая из связанных начальными условиями уравнений (1)-(3), не имеет явного аналитического решения, возникают сложности с использованием классических методов оптимизации, связанных с определением градиента, как направления поиска оптимума.

Один из подходов к оптимизации, представленный в [12], заключается в использовании метода Монте-Карло [13]. В области допустимых значений оптимизируемых параметров $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$ генерируется по случайному закону набор точек. В каждой из этих точек осуществляется численное решение систем дифференциальных уравнений (1)-(3). Значения параметров в той точке, для которой это решение будет минимальным, и выбираются в качестве оптимальных. Такой подход позволяет при большом количестве генерируемых точек получить приемлемое решение. Однако, этот подход обладает рядом недостатков. В частности, найденное решение не является оптимальным, а численное решение систем дифференциальных уравнений (1)-(3) требует значительных вычислительных затрат.

Еще один подход связан с попыткой получения приближенного аналитического решения систем дифференциальных уравнений методом малого параметра, и использования этого решения для определения градиента, задающего направление поиска [14]. Например, решение системы уравнений (1) имеет вид

$$\begin{cases} \varphi_{21}(t) = \varphi_{210} + C_2 + (\dot{\varphi}_{210} + C_1)t - \frac{D_1}{\Delta \varepsilon^2} \sin(\varepsilon t + a_0) - \frac{A_3}{2\Delta} M_{Д} t^2, \\ \varphi_{22}(t) = \varphi_{220} + C_4 + (\dot{\varphi}_{220} + C_3)t - \frac{D_2}{\Delta \varepsilon^2} \sin(\varepsilon t + a_0) + \frac{A_2}{2\Delta} M_{Д} t^2, \\ \varphi_1(t) = \varphi_{10} + \dot{\varphi}_{10}t - \frac{M_C}{2J_{II}} t^2, \end{cases} \quad (5)$$

где $\Delta = A_2^2 - A_1 A_3$, $D_1 = [-A_3 n_{made}(1+a)(\dot{\varphi}_{210} - \dot{\varphi}_{220})^2 + n_{made}(A_2 \dot{\varphi}_{210}^2 + A_3 \dot{\varphi}_{220}^2)]$,

$D_2 = [A_2 n_{made}(1+a)(\dot{\varphi}_{210} - \dot{\varphi}_{220})^2 - n_{made}(A_1 \dot{\varphi}_{210}^2 + A_2 \dot{\varphi}_{220}^2)]$, $a_0 = a(\varphi_{210} - \varphi_{220})$,

$\varepsilon = a(\dot{\varphi}_{210} - \dot{\varphi}_{220})$, $C_1 = \frac{D_1}{\Delta \varepsilon} \cos a_0$, $C_2 = \frac{D_1}{\Delta \varepsilon^2} \sin a_0$, $C_3 = \frac{D_2}{\Delta \varepsilon} \cos a_0$, $C_4 = \frac{D_2}{\Delta \varepsilon^2} \sin a_0$.

Для решения оптимизационной задачи (4) с учетом приближенного аналитического решения уравнений математической модели методом малого параметра могут быть использованы неявные методы оптимизации, например, демпфированный метод Гаусса-Ньютона [15]. Шаг итерационной процедуры алгоритма Гаусса-Ньютона записывается в виде $x_+ = x_0 - \lambda (\mathfrak{J}^T(x_0) \mathfrak{J}(x_0))^{-1} \mathfrak{J}^T(x_0) R(x_0)$, где $R(x) = \sum_{i=0}^1 (\dot{\varphi}_{22}^{1yч}(x, i) - \dot{\varphi}_{21}^0)^2$.

Выбирается первое удачное λ из набора $\{1, 0.5, 0.25, 0.125, \dots\}$, удовлетворяющее неравенству $f(x_+(\lambda)) < f(x_0)$. В итоге решается следующая задача: найти

$x_N = \arg \min_{\alpha} \frac{1}{2} \|R(x)\|^2$. Для реализации этого метода необходимо знать производные

оптимизируемой функции по параметрам. Для нахождения этих производных использовалось приближенное аналитическое решение системы (5), полученное методом малого параметра. Этот метод на каждом шаге комбинирует численное и аналитическое решения уравнений математической модели (1)-(3). Это связано с тем, что приближенные решения методом малого параметра обладают не высокой точностью, поэтому оно используется только при вычислении градиента. В связи с тем, что задача оптимизации (4) является условной (содержит ограничения), алгоритм решения основан на использовании мультистарта из ряда случайных точек в области определения оптимизируемых параметров.

Третий подход основан на использовании процедуры ремоделирования. К мощному ремоделирующему классу можно отнести нейросетевые модели. В [16, 17] приведено решение задачи ремоделирования с использованием различных входов модели. В одном случае в качестве аргументов нейросетевой модели выступали время и оптимизируемые параметры. Сравнение точности аппроксимации исходной модели приведено на рисунке 4. Во втором случае, кроме описанных выше входов, для учета динамики систем добавлялись значения функций в предыдущий момент времени (рис. 4). Дискретизация по времени определялась шагом численного решения исходных систем дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты. Как видно из представленных рисунков, точность аппроксимации во втором случае заметно возросла. В зависимости от использования одного из этих подходов будут разными и способы решения оптимизационной задачи. В первом случае, при невысокой точности аппроксимации, полученную нейросетевую модель можно использовать аналогично решению систем методом мало-

го параметра. Во втором случае полученная нейросетевая модель в связи с высокой точностью аппроксимации может быть использована не только для определения направления поиска, но и непосредственно для вычисления значений функций.

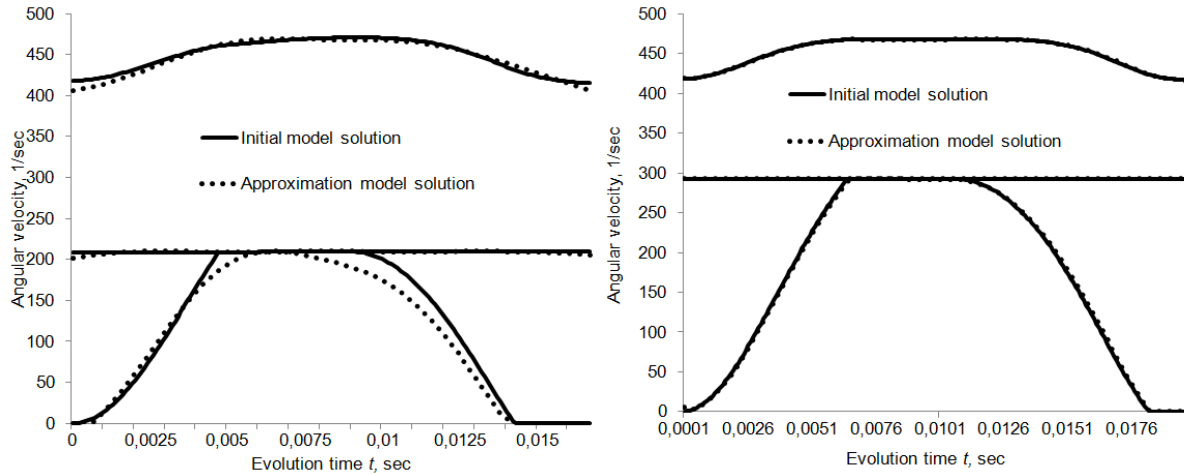


Рисунок 4. Решения, полученные численным методом и ремоделированием без учета и с учетом динамики

Однако, во втором случае уже нельзя использовать такие методы оптимизации (решения нелинейной задачи о наименьших квадратах), как метод Гаусса-Ньютона, Левенберга-Марквардта, так как в функцию решения систем (1)-(3) входят значения функций в предыдущий момент времени. То есть, данную модель уже нельзя рассматривать как непрерывную по времени. В этом случае могут быть использованы методы дискретной оптимизации, например, генетические алгоритмы.

2. Обсуждение полученных результатов

В работе были рассмотрены различные варианты оптимизации рабочего процесса сложного технического устройства – ИТВМ. Методы оптимизации варьируются в зависимости от используемых способов моделирования, в частности, от вида математической модели. В качестве исходной модели объекта выступают системы обыкновенных дифференциальных уравнений, не имеющих точного аналитического решения. В качестве таких подходов рассматривались:

- 1) использование метода Монте-Карло для оптимизации в ограниченной по оптимизируемым параметрам области. В этом случае используется исходная система, решение в каждой выбранной точке осуществляется численным методом;
- 2) использование неявных методов решения нелинейной задачи о наименьших квадратах. В этом случае строится приближенное аналитическое решение систем дифференциальных уравнений, описывающих рабочий процесс ИТВМ. Решение может быть построено на основе преобразования исходной системы, например, методом малого параметра, или с использованием процедуры ремоделирования – построение на основе значений, определенных по исходной системе уравнений;
- 3) третий способ основан на непосредственном использовании в методах дискретной оптимизации преобразованной динамической нейросетевой модели процесса.

Список литературы

- [1] *Тарасик В.П.* Математическое моделирование технических систем. — Минск: Новое знание; Москва: Инфра-М, 2013. — 584 с.
- [2] *Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л.* Основы математического моделирования технических систем. — 3-е изд. стереотип. — Москва: ФЛИНТА, 2016. — 271 с.
- [3] *Норенков И.П., Кузьмик П.К.* Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. — Москва: Изд-во МГТУ, 2002. — 320 с.
- [4] *Блюмин С.Л.* Графоструктурное моделирование. Метаграфы и их матрицы // Вестник Липецкого государственного технического университета. — 2015. — № 1(23). — с. 7 — 13.
- [5] *Сараев П.В.* Развитие нейросетевого моделирования сложных систем на основе нейроструктурного подхода // Вести высших учебных заведений Черноземья. — 2012. — № 2(28). — с. 30 — 35.
- [6] *Кудинов Ю.И., Кудинов И.Ю., Иванченко К.С.* Программный комплекс для построения и идентификации нечетких моделей // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2006. — № 12. — с. 39 — 41.
- [7] *Сараев П.В., Блюмин С.Л., Галкин А.В.* Некоторые современные подходы к моделированию и автоматизации сложных систем // Вести высших учебных заведений Черноземья. — 2017. — № 1(47). — с. 53 — 66.
- [8] *Леонов А.И.* Инерционные автоматические трансформаторы вращающего момента. — М.: Машиностроение, 1978. — 224 с.
- [9] *Баженов С.П.* Бесступенчатые передачи тяговых и транспортных машин: Учеб. пособие. — Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2003. — 81 с.
- [10] *Галкин А.В.* Математическое моделирование и оптимизация рабочего процесса инерционного трансформатора вращающего момента // Системы управления и информационные технологии. — 2008. — 1.3(31). — С. 345 — 349.
- [11] *Галкин А.В.* Оптимизация работы сложных динамических систем // Вести высших учебных заведений Черноземья. — 2012. — №1(27). — С. 29 — 32.
- [12] *Ганькова Т.А.* Обоснование выбора параметров инерционного трансформатора на основе анализа методов построения и оптимизации внешней характеристики. — дис. канд. техн. наук. — Ковров, 2004. — 158 с.
- [13] *Войтишек А.В.* Основы метода Монте-Карло в алгоритмах и задачах: учеб. пособие — Новосибирск : Новосиб. гос. ун-т, 2004. — 108 с.
- [14] *Блюмин С.Л., Галкин А.В., Казьмина А.М.* Построение и анализ аналитического решения уравнений, описывающих рабочий процесс инерционного трансформатора // Вестник Воронежского государственного технического университета. — 2015. — №3. Т.11. — С. 134 — 138.
- [15] *Дэннис Дж., Шнабель Р.* Численные методы безусловной оптимизации и решение нелинейных уравнений. — М.: Мир, 1988. — 440 с.
- [16] *Galkin A., Sysoev A., Saraev P.* Variable Structure Objects Remodelling based on Neural Networks // International Conference On Industrial Engineering, Applications And Manufacturing (ICIEAM). — 2017.
- [17] *Saraev P.V., Blyumin S.L., Galkin A.V., Sysoev A.S.* Neural remodelling of objects with variable structures // Advances in Intelligent Systems and Computing. — 2018. — Vol. 679. P. — 141—149.

УДК 656.2

**СИММЕТРИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РАБОТЫ
ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТКОМ**

**SYMMETRIZATION OF OPERATING MODE PARAMETERS OF TRAC-
TION SUBSTATIONS AC POWER USING STATCOM**

Зацепин Евгений Петрович, Уваров Геннадий Геннадьевич
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Evgeny Zatsepin, Gennady Uvarov
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В данной статье рассматривается применение устройства СТАТКОМ для симметрирования нагрузок тяговых подстанций переменного тока. Проводится анализ работы системы управления синхронного компенсатора в условиях сильной несимметричности, а также моделирование режима компенсации обратной последовательности на статичной модели в программе Matlab Simulink.

Ключевые слова: СТАТКОМ, симметрирование фазных токов, тяговые подстанции, преобразование Парка-Горева, система управления СТАТКОМ.

Abstract

This article discusses the use of STATCOM device for load balancing of traction substations of alternating current. The analysis of operation of the synchronous compensator control system under conditions of strong asymmetry, as well as simulation of the compensation mode of the reverse sequence on the static model in the program Matlab Simulink.

Key words: STATCOM, the symmetrization of the phase currents of the traction substation, the conversion of the Park-Goreva, the control system of STATCOM.

Тяговые подстанции переменного тока являются довольно специфичными потребителями электрической энергии, подключаемыми к сети трехфазного переменного тока. Специфичность их электроснабжения заключается в том, что тяговая нагрузка бывает только однофазной и, как правило, к одной тяговой подстанции подключаются только две однофазные нагрузки. Такое подключение приводит к появлению несимметрии токов, которые создают несимметрию питающего напряжения при равных сопротивлениях в фазах [1]. Для снижения негативного влияния тяговых подстанций на энергосистему применяют различные симметрирующие устройства, одним из которых современным является статический синхронный компенсатор реактивной мощности (СТАТКОМ).

СТАТКОМ (STATCOM – static synchronous compensator) – статический синхронный компенсатор реактивной мощности, предназначенный для компенсации реактивной мощности, симметрирования нагрузок в фазах, улучшения гармонического состава тока

и напряжения и поддержания напряжения на необходимом уровне. Он построен на основе полностью управляемого инвертора напряжения, или его также называют автономным инвертором напряжения. В качестве силовых ключей применяются IGBT– и MOSFET–транзисторы или IGCT– и GTO–тиристоры. Предпочтение отдают IGBT транзисторам из-за относительно малых потерь при переключениях, высоких предельных параметров единичного прибора и высокой частоты работы [2-3].

Система управления СТАТКОМ в большинстве случаев строится на основании преобразования трехфазной системы векторов токов или напряжений в двухфазную вращающуюся систему координат, называемым преобразованием Парка-Горева. Выражения, по которым осуществляется переход, выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned} i_d &= \frac{2}{3}(i_a \sin(\omega t) + i_b \sin(\omega t - 120^\circ) + i_c \sin(\omega t + 120^\circ)), \\ i_q &= \frac{2}{3}(i_a \cos(\omega t) + i_b \cos(\omega t - 120^\circ) + i_c \cos(\omega t + 120^\circ)), \end{aligned} \quad (1)$$

где: i_a, i_b, i_c – мгновенные значения токов трехфазной системы, А; i_d и i_q – проекции обобщенного вектора на оси новой системы координат, А; ω – угловая частота вращения векторов токов, рад/с; t – момент времени, с.

Обратный переход в трехфазную систему векторов осуществляется по следующим уравнениям:

$$\begin{aligned} i_a &= i_d \sin(\omega_{dq} t) + i_q \cos(\omega_{dq} t), \\ i_b &= i_d \sin(\omega_{dq} t - 120^\circ) + i_q \cos(\omega_{dq} t - 120^\circ), \\ i_c &= i_d \sin(\omega_{dq} t + 120^\circ) + i_q \cos(\omega_{dq} t + 120^\circ). \end{aligned} \quad (2)$$

Проанализируем выражение (1) с точки зрения различной нагрузки [4]. При активной симметричной нагрузке проекции равны:

$$\begin{aligned} i_{d1} &= I_{m1}, \\ i_{q1} &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где: I_{m1} – амплитудное значение токов прямой последовательности, А; i_{d1} и i_{q1} – проекции обобщенного вектора, обусловленные прямой последовательностью, А.

При индуктивной симметричной нагрузке:

$$\begin{aligned} i_{d1} &= I_{m1} \cos \alpha, \\ i_{q1} &= -I_{m1} \sin \alpha, \end{aligned} \quad (4)$$

где α – начальная фаза токов прямой последовательности, рад.

При активной несимметричной нагрузке:

$$\begin{aligned} i_d &= i_{d1} + i_{d2} = I_{m1} - I_{m2} \cos(2\omega t - \beta), \\ i_q &= i_{q1} + i_{q2} = I_{m2} \sin(2\omega t - \beta), \end{aligned} \quad (5)$$

где: I_{m2} – амплитудное значение токов обратной последовательности, А; β – начальная фаза токов обратной последовательности, рад; i_{d2} и i_{q2} – проекции обобщенного вектора, обусловленные обратной последовательностью, А.

Как видно, при симметричной активной нагрузке проекции обобщенного вектора на оси d и q являются константами, причем проекция на ось q равна 0, а появление составляющей i_q говорит о наличии реактивной нагрузки в потребляемом токе. Идентифицировать наличие обратной последовательности можно по возникновении периодических составляющих с частотой 100 Гц в проекциях на оси d и q .

Предлагаемая структура системы управления СТАТКОМ для решения вопроса компенсации обратной последовательности представлена на рисунке 1 [5].

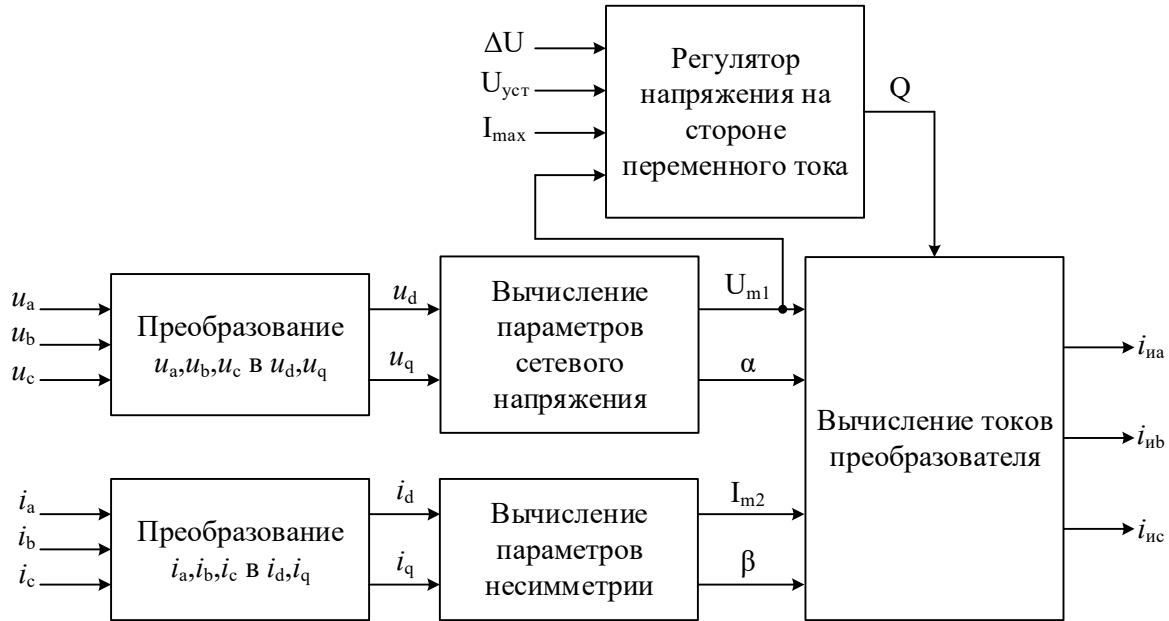


Рисунок 1. Усовершенствованная структура системы управления

Для вычисления параметров сетевого напряжения требуется из проекций u_d и u_q выделить постоянные составляющие, которые обуславливают прямую последовательность. Для этого используются интегральные фильтры второй гармоники:

$$u_{d1} = \frac{1}{0,01} \int_0^{0,01} u_d(t) dt, \quad (6)$$

$$u_{q1} = \frac{1}{0,01} \int_0^{0,01} u_q(t) dt.$$

Амплитуда прямой последовательности напряжения сети находится по формуле:

$$U_{m1} = \sqrt{u_{d1}^2 + u_{q1}^2}. \quad (7)$$

Фаза прямой последовательности напряжения сети вычисляется по выражению:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{u_{q1}}{u_{d1}} \right). \quad (8)$$

Для определения параметров несимметрии сети из проекций обобщенного вектора тока i_d и i_q выделяют периодические составляющие, определяющие однозначность появления обратной последовательности в фазных токах сети. С этой целью также применяются интегральные фильтры второй гармоники по выражениям (6), которые выделяют постоянные составляющие проекций, а периодические составляющие вычисляют следующим образом:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{u_{q1}}{u_{d1}} \right). \quad (9)$$

После чего находят проекции вектора обратной последовательности на вектора единичных синусоиды и косинусоиды фазы А:

$$\begin{aligned} v_{d2} &= i_{d2} \cdot \cos(\omega t) - i_{q2} \cdot \sin(\omega t), \\ v_{q2} &= i_{d2} \cdot \sin(\omega t) + i_{q2} \cdot \cos(\omega t). \end{aligned} \quad (10)$$

Стоит отметить, что данную операцию по выражениям (10) следует выполнять дважды для получения требуемого результата.

Амплитуда тока обратной последовательности находится по выражению:

$$I_{m2} = \sqrt{v_{d2}^2 + v_{q2}^2}. \quad (11)$$

Фаза тока обратной последовательности вычисляется по выражению:

$$\beta = \arctg\left(-\frac{v_{q2}}{v_{d2}}\right). \quad (12)$$

Входными параметрами регулятора напряжения на стороне переменного тока являются:

- амплитуда напряжения прямой последовательности U_{m1} ;
- максимально допустимый ток инвертора в одной фазе I_{max} ;
- уставка напряжения прямой последовательности $U_{уст}$;
- максимальное отклонение напряжения от уставки ΔU .

Максимальная реактивная мощность, которую может выдать инвертор, вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{max} = 3U_{уст} I_{max}. \quad (13)$$

Требуемая величина реактивной мощности вычисляется следующим образом:

$$Q = \frac{Q_{max} (U_{уст} - U_{m1})}{\Delta U}. \quad (14)$$

Определив все необходимые входные параметры, производится вычисление формы кривых фазных токов преобразователя по выражениям:

$$\begin{aligned} i_{ia} &= -I_{mq1} \sin(\omega t + \alpha) - I_{m2} \sin(\omega t + \beta), \\ i_{ib} &= -I_{mq1} \sin(\omega t + \alpha - 120^\circ) - I_{m2} \sin(\omega t + \beta + 120^\circ), \\ i_{ic} &= -I_{mq1} \sin(\omega t + \alpha + 120^\circ) - I_{m2} \sin(\omega t + \beta - 120^\circ), \end{aligned} \quad (14)$$

где I_{mq1} – амплитуда реактивного тока прямой последовательности, А.

Амплитуду реактивного тока прямой последовательности определяют по следующей формуле:

$$I_{mq1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{Q}{U_{m1}}. \quad (14)$$

Результат моделирования на статичной модели в Matlab Simulink по вышеописанным выражениям для индуктивной несимметричной нагрузки представлен на рис. 3.

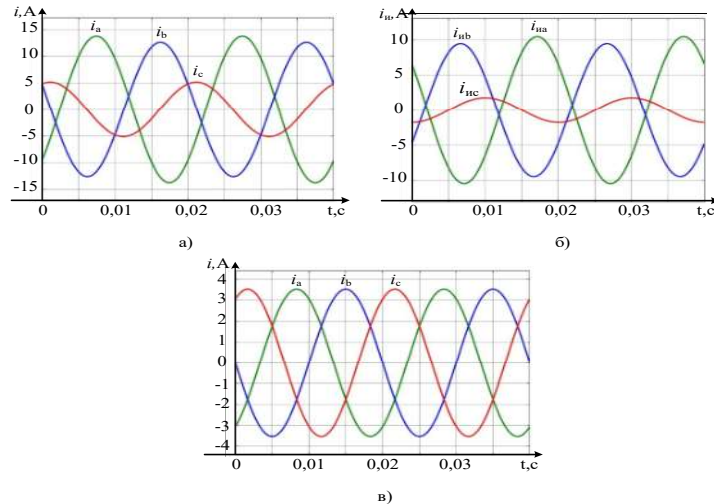


Рисунок 2. Результаты моделирования индуктивной несимметричной нагрузки: а – сетевые токи до подключения компенсатора; б – фазные токи инвертора; в – сетевые токи с компенсатором

Как видно из рисунка 2 система управления компенсатора определила параметры сетевого тока и задала такой ток в фазах, который скомпенсировал как реактивную мощность (снижение амплитуды тока), так и несимметричную составляющую, о чем свидетельствуют осциллограммы на рисунке 2, в.

Список литературы

- [1] Тер-Оганов, Э.В. Электроснабжение железных дорог [Текст]: учебник для студентов университета (УрГУПС) / Э.В. Тер-Оганов, А.А. Пышкин. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2014. – 432 с.
- [2] Суд, В.К. HVDC and FACTS Controllers: применение статических преобразователей в энергетических системах [Текст]: монография / В.К. Суд. – Москва: НП Научно-инженерное информационное агентство, 2009. – 344 с.
- [3] Ненахов, А.И. Разработка методик подавления колебаний напряжения и коррекции формы токов резкопеременных промышленных нагрузок с помощью быстродействующих управляемых устройств [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.09.03: защищена 23.06.17 / Ненахов Александр Игоревич; МЭИ. – Москва, 2017. – 152 с.
- [4] Марикин, А.Н. Применение преобразования Парка – Горева для управления статическим компенсатором реактивной мощности тяговой сети переменного тока [Текст] / А.Н. Марикин, С.В. Кузьмин, С.А. Виноградов // Вестник РГУПС. – 2013. – № 2. С. 47 – 54.
- [5] Пешков, М.В. Разработка и управление системы управления статическим компенсатором реактивной мощности типа СТАТКОМ для электроэнергетических систем [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.14.02, 05.09.12: защищена 28.04.09 / Пешков Максим Валерьевич; филиал ОАО «НТЦ электроэнергетики» – «ВНИИЭ». – Москва, 2009. – 159 с.
- [6] Джэндубаев, А.–З.Р. MATLAB, Simulink и SimPowerSystems в электроэнергетике [Текст]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 140400.62 "Электроэнергетика и электротехника", профиль "Электроснабжение" / А.–З.Р. Джэндубаев, И.И. Алиев. – Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, 2014. – 136 с.

УДК 004.413

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКАЗОВ ПРИ ТАКСОМОТОРНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

THE STUDY OF AUTOMATED ALLOCATION OF ORDERS WHEN THE TAXIS

Ковальчук Антон Дмитриевич, Гаев Леонид Витальевич
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Anton Kovalchuk, Leonid Gaev
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Целью данной работы является изучение систем автоматизированного распределения заказов, которые позволяют упростить концепцию работы компаний, занимающихся таксомоторными перевозками. Подобные системы должны позволять пользователям совершать/выполнять заказы на удобной для них мобильной платформе и без посредников, то есть без диспетчера.

Обычно подобные системы предполагают наличие как минимум двух приложений: для клиентов и для водителей; серверную часть и, по возможности, web-сайт. Приложение для клиентов позволяет оформить заказ и помогает в его проведении, а приложение для водителей позволяет брать за выполнение заказов и также занимается его проведением. В качестве платформ для реализации данных приложений выбираются мобильные операционные системы Android и/или iOS. Также при разработке системы использовались облачные сервисы для развертывания базы данных и подключения платежной системы.

Ключевые слова: *автоматизированные системы, таксомоторные перевозки, транспортные системы.*

Abstract

The purpose of this work is to study the systems of automated distribution of orders, which allow to simplify the concept of companies engaged in taxi transportation. Such systems should allow users to make / execute orders on a convenient mobile platform and without intermediaries, i.e. without a dispatcher.

Typically, such systems require at least two applications: for clients and for drivers; the server part and, if possible, a web site. The application for customers allows you to place an order and helps in its conduct, and the application for drivers allows you to take up the execution of orders and also engaged in its conduct. Mobile operating systems Android and/or iOS are chosen as platforms for the implementation of these applications. Also, when developing the system, cloud services were used to deploy the database and connect the payment system.

Key words: *automated system, taxi transport, transport system.*

Введение

С каждым годом современные технологии все больше проникают в различные области и потребитель постепенно привыкает к высокому уровню сервиса. Таким образом,

если сейчас организация не обладает достаточным технологическим развитием, то клиент просто может уйти в ту организацию, которая развивается в ногу со временем и поддерживает необходимый технологический уровень. Также автоматизация различных направлений помогает организациям сократить расходы и увеличить производительность. Таким образом, внедрение автоматизированной системы может увеличить прибыль компании на 30-40%.

Особенно интересными являются системы самообслуживания, потому что они позволяют сократить расходы на заработные платы работникам. Так, например, после внедрения автоматизированной системы в компанию, которая занимается таксомоторными перевозками, можно будет отказаться от найма диспетчеров.

На данный момент в России существует не много отечественных аналогов данной системы. Это говорит о том, что данная часть рынка программного обеспечения еще малоизучена российскими разработчиками. Поэтому новая система со своей характерной особенностью сможет конкурировать с теми, что уже имеются. Вышеперечисленное подстегивает современные таксопарки к созданию своих сервисов таксомоторных перевозок или к присоединению к уже существующим сервисам.

1. Изучение существующих аналогов

Первое упоминание такси в сети Интернет появилось 12 марта 1996 года, когда был зарегистрирован домен taxicab.com, а через два с половиной года в российском интернете пространстве появился домен taxi.ru [1]. С тех пор количество таксопарков в Интернете только увеличивается. Также стали появляться сайты, которые позволяют рассчитать стоимость проезда и определить наиболее выгодную фирму такси для поездки. А летом 2009 года появился мобильный сервис онлайн-заказа такси Uber (изначально UberCab), созданный одноименной компанией, которую основали Трэвис Каланик и Гаррет Кэмп в том же году [2].

Через год после Uber начинают появляться аналоги данной системы в разных странах мира. Так главным конкурентом Uber в США стал Lyft. Данная компания отличается тем, что очень тщательно проверяет водителей, имеет 3 ценовые категории, а также время ожидания Lyft на 6 секунд меньше, чем у Uber. Данный факт доказали недавние исследования.

Также есть такие компании как GrabTaxi, Careem, Cabify, Uklon, Didi Dache, Ola Cabs, Gocatch, LeCab, Vitaksi, однако они не получили распространения в России [3]. На территории РФ действуют такие сервисы онлайн-такси как Taxify, Gett и Яндекс.Такси. Однако, все они имеют аналогичный функционал и мало чем отличаются друг от друга.

Сервисы онлайн-такси обычно предполагают:

- удобный вызов такси без звонка диспетчеру;
- оплату наличными или картой;
- быстрый поиск машины с учетом пожеланий пассажира;
- предоставление подробной информации о водителе и автомобиле;
- просмотр движения водителя на карте.

Важным отличием является подсчет стоимости поездки. Суммарная стоимость поездки зависит от стоимости посадки, километража и времени в пути. А разница заключается в том, что разные компании устанавливают различные значения стоимости этих параметров. Поэтому при разработке собственной системы необходимо определиться с принципами формирования стоимости заказа.

Вторым не менее важным отличием являются используемые в приложениях карты. В Европе и США в основном используются карты Google, а в России и СНГ Яндекс карты. Следовательно, карты для системы следует выбирать в зависимости от географии распространения.

В системе водителям и клиентам должна быть предоставлена возможность позвонить друг другу в случае возникновения сложностей. Это означает, что при регистрации от

пользователей необходимо требовать их телефонные номера и каким-то образом проверять их подлинность. Типичным решением данной ситуации является отправка проверочного кода на указанный номер телефона. Чтобы отправить такой код, необходимо реализовать способ генерации этих кодов, а также подключать платные смс сервисы для рассылки. Однако есть более простые решения. Например, добавление системы аутентификации Google Firebase [4] с проверкой номера телефона. Встроенные функции помогут организовать в системе авторизацию и регистрацию пользователей по номеру телефона и проверят его подлинность.

Данная система должна позволить практически любому желающему с машиной и водительским удостоверением оказывать услуги таксомоторных перевозок. Для полноценной работы системы понадобятся только заказчики (в лице клиентов) и исполнители (в лице водителей). Клиенты в свою очередь смогут вызвать такси в любой точке России, где есть Интернет и действует зарегистрированный филиал компании, которая управляет системой и занимается ее распространением. Владелец автоматизированной системы сможет получать процент от каждого заказа, которой выполнил водитель.

Таким образом можно выделить следующие преимущества системы:

- скорость;
- возможность масштабирования (в зависимости от бюджета);
- отсутствие посредника между заказчиком и исполнителем;
- отсутствие расходов на содержание собственного таксопарка;
- охват потребителей;
- открытость перед водителями и клиентами.

К ограничениям системы можно отнести:

- наличие Интернет-соединения на устройствах пользователей;
- версии операционных систем, под которые распространяются пользовательские приложения;
- нагрузки, которые может выдержать сервер;
- количество возможных филиалов компаний, которые будут регистрировать водителей в качестве работников.

2. Результаты исследования

Таким образом, можно отметить востребованность подобного рода систем на российском рынке программного обеспечения. Возможно, разработанная система не сможет конкурировать с такими коммерческими гигантами как Yandex, но в небольших масштабах имеет все шансы на существование. А со своей характерной особенностью будет более востребована, чем конкурирующие системы.

Список литературы

- [1] Такси [Электронный ресурс] // Википедия. [2018—2018]. Дата обновления: 11.05.2018. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=92592475> (дата обращения: 11.05.2018).
- [2] Uber [Электронный ресурс] // Википедия. [2018—2018]. Дата обновления: 15.05.2018. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=92679225> (дата обращения: 15.05.2018).
- [3] Вместо Uber [Электронный ресурс] // 34 travel. [2017—2017]. Дата обновления: 14.04.2017. URL: <https://34travel.me/post/vmesto-uber> (дата обращения: 20.05.2018).
- [4] Firebase Authentication [Электронный ресурс] // Firebase. [2018—2018]. Дата обновления: 8.05.2018. URL: <https://firebase.google.com/docs/auth/> (дата обращения: 21.05.2018).

УДК 004.75

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ**

**FEATURES OF THE USE OF DISTRIBUTED COMPUTING IN MODELING OF
TRANSPORT PROCESSES**

Лаврухина Тамара Владимировна, Назаркин Олег Александрович,
Алексеев Владимир Александрович, Домашнев Павел Алексеевич
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Tamara Lavrukina, Oleg Nazarkin, Vladimir Alexeev, Pavel Domashnev
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В статье рассматривается необходимость использования распределенных вычислений при моделировании транспортных процессов. Такого рода вопросы часто связаны с решением задач большой размерности и требуют значительных вычислительных ресурсов. Одним из возможных решений этой проблемы является использование распределенных вычислений. Представлены особенности и обоснована необходимость использования крупномасштабных распределенных вычислительных систем для решения сложных прикладных задач.

Ключевые слова: *распределенные вычисления, моделирование транспортных процессов*

Abstract

The article discusses the need to use distributed computing when modeling transport processes. Such questions are often associated with solving large-scale problems and require significant computational resources. One possible solution to this problem is the use of distributed computing. The features of using large-scale distributed computing systems to solve complex applied problems are presented and the necessity of it is justified.

Key words: *distributed computing, modeling of transport processes.*

Введение

В настоящее время грамотно организованные транспортные процессы играют одну из важнейших ролей в организации перевозок различных типов. Моделирование транспортных процессов подразумевает организацию процесса построения, изучения и применения исследований, которые позволяют достоверно оценить ситуацию и добиться поставленной цели. Одним из главных пунктов при моделировании транспортных систем и процессов является анализ эффективности при изменении транспортно-эксплуатационных показателей. Транспортные системы, их анализ и реализация позволяют решать широкий круг задач по организации транспортного движения с использованием информационных и информационно-управляющих процессов. В большинстве

случаев моделирование организации транспортных процессов через математические методы позволяет найти оптимальное решение поставленных задач с аналитическим обоснованием. В силу того, что подобные процессы и их оптимизация напрямую влияют на успешность и оперативность деятельности любой компании, развитие данного направления весьма важно с точки зрения экономии ресурсов и получения организациями большей прибыли. Стоит особо отметить, что данная задача является весьма трудоемкой и сложной, а также требует значительных вычислительных ресурсов. В общем и целом, распределенные вычисления направлены на решение задач, которые по своей специфике являются весьма трудоемкими, а также требующими крупных вычислительных мощностей. Не возникает никаких сомнений в том, что на сегодняшний день задачи моделирования транспортных систем можно отнести к ряду задач, которые решались бы намного быстрее и эффективнее с использованием упомянутых выше распределенных вычислений. Основным преимуществом в данном подходе, безусловно, является параллельность вычислений при моделировании, что ускоряет данный процесс в несколько раз. Многие известные решения по организации моделирования транспортных процессов были получены при использовании централизованных вычислительных систем. Применение подобного рода систем серьезно ограничивает масштабируемость и надежность реализованных решений в области рассматриваемого моделирования. В свою очередь, настоящая статья раскрывает основные особенности использования распределенных вычислений для исследуемой задачи. Статья охватывает аспекты необходимости использования крупномасштабных вычислительных систем, а также обосновывает применение децентрализованных решений в рамках задачи моделирования транспортных процессов.

1. Структурные особенности децентрализованных веб-ориентированных распределенных вычислительных систем

В отличие от централизованных распределенных систем, имеющих топологию “звезда”, децентрализованные системы могут быть представлены графом общего вида. В централизованных вычислительных системах центральное звено является управляющим узлом, выдающим задания узлам-исполнителям и принимающим от них результаты [1]. В децентрализованных системах, помимо множества узлов-исполнителей, могут присутствовать несколько управляющих узлов, причем, не обязательно осведомленных о существовании друг друга.

Децентрализация в распределенных вычислительных системах может значительно повысить горизонтальную масштабируемость и надежность системы за счет устранения фактора “бутылочного горла”, связанного с концентрацией ресурсов и трафика на управляющем уровне.

В одном из вариантов построения децентрализованных систем с каждым из управляющих узлов связано подмножество подчиненных ему исполнителей. Косвенное взаимодействие между исполнителями, подчиненными разным управляющим узлам, возможно только при условии взаимодействия между их управляющими узлами. Такая схема, фактически, является объединением нескольких централизованных групп узлов и может быть использована при необходимости эволюционной интеграции унаследованных (legacy) систем.

Более сложным и гибким вариантом является прямое взаимодействие между любыми

ми узлами, каждый из которых в общем случае может одновременно являться как исполнителем заданий, поступающих от других узлов, так и управляющим звеном, выдающим задания другим исполнителям.

Для большинства современных распределенных систем естественной коммуникационной средой является Интернет, который, в свою очередь, является глобальной децентрализованной системой. Тем не менее, в силу разных обстоятельств прямые коммуникации между произвольными узлами сети Интернет технологически затруднены. Более распространенной формой взаимодействия является клиент-серверное, при котором клиенты могут обмениваться данными друг с другом только через сервер (но серверы, при необходимости, способны взаимодействовать напрямую). Таким образом, в децентрализованной сети доминирует централизованная организация прикладных систем.

Важным шагом по направлению к прикладной децентрализации является развитие так называемых бессерверных систем, в которых взаимодействие узлов происходит через облачную платформу с унифицированным набором функций, абстрагированным от прикладных задач. В работе [2] описана организация распределенной обработки данных на основе популярной бессерверной СУБД Firebase Realtime Database.

Зависимость от коммерческой платформы, такой как Google Firebase, для многих проектов распределенных вычислений может являться негативным фактором. Но развертывание частных облачных сервисов с уровнями масштабирования, соответствующими масштабам задач обработки данных, является очень сложной технологической проблемой. В работе [3] изложены некоторые подходы к построению масштабируемых бессерверных систем на основе коммуникационного протокола WebSocket и высокопроизводительных хранилищ пар ключ-значение Redis.

Таким образом, поиск системотехнических решений, позволяющих организовать взаимодействие между узлами веб-ориентированных децентрализованных систем, является актуальной задачей. В настоящей работе предложена новая абстрактная схема обмена данными между децентрализованными узлами. Она не привязана к конкретной бессерверной платформе, но в практической перспективе предполагает использование облачных сервисов хранения файлов.

2. Модель взаимодействия узлов децентрализованной вычислительной системы

Рассматривается абстрактная схема обмена данными между двумя узлами, один из которых является инициатором взаимодействия, а другой – акцептором. В рамках предлагаемого подхода решены следующие взаимосвязанные задачи децентрализованного взаимодействия распределенных процессов:

- 1) размещение ограниченных идентификационных данных акцепторов в открытом доступе (принцип защищенной публичности акцепторов);
- 2) сохранение авторизационной независимости участников взаимодействия;
- 3) обеспечение защищенности и закрытости внутренних ресурсов участников взаимодействия;
- 4) поддержка продолжительных stateful-соединений инициатора и акцептора.

Под авторизационной независимостью участника взаимодействия здесь понимается возможность передачи ему прикладных блоков данных через специально открытые каналы “только для записи”, не требующие сопровождения записи авторизационной информацией. Основная цель этих мер состоит в устранении необходимости использова-

ния централизованных доверенных сервисов выдачи токенов доступа. Запись ограничена только изолированными каналами, предварительно подготовленными и контролируемым владельцем; доступ на чтение или запись к произвольным внутренним ресурсам без авторизации невозможен.

Ключевым понятием в рассматриваемой схеме является короткоживущая одноразовая непрозрачная ссылка для записи (short-living single-use opaque writable URI), для краткости обозначаемую как “W-слот”. Инициаторы не размещают свои W-слоты в открытом доступе, но передают внутри пакетов, обращенных к акцепторам. Акцепторы публикуют некоторый набор постоянно обновляемых W-слотов, чтобы неопределенный круг инициаторов мог использовать их для начала взаимодействия с акцепторами.

Как инициаторы, так и акцепторы с точки зрения традиционной клиент-серверной модели являются клиентами по отношению к облачной платформе, через которую осуществляется взаимодействие. В рассматриваемой децентрализованной системе нет прикладного сервера, но распределенные узлы не являются равноправными (peer), как в p2p-взаимодействии. Ключевым различием является направленность инициативы установки соединения. Акцептор должен быть известен инициаторам, поэтому он распространяет в неконтролируемую внешнюю среду свой идентификатор – долгоживущий токен, разрешающий постоянный доступ “только на чтение” к динамическому списку W-слотов. В этом отношении акцептор имеет функциональное сходство с традиционным сервером.

Инициаторы, желающие начать взаимодействие с акцептором, считывают текущее содержание списка W-слотов акцептора в конкурентном режиме. Каждый инициатор выбирает элемент списка случайно. Такой алгоритм позволяет с достаточной вероятностью получить доступ к какому-либо входному каналу даже при одновременном обращении нескольких инициаторов. W-слоты одноразовые, повторная инициатива записи (в случае коллизий при выборе каналов) не допускается. Выбрав W-слот акцептора, инициатор записывает в него блок данных, в котором, помимо полей прикладного назначения, присутствует W-слот обратной связи, предварительно открытый инициатором – в этот канал акцептор запишет ответ на инициативу. Ответ может содержать, помимо прикладных данных, открытый акцептором W-слот для следующего блока данных, ожидаемого акцептором от инициатора. Таким образом, с момента первого обмена существует возможность продолжать передачу данных в обе стороны сколько угодно долго: подключение процесса-инициатора к процессу-акцептору состоялось, и далее они чередуют прием и передачу, дополняя прикладные данные непубличными W-слотами обратной связи и следующего блока (соответственно, канала, открытого на запись в сторону инициатора, и канала, открытого на запись в сторону акцептора). Какая-либо конкуренция за каналы доступа при этом отсутствует, так как акцептор использует для каждого инициатора эксклюзивные W-слоты.

Цепочка обменов может по каким-либо причинам прерваться. Тогда акцептор удаляет из своих внутренних служебных структур управляющую информацию, связанную с инициатором прерванной цепочки, а инициатор должен начать процедуру подключения заново, в конкурентном режиме.

3. Значимость и перспективы практического использования Предложенных решений

Научная новизна предложенных решений по организации децентрализованного взаимодействия распределенных процессов посредством бессерверной облачной платформы заключается в разработке двух структурно-поведенческих паттернов.

Первый паттерн основан на публикации в общедоступной только для чтения информационной среде специальных ссылок, которые предоставляют возможность осуществлять однократную запись в изолированный контролируемый канал. Этот паттерн позволяет неопределенному кругу анонимных узлов косвенно осуществлять безопасное и полностью контролируемое принимающей стороной изменение внутреннего состояния целевых процессов без необходимости разглашать авторизационные данные, регламентирующие доступ к внутренним ресурсам этих процессов.

Второй паттерн использует идею первого для решения связанной задачи поддержки продолжительных анонимных соединений. Паттерн основан на включении в структуру передаваемых данных заранее подготовленных ссылок однократной изолированной записи, которые будут использованы противоположной стороной на следующей фазе взаимодействия. Это позволяет итеративно, в согласованном режиме производить неограниченное количество модификаций внутреннего состояния взаимодействующих процессов без необходимости разглашать авторизационные данные и без возможности третьим сторонам вмешиваться во взаимодействие.

Предложенные структурно-поведенческие паттерны используют достаточно абстрактные модели и ориентируются на стандартные функции облачных сервисов, поэтому их реализация может осуществляться на широком спектре бессерверных платформ.

Список литературы

- [1] *Назаркин О.А., Алексеев В.А.* Современные технологии разработки распределенных вычислительных систем [Текст] — Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2017. – 66 с.
- [2] *Назаркин О.А.* Распределенная динамическая среда обработки данных на основе облачных сервисов Google Firebase [Текст] / Материалы XII международной научно-практической конференции "Современные сложные системы управления (HTCS'2017)". – Издательство Липецкого государственного технического университета, 2017. – В 2 т. Т. 2. – С. 55-59.
- [3] *Алексеев В.А., Домашнев П.А., Лаврухина Т.В., Назаркин О.А.* Схема горизонтального масштабирования веб-сервисов на основе протокола WebSocket // Системы управления и информационные технологии №3(73), с. 52-55.

УДК 005.722

**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ
МНОГОУРОВНЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО
ПРОЦЕССА**

**METHODS OF FORMING A HIERARCHICAL MODEL OF A MULTI-LEVEL
ORGANIZATIONAL SYSTEM OF THE TRANSPORT PROCESS**

Лаврухина Тамара Владимировна, Смоленцева Татьяна Евгеньевна
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Tamara Lavrukhina, Smolentseva Tatyana
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В работе предложена методика формирования модели иерархической многоуровневой организационной системы транспортных процессов. Предложен подход, позволяющий формировать однородную экспертную группу, когда применяемая мера сходства по оценкам поддается суммированию. На втором этапе определяются цели и задачи ИМОС, а также разрабатывается ее структура. Производится декомпозиция главной цели на подцели. Структура целей и подцелей представляется в виде иерархического графа и производится на основе указанных правил. После разработки модели функционирования ИМОС (определения структуры иерархии целей ИМОС) выявляются причинно-следственные связи и работы, производимые в ИМОС для достижения ее целей. Определяется важность целей ИМОС с использованием статистического анализа о согласованности экспертных оценок, которые будут использоваться при определении дуг модели целей.

Ключевые слова: иерархические многоуровневые организационные системы, моделирование транспортных процессов

Abstract

The paper proposes a method of forming a model of a hierarchical multi-level organizational system of transport processes. The proposed approach allows to form a homogeneous expert group when the applied measure of similarity based on estimates is summable. The second phase determines goals and tasks of the HMOS and develops its structure. The main goal decomposes to the subgoals. The structure of goals and sub-goals is represented as a hierarchical graph and based on the specified rules. After developing the model of the HMOS functioning (determining the hierarchical structure of its goals), the causality and the work performed in the HMOS to achieve its goals are being identified. The importance of the HMOS goals is determined using a statistical analysis of expert assessments' consistency that will be used in determining the arcs of the target model.

Key words: hierarchical multi-level organizational system, modeling of transport processes

При анализе процесса формирования модели системы транспортных процессов, необходимо учитывать структурную взаимосвязь элементов таких систем. Для организационных систем (ОС) разрабатываемая структура без взаимосвязи с задачами, решаемыми системным анализом будет функционировать не эффективно. Метод разбиения организационных систем на многоуровневую иерархическую структуру при использовании системного подхода достаточно эффективен и оправдан в независимости от структуры, сложности решаемых задач, а также вида информации, циркулирующей в системе.

Для формирования эффективной экспертной группы по реализации целей и задач, формируем множество характеристик для задач на каждой из рассматриваемых иерархий. Для этого определяем ориентированный граф без контуров $G(V, E)$, где V – вершины графа, т.е. множество структурных взаимосвязанных элементов, E – дуги графа, т.е. совокупность управляющих связей элементов системы.

Как правило, граф G не может полностью покрыть всю структуру иерархических многоуровневых организационных систем (ИМОС) S_α . Поэтому, необходимо сформировать такой граф G , который бы максимально эффективно взаимодействовал с существующей структурой ИМОС S_α .

Декомпозиция множества вершин $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ на попарно непересекающиеся множества $V_k \subseteq V$ является определяющим компонентом формирования иерархической многоуровневой системы (ИМС) [1, 3], при условии $(\rho_1, \rho_2) \in E$ и $(\rho_1 \in V_k, \rho_2 \in V_j, k > j)$.

Разбиение множества вершин $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ на ИМС реализуется различными подходами выбор которых зависит от того какую цель преследует такое разбиение. Основная задача состоит в том, чтобы установить однозначное соответствие структурных целей (C_α) с теми задачами $\{Z^{\alpha j}\}, j=1, \dots, \mu_\alpha$, которые решаются в системе. К такому можно отнести моделирование транспортных процессов, которое подразумевает организацию процесса построения, изучения и применения исследований, которые позволяют достоверно оценить ситуацию и добиться поставленной цели. Одним из главных пунктов при моделировании транспортных систем и процессов является анализ эффективности при изменении транспортно-эксплуатационных показателей. Рассматриваемый метод разбиения систем на иерархическую структуру при системном подходе весьма удачно подходит для поставленных задач.

Поэтому, проблема заключается в идентификации графа и его компонентов G , который характеризует систему в виде множества задач $\{Z^{\alpha j}\}, j=1, \dots, \mu_\alpha$ с учетом объема выполняемых работ (ОВР) для каждого элемента структуры ИМОС. Транспортные системы, их анализ и реализация позволяют решать широкий круг выше упомянутых задач по организации транспортного движения с использованием информационных и информационно-управляющих процессов. В большинстве случаев моделирование организации транспортных процессов через математические методы позволяет найти оптимальное решение поставленных задач с аналитическим обоснованием.

Необходимо задачи идентифицировать с минимально возможным набором элементов структуры, так как не соответствие, приводит к не эффективному управлению любой системой.

Определим относительный ОВР $w^{\alpha j}(\rho)$ элемента $(\{3^{\alpha j}\}, j=1, \dots, \mu_\alpha)$ причем

$$\sum_{\alpha \in A} \sum_{j=1}^{\mu_\alpha} w^{\alpha j}(\rho) = 1. \quad (1)$$

Определив относительный ОВР по всем структурным направлениям ИМОС (ρ) получим распределение задач определяемое как:

$$W(\rho) = W_1(\rho), W_2(\rho), \dots, W_L(\rho), \quad (2)$$

где

$$W_\lambda(\rho) = \sum_{\alpha \in A, |\alpha|=\lambda} \sum_{j=1}^{\mu_\alpha} w^{\alpha j}(\rho), \quad (3)$$

$W_\lambda(\rho)$ – это относительный ОВР в элементе ρ решаемой задачи управления, которая соответствует целям λ -го уровня дерева целей ИМОС.

Эта проблема сводится к нахождению ИМС $\sigma = (V_1, V_2, \dots, V_L)$, т.е. множества вершин графа $G(V, E)$ с необходимостью найти максимум функционала:

$$H_L(\sigma) = \sum_{\lambda=1}^L \sum_{\rho \in V_\lambda} W_\lambda(\rho) \quad (4)$$

Максимум функционала будет достигаться путем разбиения $\sigma^* = (V_1^*, V_2^*, \dots, V_L^*)$, которое определяется следующим образом

$$V_1^* = \left\{ \rho \in V : W_1(\rho) = \max_{\lambda} W_\lambda(\rho) \right\}, \quad (5)$$

$$V_{k+1}^* = \left\{ \rho \in \bar{V}_k^* : W_{k+1}(\rho) = \max_{\lambda > k} W_\lambda(\rho) \right\}, \text{ для } k = 1, 2, \dots, L-1 \quad (6)$$

где $\bar{V}_k^* = V \setminus V_1^* \setminus \dots \setminus V_k^*$.

Разбиение на ИМС графа G без оптимизации его структуры приводит к усложнению решаемой задачи и достижения необходимого набора целей и подцелей. К таковым можно отнести задачи оптимизации транспортных и информационно-управляющих процессов, Рассмотрим более подробно эту проблему.

Предложим, для ИМС вида σ , что существует $I_L(G)$ (множество всех разбиений графа G), тогда обозначим

$$f_L(V) = \max_{\sigma \in I_L(G)} H_L(\sigma). \quad (7)$$

Полученное выражение соответствует функциональному уравнению Беллмана [3]:

$$f_L(V) = \max_{X \subseteq V; \Theta(X) \neq X} \left\{ \sum_{\rho \in X} W_L(\rho) + f_{L-1}(V \setminus X) \right\}, \quad (8)$$

где $\Theta(X)$ для произвольного подмножества $X \subseteq V$ есть множество вершин графа G , для которых существует путь из X .

Разработка структуры графа системы со сложной управленческой структурой даже будет весьма сложной и трудоемкой. Поэтому, для реализации рассматриваемой задачи предложен метод упорядоченного перебора подмножеств $X \subseteq V$, который позволит уменьшить время на выполнение данного процесса[2].

В ходе рассмотрения процесса разбиения ориентированного графа без контуров в ИМС пришли к выводу о необходимости определения иерархий, позволяющих найти максимум функционала (4). Полагаем, что в графе G существует множество $I_L(G)$ (L – уровни иерархий). Очевидно, что для любого подмножества множества $I_L(G)$ будут сформированы и известны нижние и верхние границы значений, определяемые следующими равенствами:

$$\overline{V_k^l} = \bigcap_{\sigma \in I} \overline{V_k}, \quad \underline{V_k^l} = \bigcup_{\sigma \in I} V_k. \quad (9)$$

Из этого вытекает следующее выражение:

$$H(\sigma^1) + H(\sigma^2) = H(\min \{\sigma^1, \sigma^2\}) + H(\max \{\sigma^1, \sigma^2\}), \quad (10)$$

где: для любых $\sigma^1, \sigma^2 \in I_L(G)$.

Определяется множества $I_0^L(G)$ оптимальных разбиений при $\sigma^1, \sigma^2 \in I^L(G)$.

Выше полученное выражение преобразуется в:

$$H(\min \{\sigma^1, \sigma^2\}) + H(\max \{\sigma^1, \sigma^2\}) = H(\sigma^1) = H(\sigma^2). \quad (11)$$

Основываясь на полученных результатах, получили множество $I^L(G)$, которое является решеткой в описанном порядке.

Алгоритм определения нижней границы множества всех оптимальных иерархий можно описать следующим образом:

- за начальное приближение выберем иерархию $\sigma^0 = I^L(G)$, такую что $\sigma^* < \sigma^0 = I^L(G)$.
- если иерархия сформирована осуществляем переход на основе оператора A : $\sigma^{k+1} = A(\sigma^k)$
- если выполняется условие: $\sigma^{k+1} = \sigma^k$, тогда поставленная задача решена.

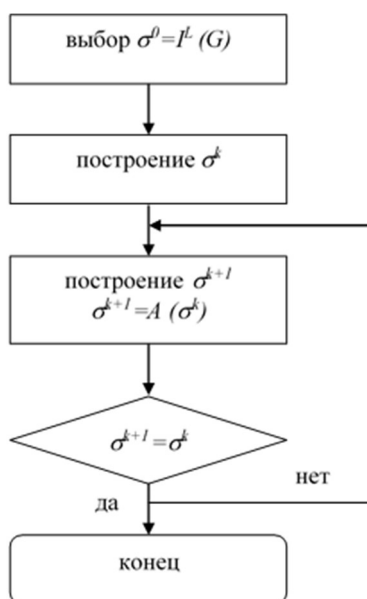


Рисунок 1. Алгоритм нахождения нижней границы множества всех оптимальных иерархий

Разработанный подход позволит выполнить структурированный перебор всех точек пространства решаемой задачи, что эффективнее метода динамического программирования.

После разбиения ориентированного графа без контуров на ИМС необходимо идентифицировать функционирование системы в соответствии целям C_α , а также множеством характеристик, определяющих необходимый минимальный набор задач. Функционирование элементов в ИМОС определяется сформированным набором сформированных подцелей $C_\beta \subseteq C_\alpha$.

Относительную загруженность элементов ρ в ИМС в зависимости от решаемых задач в каждом из рассматриваемых процессов можно определить:

$$w^\alpha(\rho) = \sum_{C_\beta \subseteq C_\alpha} \sum_{i=1}^{\mu_\beta} w_i^\beta(\rho). \quad (12)$$

Определяем несвязанные дуги графа, далее максимизацию функционала осуществляем на основе разбиения вершин графа по группам взаимосвязанных элементов. Определяем $w^i(V_j)$ для $j = \overline{1, m}$.

$$w^i(V_j) = \sum_{\rho \in V_j} w^i(\rho), \quad (13)$$

Последовательно для $i=1, 2, \dots, n$ включаем в V_j те из элементов, для которых

$$w^i(V_j) = \max_{k \geq i} w^k(V_j) \quad (14)$$

Исключая их из дальнейшего рассмотрения. Поэтому, разбиение Q является решением задачи.

На основе выше изложенного разработан метод анализа структуры ИМОС, позволяющий разработать на его основе оптимальную иерархию для решения задач оптимизации транспортных и информационных процессов, которые позволяют наиболее приблизить структуру ИМОС к ее реальной функционирующей системе, а также аналитически обосновать полученные результаты.

Анализ структуры ИМОС с использованием метода дискретного программирования определяет подмножества $V_i \subseteq V$, $i = \overline{1, L}$, которым идентифицируются цели ИМОС по уровням.

Данный подход позволяет разработать семейство подмножеств соответствующих задачам ПУ C_α .

Определим множества структурных элементов V_α^0 , на основе выражений, которые позволят сформировать оптимальную иерархическую структуру управления, соответствующую дереву целей ИМОС.

$$V_\alpha^0 = V_1, \quad V_\alpha^0 = V_\alpha \cap V, \quad |\alpha| > 1, \quad (15)$$

Надо подчеркнуть тот факт, что некоторые из V_α^0 могут быть пустыми. Для оценки структуры ИМОС необходимо идентифицировать ее дереву целей этой системы и для этого необходимо использовать функционал

$$H(S) = \sum_{\alpha \in A} \sum_{\rho \in V_{\alpha}^0} w^{\alpha}(\rho), \quad (16)$$

где $S = \{V_{\alpha}^0 : \alpha \in A\}$, $w^{\alpha}(\rho) = \sum_{j=1}^{\mu_{\alpha}} w_j^{\alpha}(\rho)$.

Очевидно, что

$$H(S) \leq |V|, \quad (17)$$

где $|V|$ - количество элементов множества V .

В том случае, если $H_0 = |V|$ СУ ИМОС соответствует дереву целей этой системы. Исходя из полученных результатов, можно выявить причинно-следственные связи и работы, выполняемые в системе для достижения целей, а также проанализировать результаты экспертных оценок.

Список литературы

- [1] Смоленцева Т.Е., Лаврухина Т.В. Анализ структурных иерархических элементов организационных систем // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2017. № 2 (48). С. 62-69.
- [2] Смоленцева Т.Е. Формирование модели управления иерархическими многоуровневыми организационными системами // Сборник научных трудов международной научно – технической конференции. Проблемы и перспективы развития машиностроения, 2016.-с. 235-238
- [3] Сумин, В.И. Формализация задачи управления социальными системами / Сумин В.И., Смоленцева Т.Е.// Теория конфликта и ее приложения: Всероссийская научно – технич. конференция ч.1.- Воронеж: Воронежский институт высоких технологий.- 2008. - с.133 - 137

УДК 519.872.2

**ВЫБОР ДИСЦИПЛИНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ОБСЛУЖИВАЮЩИХ КАНАЛОВ**

**SELECTION OF SERVICE DISCIPLINE
AT SEPARATE CHARACTERISTICS OF SERVICE CHANNELS**

Лубенец Юрий Владимирович, Юрова Алина Юрьевна
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Yuri Lubenets, Alina Yurova
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В статье рассматривается проблема влияния дисциплины обслуживания на характеристики системы массового обслуживания – вопрос, который возникает, например, когда система может быть вынуждена работать при перегрузках различного типа. Данная проблема исследуется на примере моделирования работы службы, занимающейся ремонтом различных поломок грузовых машин. В ходе моделирования, осуществлявшегося с помощью программы на языке C++, было получено существенное улучшение показателей, если выбор заявки для обслуживания осуществлять в момент освобождения канала и выбирать ту заявку, которая на этом канале имеет меньшее ожидаемое время обслуживания по сравнению с другими каналами, и по схожему принципу выбирать канал для заявки. При определённых значениях нагрузки на систему такая дисциплина обслуживания позволяет сделать устойчивой работу системы, которая в противном случае характеризовалась бы прогрессирующим падением относительной пропускной способности.

Ключевые слова: *система массового обслуживания, дисциплина обслуживания, эмпирическое распределение, относительная пропускная способность.*

Abstract

The article discusses the problem of the influence of service discipline on the characteristics of a queuing system – a question that arises, for example, when a system can be forced to work with overloads of different types. The given problem is investigated on an example of modeling of work of the service which is engaged in repair of various breakages of lorries. In the course of modeling with the help of the C++ program, a significant improvement in the indicators was obtained if the selection of the customer for service is carried out at the moment of a server's release and the customer is selected that has the least expected service time on this server; and by the same principle the server for the customer is selected. With certain values of the load on the system, this service discipline makes it possible to make a stable work of the system, which otherwise would be characterized by a progressive drop in relative throughput.

Key words: *queuing system, service discipline, empirical distribution, relative throughput.*

Введение

Одним из вопросов, возникающих при эксплуатации систем массового обслуживания, является вопрос о том, насколько можно уменьшать количество каналов обслуживания без урона для устойчивости системы (мерой этой устойчивости может служить такой параметр, как относительная пропускная способность, которая показывает, справляется ли система с потоком заявок). Актуальность этой проблемы связана, в том числе с тем, что в реальных системах количество обслуживающих каналов может меняться по каким-то внешним причинам; например, в ремонтном отделе НЛМК первоначально имелось 15 колонн (колонны в этом отделе имеют качества каналов обслуживания), но потом их число снизилось до 8 [1]. В данной статье показывается, что в случае, если характеристики различных каналов обслуживания различны, одним из резервов повышения производительности может выступать дисциплина обслуживания [2], и за счёт правильного распределения заявок по каналам можно добиться приемлемой работы там, где в случае самой простой дисциплины обслуживания (например, FIFO) система бы не справилась с потоком заявок.

1. Модели и методы

1.1. Материал для исследования

В качестве материала для тестирования различных дисциплин обслуживания были выбраны данные об обслуживании различных заявок ремонтным отделом НЛМК в течение двух с половиной лет. При этом 5 наиболее часто встречающихся видов ремонтов рассматривались отдельно, а все остальные виды ремонта были при анализе объединены в один (т.е. для них подбиралась функция распределения, относящаяся к ним ко всем в совокупности). Для каждого вида ремонта определялась, во-первых, функция распределения времени между приходом двух последовательных заявок, во-вторых, функция распределения времени обработки заявки, причём последняя определялась отдельно для каждой из 8 колонн, которые функционировали в описанный период. Таким образом, всего нужно было определить 54 распределения. Поскольку по критерию Пирсона стандартные распределения не подошли к наблюдаемым данным, при моделировании во всех случаях использовалась эмпирическая функция распределения. Если на какой-то колонне не было случаев обслуживания какого-то вида ремонта, то при моделировании в случае, когда соответствующий ремонт попадал на эту колонну, время его обслуживания принималось равным среднему из соответствующих квантилей функции распределения заявок этого типа на других колоннах.

1.2. Средства моделирования

Для моделирования работы использовалась программа на языке C++, написанная с помощью фреймворка Qt. Программа позволяет пользователю выбрать нужное количество серий испытаний, количество заявок пяти основных типов в каждой серии (количество заявок вида «прочий ремонт» на окончание серии не влияло), задействованные колонны (можно было включить или исключить любую колонну из восьми), а также интенсивность обслуживания (можно выбрать нормальную или увеличить поток заявок, уменьшив интервал между ними на определённый процент). Интерфейс программы показан на рис. 1.

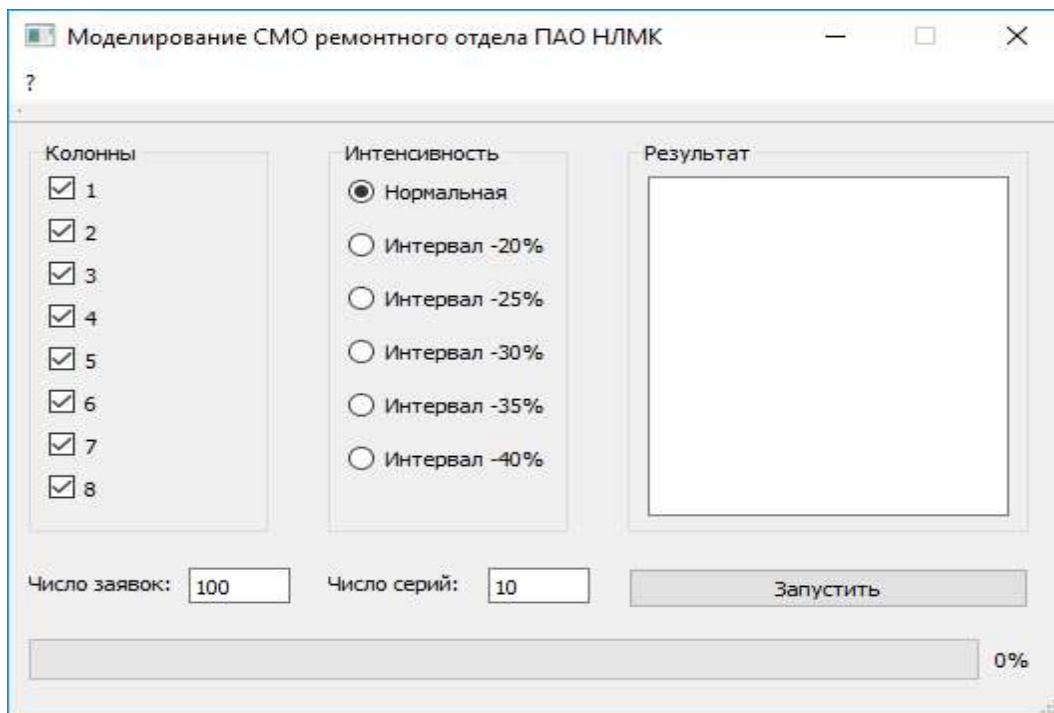


Рисунок 1. Интерфейс программы

Сведения об эмпирическом распределении потока заявок и времени их обработки были добавлены в базу данных MySQL, которая и выступает в качестве входных данных для программы.

Результатом работы программы являются сведения об относительной и абсолютной пропускной способности системы, среднем времени обслуживания заявок и среднем времени ожидания в очереди, а также о среднем числе занятых каналов и среднем числе занятых мест в очереди. Для каждого из этих показателей определяется математическое ожидание и дисперсия. Кроме того, по каждой колонне определяется процент времени, в течение которого она была занята (это позволяет определить, какие колонны более загружены, а какие менее).

1.3. Простейшие улучшения дисциплины обслуживания

Наиболее простой дисциплиной обслуживания является та, при которой первой обслуживается та заявка, которая пришла первой (это называется FIFO [3]), а при наличии нескольких свободных каналов заявка выбирает любой из них. При данной дисциплине различия между каналами и заявками никак не учитываются.

Характеристики системы обслуживания можно несколько улучшить, если при выборе нескольких свободных каналов для заявки выбирать тот, который быстрее обслужит её; и ещё улучшить, если при выборе заявки для освободившегося канала выбирать заявку, которую этот канал может быстрее обслужить. Поскольку время обслуживания не известно точно, а распределено согласно эмпирическому распределению, для сравнения везде бралось математическое ожидание. Эти два улучшения позволили заметно уменьшить среднее число занятых каналов и среднее число занятых мест в очереди (с 4,757 до 4,550 и с 3,599 до 3,305 соответственно; испытания проводились в количестве 100 серий по 10000 заявок в каждой). Ещё более существенным оказалось влияние этих

улучшений на устойчивость системы. Для этого сравним две таблицы, демонстрирующие отдельные характеристики СМО при двух разных дисциплинах обслуживания. Здесь эксперименты проводились на 100 сериях по 1000 заявок.

Первая таблица описывает поведение СМО с дисциплиной FIFO при увеличенной интенсивности заявок, в ней интервал между заявками уменьшен на 40%.

Таблица 1. Характеристики при обслуживании в порядке живой очереди

| | Среднее число заявок в очереди | Среднее время пребывания в системе | Процент необслуженных заявок |
|-----------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 8 колонн | 78,656 | 35,817 | 2,888 |
| 7 колонн | 250,808 | 109,543 | 10,449 |
| 6 колонн | 483,574 | 211,081 | 20,452 |
| 5 колонн | 765,494 | 328,533 | 31,863 |
| 4 колонны | 1105,950 | 6468,118 | 46,236 |

Видно, что даже при всех задействованных колоннах процент необслуженных заявок составляет около 3% и далее растёт с огромной скоростью, то есть система, по сути, не справляется с потоком заявок. Вторая таблица описывает поведение той же СМО с такой же интенсивностью, но с теми улучшениями дисциплины обслуживания, о которых было сказано.

Таблица 2. Характеристики при улучшении дисциплины обслуживания

| | Среднее число заявок в очереди | Среднее время пребывания в системе | Процент необслуженных заявок |
|-----------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 8 колонн | 47,358 | 3,879 | 0,330 |
| 7 колонн | 161,379 | 4,108 | 0,346 |
| 6 колонн | 408,556 | 4,348 | 0,353 |
| 5 колонн | 675,368 | 4,759 | 0,357 |
| 4 колонны | 985,643 | 6,995 | 0,483 |

Видно, что среднее число заявок в очереди и среднее число занятых каналов по-прежнему растут с уменьшением числа колонн, но самая важная характеристика – процент необслуженных заявок – остаётся в пределах полпроцента. Благодаря маневрированию заявками система сохранила устойчивость, несмотря на чудовищную перегрузку (половина каналов отключена, а поток увеличился почти в два раза). Надо отметить, что колонны исключались из работы не произвольно, а в соответствии с их средней загрузкой, то есть та колонна, которая была загружена меньшее количество времени (из-за своей относительной слабости по сравнению с другими колоннами) отключалась первой.

Характер увеличения среднего числа заявок в очереди можно проанализировать с помощью различных средств построения регрессии. Здесь, впрочем, каких-либо интересных результатов пока не получено; можно сказать, что при какой-то интенсивности обслуживания зависимость носит линейный характер, а при какой-то другой – гиперболический, но причины этого авторами пока не установлены.

1.4. Дальнейшие улучшения дисциплины обслуживания

Описанная в предыдущем разделе дисциплина обслуживания позволила существенно улучшить характеристики рассматриваемой СМО, но, тем не менее, у неё есть существенные недостатки, которые при других соотношениях времени обслуживания различных заявок на различных каналах могли бы оказаться решающими. В самом деле, предположим, что какая-то заявка имела бы меньшее ожидаемое время обслуживания на всех каналах; в таком случае при выборе между нею и заявкой любого другого типа всякий освободившийся канал выбирал бы её, между тем преимущества данного канала могли бы куда ярче проявиться на какой-то другой заявке. В связи с этим возникает необходимость подбора такой дисциплины обслуживания, которая учитывала бы сравнительные преимущества различных каналов в обслуживании различных заявок, обеспечивая оптимальное распределение труда между ними.

Вопрос затрудняется тем, что каждому каналу приходится сравнивать ожидаемое время обслуживания заявки не с одним каналом-соседом, а со всеми, при этом часть каналов может иметь лучшие характеристики, а часть – худшие. При этом вероятность попадания заявки на каждый из соседних каналов, вообще говоря, неизвестна, и вычислить её аналитически не представляется возможным. В данной работе предлагается определить эти вероятности итерационным путём.

Для начала, предположим, что вероятность попадания заявки на каждый из каналов одинакова. В этом случае можно предложить следующий алгоритм выбора обслуживаемой заявки из имеющихся. Пусть имеется набор заявок с номерами $i = 1, \dots, m$ и набор колонн с номерами $j = 1, \dots, n$, и пусть ожидаемое время обслуживания этих заявок на этих колоннах T_{ij} . Тогда освободившаяся колонна j выбирает себе заявку i по критерию

$$T_{ij} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^n \frac{T_{ik}}{n-1} \rightarrow \min, \quad (1)$$

то есть такую заявку, обслуживание которой даст максимальный ожидаемый выигрыш по сравнению со средним временем её обслуживания по остальным колоннам.

Выполнив серии испытаний с такой дисциплиной обслуживания, можно посчитать по их итогам эмпирическую вероятность попадания заявки на колонны, и после этого принимать попадания каждой заявки на колонны уже не равновероятными, а имеющими определённую вероятность p_{ij} . Критерий после этого изменится на следующий:

$$T_{ij} - \frac{\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^n p_{ik} T_{ik}}{1 - p_{ij}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

После нужного количества испытаний можно пересчитать эмпирические вероятности и запустить испытания ещё раз, с пересчитанными вероятностями. Этот процесс пересчёта можно продолжать до бесконечности. Будет ли полученная последовательность вероятностей иметь какой-то определённый предел, или она, в конце концов, зациклится между несколькими точками сгущения (которые у неё должны быть, так как все вероятности ограничены), авторам неизвестно, но при тех испытаниях, которые они провели, характеристики системы массового обслуживания непрерывно улучшались. Этот процесс показан в табл. 3.

Таблица 3. Характеристики СМО на различных итерациях

| | Среднее число занятых каналов | Среднее число заявок в очереди |
|---|-------------------------------|--------------------------------|
| Контрольные | 4,550 | 3,305 |
| 1-я итерация (равные вероятности) | 4,523 | 3,240 |
| 2-я итерация | 4,518 | 3,200 |
| 3-я итерация | 4,505 | 3,159 |
| 4-я итерация | 4,502 | 3,145 |

При каждой итерации проводилось 100 серий по 10000 заявок. Исходя из того, что на каждой последующей итерации характеристики системы лучше, чем на предыдущей, а эмпирические вероятности после третьей и четвертой итерации различаются максимум в третьем знаке после запятой, можно предположить, что предел у последовательности вероятностей таки существует. При достижении этого предела эмпирические вероятности, посчитанные по сериям испытаний, и те вероятности, исходя из которых принимают решение колонны, будут совпадать друг с другом, и можно будет сказать, что модель адекватна действительности. Тем не менее, пока нельзя сказать, возможно ли улучшить характеристики СМО, полученные при таких вероятностях, или же возможно придумать какую-то другую дисциплину обслуживания, которая позволяла бы их оптимизировать.

2. Обсуждение полученных результатов

Полученные результаты показывают, что неоднородность имеющихся каналов обслуживания является существенным фактором работы системы массового обслуживания, который заслуживает учёта и соответствующих практических выводов. Одним из способов учесть этот фактор является модификация дисциплины обслуживания, которая позволяет улучшить характеристики СМО и повысить её устойчивость к перегрузкам различного вида.

Список литературы

- [1] Юрова А.Ю., Лубенец Ю.В. Моделирование и анализ системы массового обслуживания ремонтного отдела предприятия // Машиностроение. Тенденции развития современной науки: мат-лы науч. конф. студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. – Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2018. – с. 232 – 235.
- [2] Ватолкин М.Ю., Дерр В.Я. Системы массового обслуживания: конспект лекций. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2015. – 28 с.
- [3] Егоров А.С. Системы массового обслуживания // Материалы Всероссийской студенческой научной конференции (с международным участием). – Ульяновск, 2014. – с. 62 – 66.

УДК 621.313.333.

ЭЛЕКТРОПРИВОД ЦЕПНОГО КОНВЕЙЕРА НА БАЗЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВЕКТОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И УЛУЧШЕННЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

ELECTRIC DRIVE OF A CHAIN CONVEYOR BASED ON INDUCTION MOTOR WITH VECTOR CONTROL AND IMPROVED ENERGY PERFORMANCE

Мещеряков Виктор Николаевич, Данилов Владимир Владимирович
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Victor Meshcheryakov, Vladimir Danilov
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Рассмотрена работа электропривода цепного конвейера стана горячей прокатки, реализованного на базе асинхронного двигателя с частотным управлением, осуществляющего транспортировку рулонов на склад. Проведен анализ уравнений, описывающих работу асинхронного электродвигателя и определены условия достижения минимума тока статора. Проведен анализ работы типовой системы векторного управления частотного преобразователя. Разработана имитационная математическая модель электропривода в программном продукте Matlab Simulink. Проведена проверка адекватности разработанной математической модели. Выявлены имеющиеся недостатки типовой системы управления и предложено дополнительное корректирующее устройство, позволяющее снизить среднее значение тока статора. Приведены графики переходных процессов.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, векторное управление, коррекция, компьютерное моделирование.

Abstract

This paper considers the performance of the hot rolling mill chain conveyor electric drive, with an induction motor and frequency control, which transports the metal rolls to the warehouse. We analyze the equations describing the motor operation and determine the conditions for achieving a minimum of the stator current. We carry out the analysis of a typical vector control system of a frequency converter. We develop mathematical model of the electric drive in the Matlab Simulink. We verify the adequacy of the developed mathematical model. We determine existing weaknesses of the typical control system and propose additional correction device that reduces the average value of the stator current. Graphs of transient process are given in this paper

Key words: induction motor, vector control, correction, computer simulation .

Введение

Одним из широко применяемых типовых механизмов транспортировки металла в металлургическом прокатном производстве являются цепные конвейеры. Конвейер

представляет две или более ветви цепей, натянутыми между приводными и холостыми звездочками. Большая часть данных механизмов, установленных на металлургических предприятиях имеют регулируемый привод постоянного тока. В настоящий момент ведется активная работа по модернизации электроприводов цепных конвейеров, заключающаяся в замене двигателей постоянного тока на асинхронные электродвигателя, а также замене тиристорных преобразователей постоянного тока на современные частотные преобразователи переменного тока. При этом, для обеспечения пускового момента мощность асинхронного электродвигателя зачастую принимается большей, по сравнению с двигателем постоянного тока. Это приводит к работе электропривода переменного тока в статических режимах с низким коэффициентом использования по моменту. Типовые частотные преобразователи переменного тока, имеющие унифицированные структурные схемы систем управления, не учитывают необходимость улучшения энергетических показателей электропривода при работе с нагрузками меньше номинальной.

1. Теоретический анализ

Для аналитических исследований режимов работы асинхронного электродвигателя с векторным управлением целесообразно использовать запись уравнений в ортогональной системе координат d-q [1]:

$$U_{1d} = i_{1d} \cdot R_1 + d\Psi_{1d}/dt - \omega\Psi_{1q}; \quad (1)$$

$$U_{1q} = i_{1q} \cdot R_1 + d\Psi_{1q}/dt + \omega\Psi_{1d}; \quad (2)$$

$$0 = i'_{2d} \cdot R'_2 + d\Psi_{2d}/dt - (\omega - \omega_2) \cdot \Psi_{2q}; \quad (3)$$

$$0 = i'_{2q} \cdot R'_2 + d\Psi_{2q}/dt + (\omega - \omega_2) \cdot \Psi_{2d}; \quad (4)$$

$$\Psi_{1d} = L_1 i_{1d} + L_m i'_{2d}; \quad (5)$$

$$\Psi_{1q} = L_1 i_{1q} + L_m i'_{2q}; \quad (6)$$

$$\Psi_{2d} = L'_2 i'_{2d} + L_m i_{1d}; \quad (7)$$

$$\Psi_{2q} = L'_2 i'_{2q} + L_m i_{1q}; \quad (8)$$

$$M = \frac{3}{2} \cdot \frac{L_m}{L'_2} \cdot p_n \cdot \Psi_2 \cdot I_{1q}; \quad (9)$$

$$M(p) - M_c(p) = p \cdot J \cdot \omega(p), \quad (10)$$

где: U_1 – напряжение статора; i_1 – ток статора; R_1 – активное сопротивление цепи статора; Ψ_1 – потокосцепление статора; Ψ_2 – потокосцепление ротора; ω_2 – скорость вращения ротора; ω – скорость вращения поля статора и системы координат; L_1 – индуктивность статора; L'_2 – приведенная индуктивность ротора; L_m – взаимная индуктивность статора и ротора; J – момент инерции двигателя; p_n – число пар полюсов двигателя.

Векторная диаграмма асинхронного двигателя в системе координат d-q, отображающая взаимное расположение проекций вектора тока статора и потокосцепления ротора приведена на рис. 1.

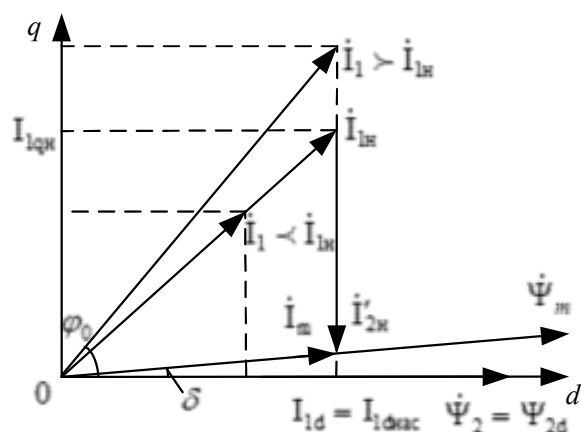


Рисунок 1. Векторная диаграмма асинхронного двигателя в системе координат d-q

Исходя из анализа уравнения для электромагнитного момента (9), а также векторной диаграммы следует, что при работе электродвигателя с моментом статическим, меньшим номинального значения тока статора определяется значением продольной (намагничивающей) составляющей тока статора I_{1d} . Исходя из этого следует, что получение минимального значения тока статора при поддержании заданного значения статического момента на валу электродвигателя возможно при равенстве продольной (намагничивающей) I_{1d} и поперечной (мометообразующей) составляющих тока статора I_{1q} .

$$I_d = I_q \Rightarrow \min I_1 \quad (11)$$

2. Описание методики проведения исследований

В качестве объекта исследования был принят цепной конвейер цеха холодной прокатки ПАО «НЛМК» который осуществляет транспортировку рулонов от зоны моталок цеха горячего проката на склад рулонов. На данном конвейера установлен асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором АДЧР355SMB6У2 ($P_{\text{ном}} = 200$ кВт, $U_{\text{ном}} = 380$ В, $I_{\text{ном}} = 382$ А). Для управления электродвигателем применен преобразователь частоты SIEMENS SINAMICS G120 на базе автономного инвертора напряжения.

Преобразователь использует типовую структуру векторного управления фирмы TRANSVECTOR с ориентацией по вектору потокосцепления ротора. Функциональная схема системы управления показана на рис. 2. Стандартная система состоит из блоков 1 – 19 и содержит в себе два независимых канала задания скорости 1 – 6, и потокосцепления ротора 10 – 15, блоков координатных преобразований и вычисления неизмеряемых величин 7,16-19, а также блоков управления силовой частью инвертора Их подробное функциональное описание приводится в [2, 3].

Цепной конвейер имеет шаговый режим работы, момент на валу электродвигателя имеет высокоамплитудные низкочастотные колебания, это обусловлено наличием массивных звеньев цепи.

Исследование работы электропривода проводилось с помощью встроенного в прикладной программный продукт для конфигурирования преобразователей частоты SIEMENS STARTER цифрового осциллографа Device Trace. С его помощью были получены зависимости от времени значений скорости электродвигателя, электромагнитного момента, продольной и поперечной составляющих тока статора. В результате анализа полученных графиков зависимости выявлено, что в статическом режиме электропривод

ния статического момента на валу электродвигателя и сохранения динамических характеристик. Работа системы электропривода цепного конвейера на базе асинхронного электропривода с векторным управлением и корректирующим устройством была исследована на

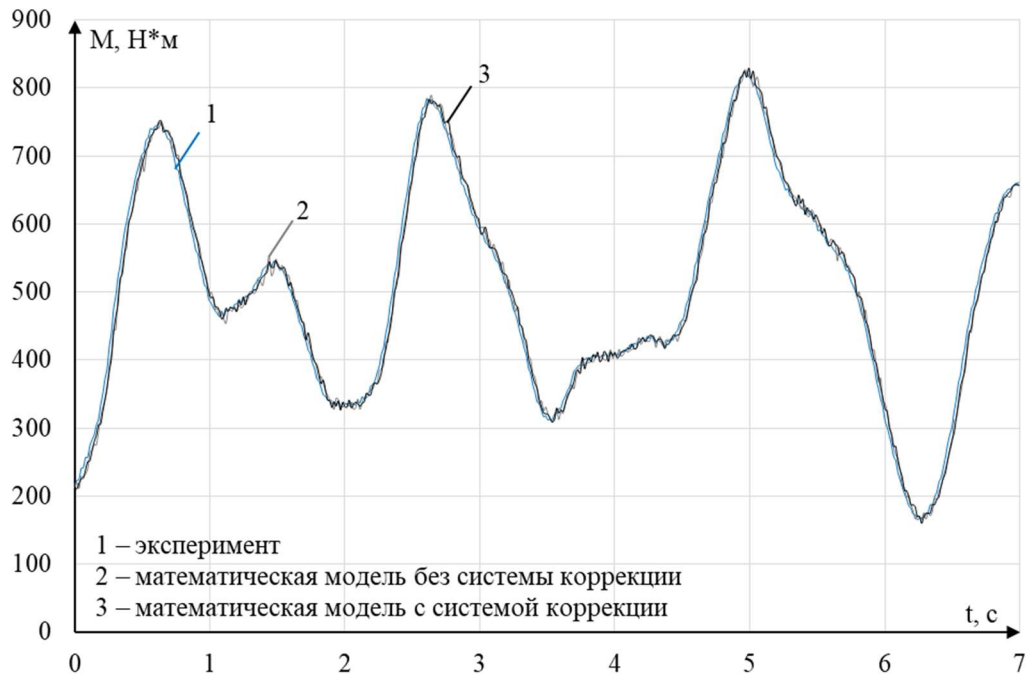
Рисунок 3. Графики зависимости $M=f(t)$ Рисунок 4. Графики зависимости $\omega=f(t)$



Рисунок 5. Графики зависимости $I_{1d}=f(t)$, $I_{1q}=f(t)$

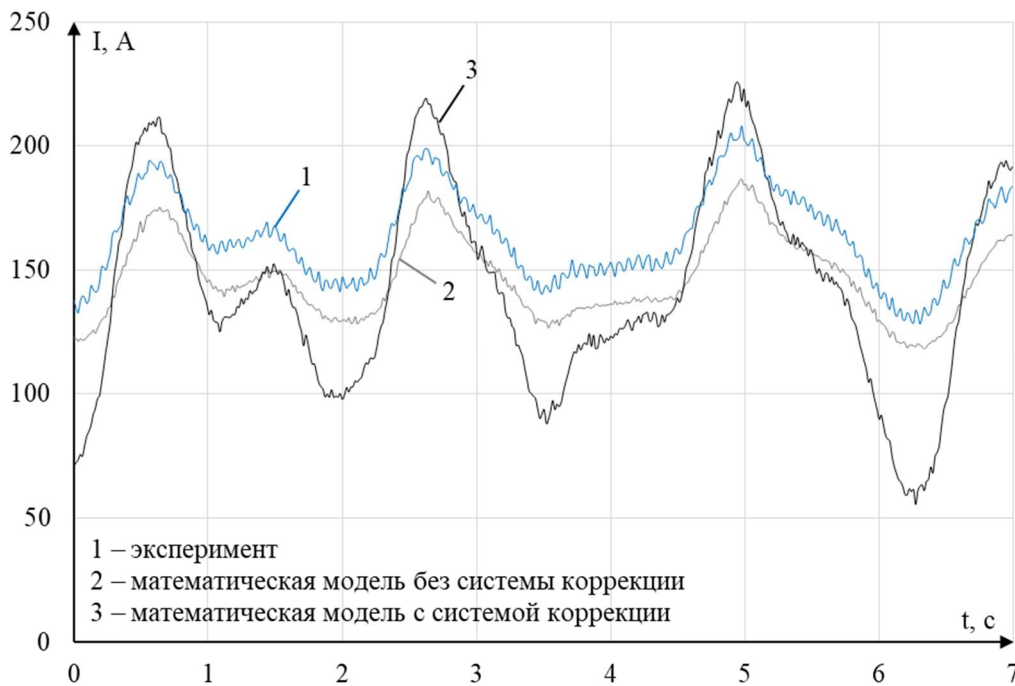


Рисунок 6. Графики зависимости $I=f(t)$

математической модели. Графики зависимости электромагнитного момента, скорости, продольной составляющей тока статора, поперечной составляющей тока статора, тока статора от времени, полученные экспериментальным путем, а также при математическом моделировании приведены на рис. 3 - 6.

3. Обсуждение полученных результатов

Анализ полученных при математическом моделировании результатов показывает, что применение предложенной системы коррекции, направленной на улучшение энергетических показателей работы электропривода, позволило снизить среднее значение тока статора электродвигателя на 4,5 % за цикл работы конвейера. Полученное снижение тока статора свидетельствует об эффективности предложенной системы коррекции и позволяет сделать вывод о целесообразности разработки блоков коррекции для типовых систем векторного управления, направленных на улучшение энергетических показателей работы электроприводов переменного тока [5,6].

Список литературы

- [1] *Bose, B. K.* Modern power electronics and AC drives / B. K. Bose. – New Jersey, USA: Prentice Hall PTR. – 2002. – 711 pp.
- [2] *Blaschke, F.* Das Prinzip der Feldorientierung die Grundlage für die TRANSVECTOR - Regelung von Asynchronmaschinen / F. Blaschke // Siemens-Zeitschrift. - 1971. - №45. - P.757.
- [3] *Мещеряков В.Н., Данилов В.В.* Повышение энергоэффективности асинхронного электропривода с векторным управлением за счет регулирования продольной составляющей тока статора при неполной статической нагрузке // Электротехнические системы и комплексы. 2018. № 3(40). – С. 4-11.
- [4] Электропривод переменного тока // Патент RU 180979 U1. 2018. Бюл. №19 / Мещеряков В.Н., Данилов В.В, Мещерякова О.В. [и др.]
- [5] *Мещеряков В.Н., Черкасова В.С., Мещерякова О.В.* Коррекция системы векторного управления асинхронным электроприводом // Системы управления и информационные технологии. 2015. №3(61). – С.36-38.
- [6] *Мещеряков В.Н., Левин П.Н., Синюкова Т.В.* Повышение эффективности поискового алгоритма для оптимизации энергосбережения за счет формирования магнитного потока асинхронного двигателя // Приборы и системы, управление, контроль, диагностика. 2014. №6. - С.25-30

УДК 620.92; 313.3

**ПЕРСПЕКТИВЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА С
БЕСКОНТАКТНОЙ СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**PERSPECTIVES AND TRENDS OF ELECTRIC VEHICLE DEVELOPMENT WITH
THE WIRELESS CHARGING SYSTEM**

Мещерякова Ольга Викторовна¹, Мещеряков Виктор Николаевич¹,
Валтчев Станимир Стоянов²

¹ Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

² Новый университет Лиссабона, Лиссабон, Португалия

Olga Meshcheryakova¹, Victor Meshcheryakov¹, Stanimir Valtchev²

¹ Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

² Universidade Nova de Lisboa, Lisbon, Portugal

Аннотация

Развитие технологий приводит к увеличению количества электротранспорта на дорогах мира. Для функционирования электротранспорта (электромобилей, электробусов, мобильных роботов) разрабатываются технологии быстрой зарядки батарей и беспроводной передачи энергии во время стоянки и движения транспорта. В тоже время электротранспорт потенциально может являться не только потребителем энергии, но и важнейшим звеном в процессе передачи энергии. В данной статье рассмотрено место электротранспорта в новой концепции Интернета энергий, а также задачи, которые необходимо решить для его оптимального использования.

Ключевые слова: электротранспорт, Интернет энергии, передача энергии

Abstract

Growth of technology leads to an increase in the number of electric vehicles (EV) on the roads in the world. The technologies of rapid battery charging and wireless charging on the parking and on the move are developing for electric vehicles – EV (electric cars, electric buses, mobile robots). At the same time, electric transport can potentially be not only a consumer of energy, but also an important link in the process of energy transfer. In this article, the place of electric vehicles in the new concept of the Internet of Energy is considered, as well as the problems that must be solved for its optimal use.

Key words: electric vehicle, Internet of Energy, energy transfer

Введение

Транспортные средства предназначены для перевозки людей и грузов. Современные технологии меняют наши представления о транспорте и его функциях. В США суммарная мощность всех легковых машин в 24 раза больше мощности, производимой электрогенерирующей системой [1]. Электромобили могут не только потреблять энергию из сети, но и транспортировать ее на расстоянии и передавать в сеть по модели V2G

(Vehicle-to-grid) [2]. Помимо пассажирских электромобилей такую функцию могут выполнять мобильные роботы, которые предназначены для автоматического перемещения полезной нагрузки и рабочих объектов в пространстве. Возможно создание отдельного класса роботов, предназначенных для транспортировки энергии, или наделение роботов различного назначения функцией передачи энергии.

С каждым годом увеличивается количество электромобилей и электробусов. В китайском городе Шеньчжэне весь парк автобусов, составлявший к концу 2017 года 16 359 единиц, работает на электрической тяге [3]. Пятичасовая зарядка гарантирует 250 километров езды, что составляет практический полный рабочий день. Электробусы заряжаются ночью, когда цены на электроэнергию ниже, а также подзаряжаются на терминалах вне рейсов.

В энергосистеме транспортные средства являются потребителями. Однако современная энергетика претерпевает изменения, а на смену традиционной энергосистеме приходит, так называемый, Интернет Энергий - Internet of Energy (IoE), в котором передача энергии построена по принципу передачи информации в Интернете. В новой парадигме транспорт является не только потребителем, но и активным участником системы, способным отдавать энергию обратно в сеть.

Тенденции развития электротранспорта ставят новые задачи, в частности разработка более емких батарей, способов быстрой зарядки, а также развитие информационной системы, поддерживающей транспортную инфраструктуру и управляющей ей без участия человека.

1. Место электротранспорта в новой энергосистеме

1.1. Интернет энергии

В настоящее время существующая энергосистема построена по принципу «производство – распределение – сбыт – потребление». Однако, современные разработки в сфере энергетике, транспорта, автоматизации, информационных систем создали предпосылки к принципиально иному подходу к модели электроэнергетики, в которой участники рынка свободно обмениваются энергией. В этом подходе, получившем название «Интернет энергии», обмен энергии построен по модели обмена информации в Интернете. «Интернет энергии» по сути является следующей ступенью концепции умных энергосетей – Smart Grid. По данным, приведенным в [4], переход к концепции «Интернета энергии» позволит повысить надежность энергосистемы и сократить стоимость электроэнергии на 30%. Интернет энергии предполагает беспрепятственный обмен энергии между производителями и потребителями, способом аналогичным обмену информации в Интернете.

Основные предпосылки к переходу к новой модели энергосистемы заключаются в следующем: во-первых, объекты существующей инфраструктуры устарели и требуют модернизации, но привлечение инвестиций при сохранении существующей структуры мощностей приведет к росту цены на энергию для потребителей; во-вторых, современные тренды, такие как Интернет вещей, цифровое производство, электротранспорт, предъявляют требования к доступности, надежности, качеству электроэнергии; в-третьих, потребители электроэнергии могут стать активными субъектами энергетике, потребляя и возвращая энергию в сеть, благодаря таким технологиям как возобновляемые источники энергии, средства регулирования нагрузки, накопители энергии (батареи) [4].

Архитектура «Интернета энергии» состоит из следующих элементов: источники энергии, в том числе возобновляемые (солнечные панели, ветрогенераторы, биотопливо), устройства с управляемым энергопотреблением (бытовые приборы, автомобили и прочее), интеллектуальные маршрутизаторы, осуществляющие контроль энергообмена

между системами. Платформа управления и сервисов представляет собой глобальную информационную среду, в которой интеллектуальные программные агенты могут контролировать и управлять энергообменом без участия человека. На рис. 1, рассмотренным в [4], представлена схема информационного обмен между источниками и потребителями энергии.

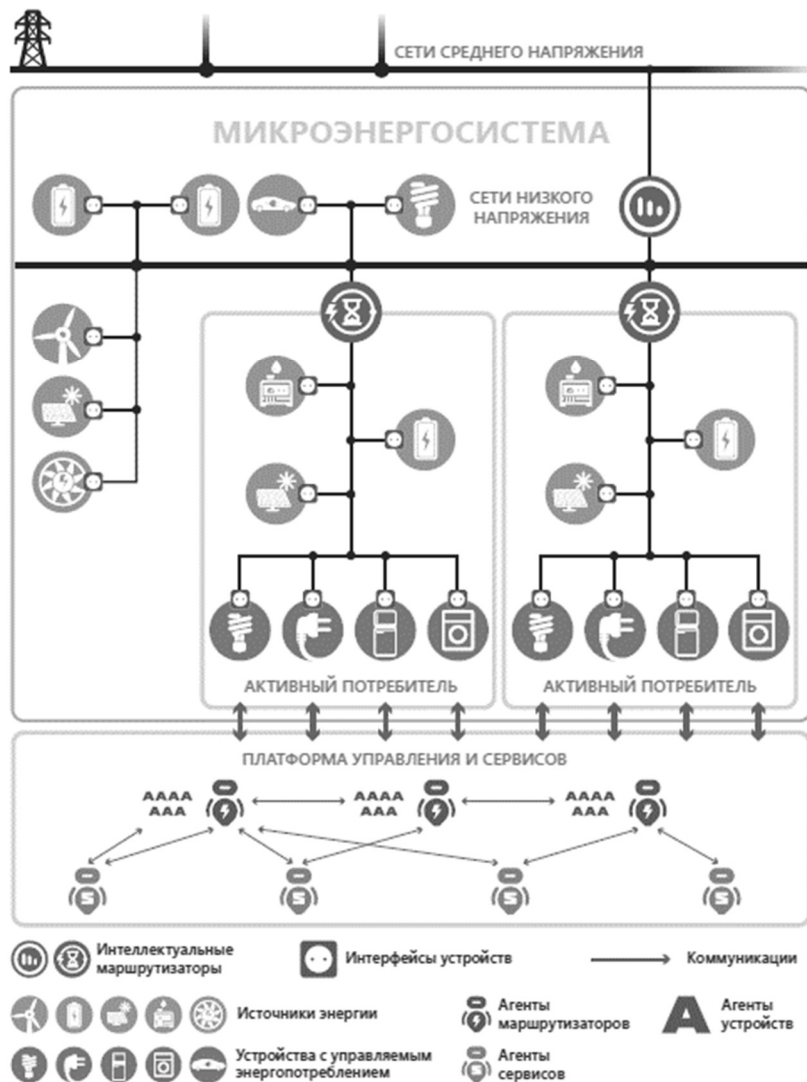


Рисунок 1. Архитектура Интернета энергии [4]

В новой модели энергетики электротранспорт может выступать не только в роли потребителя, но и являться важнейшим звеном в процессе передачи энергии.

1.2. Технологии взаимодействия между электромобилями, источниками питания и окружающей средой

Существует несколько концепций передачи энергии между электромобилями и сетью: от сети к электромобилю – G2V (Grid-to-Vehicle); от электромобиля в сеть – V2G (Vehicle-to-grid). В настоящее время электро- и гибридные автомобили широко распространены в Китае, Европе, США и Японии. Количество гибридных и электромобилей в Китае в 2017 г. достигло 1 млн., а количество зарядных станций – 161 000 ед. [5].

Концепция V2G представляет собой двунаправленную технологию зарядки [2]. В многих странах цены на электроэнергию отличаются в зависимости от времени суток и пиковых нагрузок. Владельцы автомобилей с технологией V2G получают возможность заряжать свой транспорт по низкой стоимости и продавать энергию в сеть, когда машина припаркована и не используется. Кроме того, электромобиль может выступать в качестве бесперебойного источника питания для дома или электроприборов.

Также разрабатывается концепция взаимодействия между автомобилями – V2V (Vehicle-to-Vehicle) [6], автомобилем и устройством – V2D (Vehicle-to-Device), автомобилем и инфраструктурой, например, светофорами и дорожными знаками – V2I (Vehicle-to-Infrastructure), автомобилем и пешеходом – V2P (vehicle-to-Pedestrian) с помощью выявления частотных диапазонов смартфонов. Эти системы связи предназначены для обмена информацией и дорожном движении и обеспечения безопасности движения.

1.3. Новые функции автомобилей

В новой парадигме электромобили помимо основной функции перевозки пассажиров могут выполнять другие задачи. На рис. 3. представлены функции электромобиля, которые позволят максимально использовать его возможности. В новой концепции Интернета энергии электромобиль может выполнять функции транспортировки пассажиров, генерации энергии и транспортировки энергии.

Перевозка пассажиров является главной и единственной задачей автомобилей на сегодняшний день. Однако, транспортная функция автомобиля претерпевает изменения в результате развития технологий искусственного интеллекта, применяемых для создания беспилотных систем. Системы автоматического управления автомобилем предусматривают установку датчиков (Lidar, камеры, систем позиционирование GPS, Глонасс и др.), разработку программного обеспечения (с использованием машинного зрения, нейронных сетей) для управления автомобилем без участия человека.

Другая возможная функция автомобилей - генерация энергии в моменты простоя автомобиля, что составляет до 90% времени. Развитие технологий может позволить генерировать энергию с помощью топливных ячеек.

Транспортировка энергии с помощью электробусов, которые получают, хранят и распространяют энергию от возобновляемых источников, рассматривается в [2]. Автобусы могут быть использованы для передачи энергии зарядным станциям, от которых будут заряжены другие автобусы. Также в работе [2] предлагаются алгоритмы для оптимального размещения зарядных станций на маршрутах автобусов для минимизации количества станций и потерь при передаче энергии.

Объединение технологии V2G и преимуществ мобильности транспорта дает естественный способ передачи энергии на расстоянии. Таким образом, электромобиль или мобильный робот может быть заряжен от возобновляемых источников энергии, доехав до зарядной станции, отдать часть энергии в сеть или батареи зарядной станции, от которых в последствии может зарядиться другое транспортное средство. Необходимо предусмотреть дополнительные требования к батареям электротранспорта при работе по схеме V2G. Количество циклов зарядки батарей будет увеличено.



Транспортировка пассажиров

Беспилотный автомобиль оборудован системой автоматического управления и выполняет традиционную функцию перевозки пассажиров



Энергоустановка

Гибридный автомобиль может работать в режиме энергоустановки и продавать энергию в сеть в периоды простоя (87% времени)



Транспортировка энергии

Автомобиль может выступать в роли перевозчика энергии на расстоянии в труднодоступные места или от одной зарядной станции к другой

Рисунок 3. Функции автомобилей

2. Беспроводная зарядка электротранспорта

Электромобили получают все большее распространение, однако они имеют несколько ограничений: запас хода на одном заряде, время полной зарядки батареи более 1 часа и стоимость батареи, составляющая до 40% от стоимости автомобиля. Для борьбы с этими ограничениями разрабатываются технологии беспроводной зарядки автомобиля во время движения. Беспроводная передача энергии по воздуху позволит электромобильям ездить неограниченное время без остановок для подзарядки.

Основная идея беспроводной зарядки электромобилей заключается в размещении в нижней части транспортного средства приемника, который получает энергию от индукционных катушек [7], расположенных под дорожным покрытием на определенном расстоянии друг от друга. Расстояние 20 см между приемником автомобиля и дорожным полотном достаточно для передачи энергии.

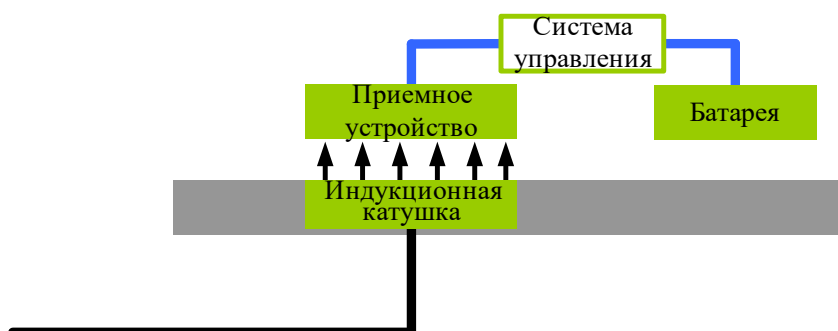


Рисунок 2. Схема беспроводной зарядки автомобиля

Помимо задач разработки технологий беспроводной передачи энергии электромобилям во время движения стоит задача обеспечения информационного обмена между автомобилями и инфраструктурой автодорог. Требуется разработать архитектуру информационной системой, позволяющей обеспечить движение автомобилей и автобусов без участия человека. Необходимо рассмотреть множество вопросов: как контролировать зарядку автомобиля, как проводить оплату за пользование зарядными устройствами, как выбрать оптимальный алгоритм зарядки на выбранном маршруте?

При разработки оптимального алгоритма зарядки на выбранном маршруте следует учитывать ряд ограничений: количество зарядных устройств на маршруте и их точное местоположение; стоимость подзарядки; ограничение скорости на маршруте; зависимость скорости зарядки от скорости движения автомобиля; особенность рельефа на маршруте, влияющие на скорость движения (повороты, требующие торможения, подъемы, спуски); состояние дороги, влияющее на передачу энергии (дождь, гололед на дороге); количество переданной энергии, зависящее от технического состояния индукционной катушки, от технического состояния приемного устройства; и прочее.

Необходимо разработать алгоритмы зарядки: регулировать скорость движения автомобиля, так как, чем меньше скорость движения, тем больше энергии передается от индукционной катушки; выбирать маршруты, позволяющие добраться за меньшую стоимость или точно ко времени.

Интеллектуальная система управления автомобилем должна сама строить оптимальный маршрут, следовать правилам дорожного движения, выбирать алгоритм подзарядки, осуществлять локализацию и навигацию, следить за всеми внешними (расстояние до других машин, объектов инфраструктуры, пешеходов, положение относительно разметки дороги и пр.) и внутренними параметрами (уровень заряда, состояние всех систем и пр.), обмениваться информацией с внешней средой (маршрут, уровень заряда и прочее).

На данном этапе развития автотранспорта одной из основных задач является разработка беспилотных автомобилей, управления которыми не требуется участия человека и все решения принимает интеллектуальная система. Однако, для обеспечения безопасного движения требуется взаимодействие отдельных единиц транспорта друг с другом, а также с окружающей средой. Таким образом, необходима единая платформа, которая могла бы обеспечить информационный обмен. Архитектура Интернета энергии, приведенная на рис. 1, сможет предоставить необходимую для беспилотных автомобилей платформу управления. Сервисы могут регулировать передачу информации между автомобилем, зарядными устройствами, дорожными объектами и другими участниками дорожного движения. Также сервисы могут регулировать оплату за проезд и подзарядку. Другие сервисы могут отвечать за навигацию автомобиля и построение оптимального маршрута, ориентируясь не только на кратчайший, но и менее энергозатратный маршрут.

3. Заключение

На данном этапе развития автотранспорта одной из основных задач является разработка беспилотного систем. Информационная платформа в модели Интернета энергии может служить средством для координации взаимодействия системы управления автомобиля,

дорожной инфраструктуры, в том числе зарядных устройств в виде индукционных катушек, передающих энергию во время движения автомобиля. Различные программные сервисы информационной платформы могут выполнять задачи навигации, управления движением, управлением зарядки автомобиля.

Список литературы

- [1] *W. Kempton, J. Tomic*. Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy. – *J. Power Sources*, 28, № 5, Jun. 2005, pp. 280-294.
- [2] *Ping Yi, Ting Zhu, Bo Jiang, Ruofan Jin, Bing Wang*. Deploying Energy Routers in an Energy Internet Based on Electric Vehicles. – *IEEE Transactions on vehicular technology*, 65, № 6, June 2016, pp. 4714-4725.
- [3] *Lu Lu, Lulu Xue, Weimin Zhou*. How Did Shenzhen, China Build World’s Largest Electric Bus Fleet. April 2018. [В Интернете]. World Resources Institute Available: <https://www.wri.org/blog/2018/04/how-did-shenzhen-china-build-world-s-largest-electric-bus-fleet>. [Дата обращения: 25.09.2018].
- [4] *В.Н. Княгин, Д.В. Холкин*. Цифровой переход в электроэнергетике России. Москва, сентябрь 2017.
- [5] «Парк электромобилей и гибридов в Китае превысил 1 млн машин,» [В Интернете]. Available: <https://www.vedomosti.ru/auto/news/2017/08/09/728730-park-ektromobilei-v-kitae>. [Дата обращения: 19.09.2018].
- [6] *Rongqing Zhang, Xiang Cheng, Liuqing Yang*. Flexible Energy Management Protocol for Cooperative EV-to-EV Charging. – 2016 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2016.
- [7] *Sid Assawaworrarit, Xiaofang Yu, Shanhui Fan*. Robust wireless power transfer using a nonlinear parity–time-symmetric circuit. – *Nature*, № 546, p. 387–390.

УДК 004.942

НЕЙРОСЕТЕВОЕ РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКА АВТОМАГИСТРАЛИ

NEURAL NETWORK BASED MODELING OF STOCHASTIC FREEWAY SEGMENT CAPACITY

Сысоев Антон Сергеевич, Сараев Павел Викторович
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Anton Sysoev, Pavel Saraev
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В статье предлагается подход к ремоделированию пропускной способности участка автомагистрали. В качестве исходных данных для построения модели использованы зафиксированные в момент транспортного затора значения интенсивности движения потока, ассоциированные с пропускной способностью, а также значения, полученные с помощью оценки показателя с учетом его стохастической природы. Проведенные численные эксперименты показали высокую точность предлагаемого подхода.

Ключевые слова: пропускная способность, автомагистраль, ремоделированные, нейронные сети

Abstract

The paper proposed an approach to Remodeling a freeway section capacity. As an initial data for the proposed model there were used two types of parameters. Data of the first type are traffic flow rates obtained during congested regime and associated with capacity rates and data of the second type are estimated rates of capacity obtained using stochastic nature of this parameter. Conducted numerical experiments showed, that all proposed models have an acceptable accuracy and give good results.

Key words: capacity, freeway, remodeling approach, artificial neural networks.

Введение

Для анализа и дальнейшего прогнозирования параметров транспортного потока на участке автомагистрали необходима соответствующая динамическая математическая модель, описывающая рассматриваемый показатель. Существует много подходов к определению понятия «пропускная способность», основной идеей которых является предположение о детерминированной природе этого показателя. В большинстве литературных источников это понятие определяется как «максимальное количество транспортных средств, которое конкретный участок транспортной системы способен обслуживать в течение заданного промежутка времени» [2].

Однако эмпирически было подтверждено, что пропускная способность участка автомагистрали имеет не детерминированную природу, а носит стохастический характер. В первом исследовании [20], сформировавшем основу этой концепции, приводится аналогия между анализом выживаемости и оценкой вероятности возникновения

транспортного затора. Для непараметрического оценивания функции статистического распределения используется метод Каплана-Майера, в результате получается оценка вероятности превышения интенсивностью пропускной способности рассматриваемого участка.

Согласно классическому определению пропускной способности, момент времени, когда этот параметр может быть измерен непосредственно, совпадает с началом транспортного затора, так как только в этот момент времени пропускная способность в точности соответствует интенсивности транспортного потока. В произвольный период времени при отсутствии затора пропускную способность возможно оценить, принимая во внимание ее стохастический характер. В связи с этим возникает два массива входных данных для обучения предполагаемой модели пропускной способности участка автомагистрали. Данные разнятся по природе возникновения – зафиксированные датчиками в случае транспортного затора и оцененные в случае свободного движения потока. В качестве подхода, который позволяет учитывать такую разнородность данных, возможно применить математическое ремоделирование.

Математическое ремоделирование – это подход к построению математического представления технических, социально-экономических систем или технологических процессов с целью упрощения их структуры за счет объединения разнородных субмоделей (описывающих поведение системы или процесса во время одной из стадий) в одну модель из унифицированного класса. Такой подход используется для изучения рассматриваемых систем и процессов с целью их последующей оптимизации и управления ими [3, 4]. Учитывая стохастическую природу пропускной способности участка автомагистрали в период свободного движения и информацию о параметрах транспортного потока, полученную в момент затора, указанный подход может быть применен для построения алгоритма оценки пропускной способности.

Целью представленного исследования является синтез алгоритма ремоделирования стохастической пропускной способности сегмента автомагистрали, учитывающего динамику рассматриваемого параметра.

1. Модели и методы

1.1. Применение искусственных нейронных сетей для моделирования, анализа и управления параметрами транспортных систем

Являясь универсальным механизмом описания различных сложных систем и процессов, искусственные нейронные сети находят широкое применение во многих областях теории и практики, включая и транспортную инженерию. Одной из первых попыток использования нейросетевого моделирования было зональное прогнозирование интенсивности транспортного потока и распределения прогнозируемой скорости движения между конкретными зонами. Результаты, представленные в [6], показали, что нейронные сети могут быть использованы для решения прикладных проблем в транспортной науке. На основе анализа статей и материалов конференции, представленных в реферативных базах данных Web of Science и SCOPUS, автор [17] приводит следующую классификацию вопросов, связанных с применением нейросетевых моделей в транспортной инженерии: прогнозирование перевозок, управление дорожным движением, оценка параметров транспортного потока трафика, технического обслуживания дорожной инфраструктуры, транспортной политики и экономики, поведения водителей и автономных транспортных средств. Перечисленные направления являются наиболее значимыми в развитии транспортной науки.

Далее представлены некоторые примеры использования нейросетевых структур для

моделирования параметров транспортного потока на автомагистралях. В работе [18] для предсказания перегрузки участка автомагистрали использована многослойная нейронная сеть, исследованы интенсивность и плотность участка. В [12] нейросетевая модель применена для аппроксимации нелинейной функции оценки плотности участка автомагистрали на основе измеренных скоростей и плотностей на предыдущем и следующем участках в текущий момент времени (рассматривается дорога, разделенная на несколько участков без заездов и съездов). Полученная структура была использована для построения системы управления скоростным режимом транспортных средств на различных участках автомагистрали для поддержания заданной плотности потока. В [16] рассмотрена возможность применения стратегии долгой краткосрочной памяти (long short-term memory, LSTM), которая предполагает использование данных параметров транспортного потока в предыдущие временные интервалы для моделирования интенсивности потока в течение следующих 15 минут. Аналогичный подход был использован в [15], где авторы построили однослойную сеть с 19 входами и 6 нейронами на скрытом слое для прогнозирования интенсивности потока на участке автомагистрали. Представленная модель дала результаты, сопоставимые с измеренной интенсивностью потока. Еще одним примером является схема объединения нескольких прогностических моделей с байесовским правилом для получения лучших результатов, предложенная в [22].

1.2. Концепция математического ремоделирования

Подход к унификации разнородных моделей и приведению их к единому структурному виду параллельно развивался несколькими авторами в рамках ремоделирования и связанного с ним суррогатного моделирования [5, 8, 9, 13, 14, 19] и метамоделирования [5, 21]. Простейший класс ремоделирующего класса моделей предложен в [1] и представляет собой линейную модель, объединяющую различные производственные процессы в металлургии. Являясь мощными моделирующими структурами, искусственные нейронные сети признаются эффективным подходом к математическому моделированию.

Ремоделирование направлено на преобразование математических или имитационных моделей одного или различных классов (подсистем, образующих исследуемую систему) в модель одного предопределенного унифицированного класса. В зависимости от целей и конкретных прикладных задач возможны различные интерпретации ремоделирования. Теоретическая модель некоторой зависимости, построенная с учетом ее физического смысла, может иметь достаточно сложную и не подходящую для дальнейшего анализа структуру. В этом случае с помощью программной реализации модели может быть сгенерирован массив входных-выходных данных (которые не удалось получить в реальных условиях). На основе полученных значений необходимо определить новую модель некоторой заданной структуры с требуемой точностью, которая может аппроксимировать исходную модель.

Следует отметить, что ремоделирование может привести к дополнительным потерям точности моделирования (погрешность ремоделирования), соответствующим появлению ошибки аппроксимации, а также к дополнительным временным затратам, возрастающим с попытками уменьшить ошибку аппроксимации.

Технически ремоделирование – это алгоритм преобразования исходной модели в модель из ремоделирующего класса. Построение такого алгоритма является основной задачей концепции. Понятно, что такая задача является нетривиальной и не решается для всех возможных классов моделей. Даже при наличии принципиального потенциала для построения такого алгоритма точность и временные затраты являются вопросами, которые необходимо исследовать до применения предложенной концепции.

1.3. Случайная природа пропускной способности участка автомагистрали

Как было указано выше, существует два подхода к определению пропускной способности автомобильной дороги: классический, который определяет этот параметр как некоторое фиксированное число, которое может быть скорректировано в зависимости от внешних факторов (геометрии дороги, наличия в окрестности различных объектов, погодных условий), и альтернативный, предполагающий, что пропускная способность имеет случайную природу и может быть оценена через вероятность наступления транспортного затора в каждом рассматриваемом временном интервале. Идеи первого классического подхода доминируют в большинстве мировых регулятивных документов, таких как HCM 2010 (Американское руководство по оценке пропускной способности) [11], HBS 2015 (Германская книга по планированию дорог) [10] и Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог ОДМ 218.2.020-2012 [2].

Приведем некоторые идеи определения пропускной способности участка автомагистрали как случайной величины. В [7, 20] приведена аналогия между анализом выживаемости и оценкой рассматриваемого параметра. Основная концепция заключается в использовании понятия цензурирования данных, т.е. выявлению таких интервалов, значения параметра в которых известны и предсказанию на их основе наступления критического значения параметра в новом интервале. Метод оценки функции распределения для таких ситуаций был предложен Майером и Капланом [7].

Пусть функция распределения вероятности для пропускной способности с одной стороны определена как $F(q) = P(q_c \leq q)$, а с другой – $F(q) = \frac{N_c}{N}$, где $F(q)$ – функция распределения вероятности для пропускной способности q_c , q – наблюдаемое в интервале i значение интенсивности потока, N_c – количество наблюдений в рассматриваемом множестве параметров транспортного потока $\{C\}$, для которых $q \geq q_i$, N – общее количество наблюдений во множестве параметров транспортного потока $\{C\}$.

Вероятность того, что пропускная способность больше, чем интенсивность (т.е. того, что поток будет беспрепятственно двигаться по участку автомагистрали) обозначим как $G(q) = P(q_c > q)$. Функция $G(q)$ может быть оценена как

$$1 - F(q) = 1 - P(q_c \leq q)$$

или, используя метод Майера-Каплана, как

$$G(q) = \prod_{q_i} \frac{K_{q_i} - d_i}{K_{q_i}},$$

где K_{q_i} – количество наблюдений в множестве параметров транспортного потока $\{S\}$, для которых $q \geq q_i$, d_i – количество интервалов, в которых наблюдался транспортный затор, $\{C\}$ – множество наблюдений, соответствующих транспортному затору, $\{Q\}$ – множество наблюдений, соответствующих беспрепятственному движению потока.

Стоит также отметить, что для отнесения рассматриваемого интервала к одному из классов – свободное движение потока или затрудненное (затор) – необходимо установить некоторый критерий такой градации. В качестве этого критерия может быть использована средняя скорость движения потока и в качестве порога – достижение ее некоторого фиксированного значения.

1.4. Алгоритм ремоделирования пропускной способности участка автомагистрали

Пропускная способность участка автомагистрали может быть измерена напрямую только в момент, предшествующий наступлению транспортного затора, в этот момент пропускная способность в точности совпадает с количеством транспортных средств, которые проходят в данный момент через сечение дороги. Анализируя показатели

интенсивности в моменты, предшествующие затору, возможно построить статистическое распределение вероятности, описывающее вероятность наступления затора. В работе [7] было показано, что закон Вейбулла в лучшей мере описывает построенное эмпирическое распределение. Впоследствии это предположение было много раз практически подтверждено.

Итак, основываясь на доступных значениях интенсивности транспортного потока в моменты, предшествующие наступлению затора, и на оцененных на основе стохастического подхода значениях в других временных интервалах, сформируем два массива входных значений:

О (наблюдаемые): интервалы, соответствующие транспортному затору, пропускная способность совпадает с интенсивностью потока;

Е (оцененные): интервалы, соответствующие свободному движению транспортного потока, пропускная способность в которых получена оценкой вероятности наступления транспортного затора.

Эти два массива формируют обучающую выборку для построения модели с целью дальнейшего использования ее для прогноза. Указанный подход соответствует концепции математического ремоделирования, т.к. в результате получается модель, в основе построения которой лежат два разнородных по своей структуре механизма получения исходных данных – значения интенсивности в моменты транспортного затора, ассоциированные с пропускной способностью, и значения, оцененные с помощью стохастического подхода. Кроме того, указанный подход к моделированию пропускной способности участка автомагистрали добавляет динамику рассматриваемому параметру (за счет добавления к исходным входным данным выходных данных предшествующих временных интервалов). Это допущение является очевидным в виду непрерывности анализируемого временного интервала и пространства решений задачи, однако, не рассматривалось ранее в концепции стохастической пропускной способности.

Следующий алгоритм позволяет получить модель зависимости пропускной способности участка автомагистрали от параметров транспортного потока.

Шаг 1. Разделить множество исходных данных на два подмножества – соответствующих наблюдаемым и оцененным значениям пропускной способности. На этом шаге так же необходимо определить критерий отнесения интервала к одному из двух подмножеств. Обычно такой критерий – средняя скорость движения транспортных средств.

Шаг 2. Используя данные, полученные на шаге 1, обучить нейросетевую модель с предопределенной структурой. На этом шаге проводится анализ точности предлагаемой модели и (в случае неудовлетворительного результата) ее корректировка.

Шаг 3. Используя полученную на шаге 2 модель, оценить пропускную способность участка автомагистрали на новом наборе исходных данных.

Общая форма нейросетевой модели, конструируемой на шаге 2

$$y = \sigma^{(m)} \left(w_0^{(m)} + W_1^{(m)} \sigma^{(m-1)} \left(\dots \left(w_0^{(2)} + W_1^{(2)} \sigma^{(1)} \left(w_0^{(1)} + W_1^{(1)} x \right) \right) \dots \right) \right),$$

где $y \in \mathbb{R}^r$ – вектор выходных значений, $x \in \mathbb{R}^n$ – вектор входных значений, $\sigma^{(i)}$, $i = 1, \dots, m$ – вектор-функции вектор-аргументов, функции активации, $W_1^{(i)}$, $i = 1, \dots, m$ – матрицы весовых коэффициентов слоев с $(i-1)$ по i , $w_0^{(i)}$, $i = 1, \dots, m$ – вектор свободных коэффициентов.

2. Численный эксперимент. Обсуждение результатов

2.1. Описание данных

Исходные для моделирования данные получены с помощью детекторной системы

учета характеристик транспортных потоков на немецкой автомагистрали A57 в районе г. Кельн. Они представляют собой массив зафиксированных с частотой 1 минута интервалов. Так как в исследовании был задействован только один участок автомагистрали, некоторые параметры (такие как количество полос движения, геометрические характеристики и др.) предполагаются постоянными. В качестве факторов рассматривались средняя скорость в текущем и предыдущем временных интервалах, а также процент грузовых транспортных средств в потоке. Поскольку система фиксации предоставляет отдельную информацию о средних скоростях личного автотранспорта и грузовых автомобилей, использовался средневзвешенный показатель скорости. Данные были агрегированы в 3-, 5-, 10- и 15-минутные интервалы, и были исследованы их различные комбинации для обучения и тестирования нейронной сети. Проведенные численные эксперименты позволили в качестве ремоделирующего класса выбрать следующую нейросетевую структуру (результат основан на времени расчета и количестве шагов в обучающем итеративном процессе):

$$y = \sigma^{(2)} \left(w_0^{(2)} + W_1^{(2)} \sigma^{(1)} \left(w_0^{(1)} + W_1^{(1)} x \right) \right),$$

где y – спрогнозированное (вычисленное) значение пропускной способности c (авт./ч), x – вектор входных значений (средние значения скорости автомобилей в потоке в текущий и предыдущий моменты времени (км/ч) и процент грузовиков в текущий момент времени). Функции активации: $\sigma^{(1)}(net) = \tanh(net)$ и $\sigma^{(2)}(net) = net$.

Исходный набор включает в себя зафиксированные параметры транспортного потока за 12 месяцев с интервалами в 1 минуту. Этот набор данных был разделен на обучающий (с января по сентябрь) и прогнозный наборы (с октября по декабрь). Следующие численные эксперименты проводились с использованием свободного программного обеспечения R (пакеты “nnet” и “neuralnet”).

2.2. Анализ результатов моделирования. Точность ремоделирования

Лучшие результаты (в соотношении с практическими предположениями) были получены для 5-минутных интервалов (как для обучения, так и для тестирования). На рис. 1 показано, как с помощью предложенной модели оценки пропускной способности участка автомагистрали получены значения, которые напрямую не зависят от интенсивности движения транспортных средств в потоке, а только от средней скорости (текущего и предыдущего интервалов, добавляя динамику модели) и процента грузовых транспортных средств. На приведенном в верхней части рисунка 1 графике сравниваются временные ряды интенсивности транспортного потока и средней скорости транспортных средств. Значение 70 км/ч было установлено как индикатор наступления транспортного затора. На рисунке ниже представлены временные ряды интенсивности транспортного потока и прогнозируемой (ремоделированной) пропускной способности. Видно, что предлагаемая модель хорошо обнаруживает моменты транспортного затора. Резкое возрастание интенсивности потока сопровождается падением средней скорости, что является признаком затора. В эти же временные моменты модель дает значения пропускной способности меньшие, чем интенсивность движения. Это подтверждает эффективность модели.

Для анализа точности исходные данные, образованные 393120 1-минутными интервалами, были агрегированы в 3-, 5-, 10- и 15-минутные интервалы времени, и были построены 5 моделей для 1-, 3-, 5-, 10- и 15-минутных интервалов соответственно. Реализации, содержащие пропущенные по техническим причинам значения, были исключены. Во всех случаях для подтверждения точности случайным образом были выбраны 75%

реализаций в качестве обучающих множеств и 25% в качестве тестовых наборов. Проведенные численные испытания показали, что все нейросетевые структуры имеют сопоставимые показатели точности (в среднем 87%: сравнивались вычисленные выходные значения и расчетные значения с доверительным интервалом 5%) и сопоставимое количество шагов в алгоритме итерационного обучения (в среднем 28 500 шагов). Временные затраты не анализировались из-за работы алгоритмов на разных компьютерах.

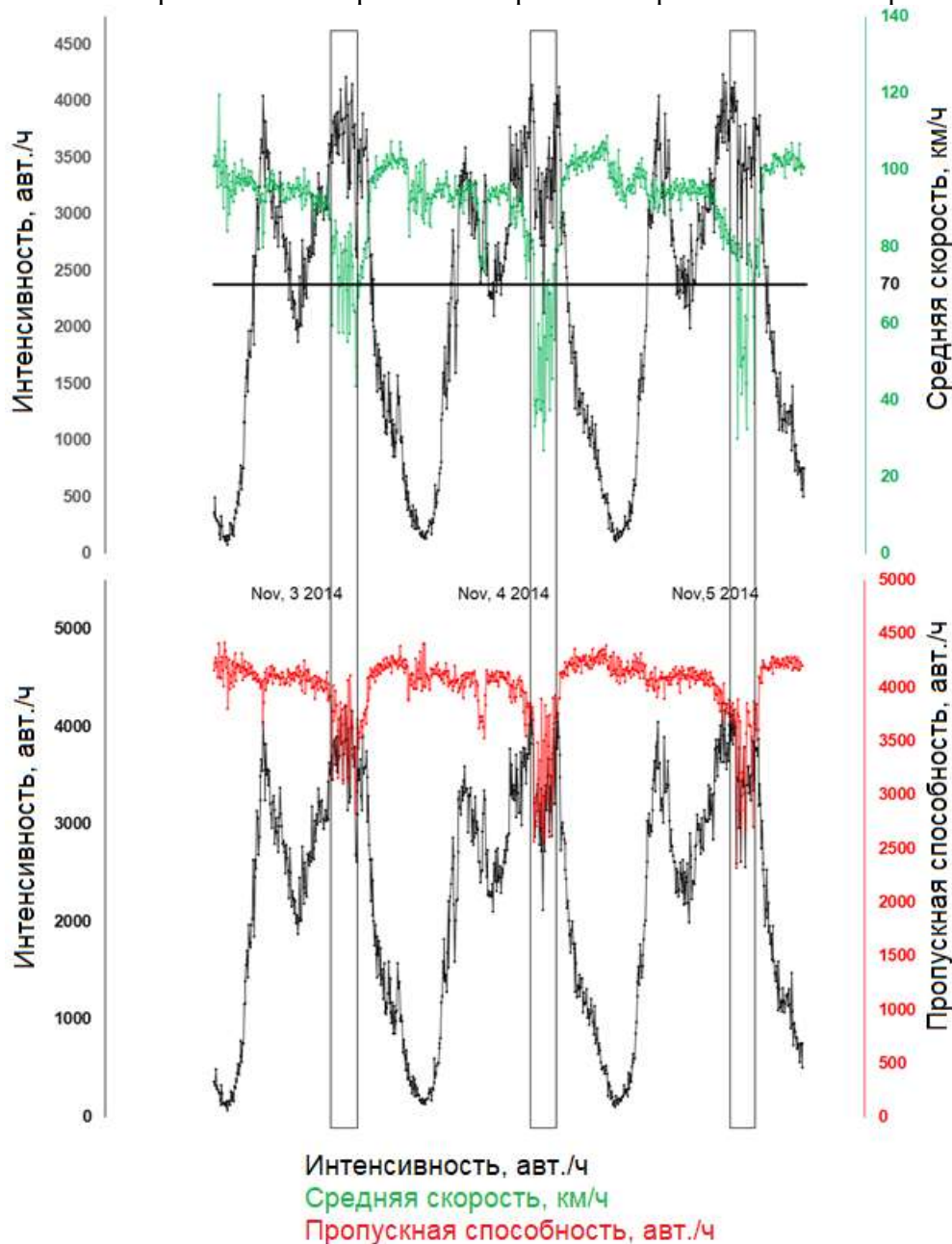


Рисунок 1. Результаты ремоделирования пропускной способности

Заключение

Пропускная способность участка автомагистрали имеет сложный стохастический характер, ее точное значение может быть измерено непосредственно только в очень небольшом числе (в масштабе времени функционирования системы) временных

интервалов. Для решения задачи прогнозирования пропускной способности был применен стохастический подход, основанный на методе Каплана-Майера. Но такая процедура предполагает получение нового значения пропускной способности для каждого нового анализируемого временного интервала. В соответствии с непрерывностью времени и пространства в рамках рассматриваемой системы, естественным является предположение о внесении динамики в конструируемую систему. С учетом этого применен подход математического ремоделирования, предполагающий комбинирование различных моделей и / или исходных массивов входных-выходных данных для построения модели системы из единого класса аналитических моделей для дальнейшего анализа. В качестве такого класса выбраны искусственные нейронные сети. Изучена точность выбранных моделей. Во всех проведенных численных экспериментах модели показали аналогичные результаты. Дальнейшее изучение применения подхода математического ремоделирования предполагает анализ устойчивости на различных сегментах автомагистрали. Кроме того, могут быть учтены геометрические особенности автомагистрали и погодные условия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Липецкой области в рамках научного проекта 17-47-480305-р_а.

Список литературы

- [1] Блюмин С.Л., Барышев В.Г., Коцарь С.Л., Поляков Б.А. Применение несимметричного ортогонального планирования при исследовании процессов прокатки // Применение ЭВМ в металлургии: I Всесоюзн. науч.-техн. конф. – М.: МИСиС, 1973. – С. 118-119.
- [2] ОДМ 218.2.020-2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. Росавтодор. 2012.
- [3] Сараев П.В., Блюмин С.Л., Галкин А.В. Некоторые современные подходы к моделированию и автоматизации сложных систем // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2017. – № 1(47). – С. 53-66.
- [4] Blyumin S.L., Galkin A.V., Saraev P.V., Sysoev A.S. Remodeling Approach as a Way to Automate Complicated Systems // Workshop on computer science and information technologies 19thCSIT'2017, Germany, Baden-Baden, 2017. – p. 227-232.
- [5] Burnaev E., Grihon S. “Construction of the metamodels in support of stiffened panel optimization”, Proceedings of the International Conference on Mathematical Methods in Reliability, Moscow, 2009.
- [6] Faghri A., Hua J. Evaluation of artificial neural network applications in transportation engineering, Transportation Research Record, Intelligent Transportation Systems: Evaluation, Driver Behavior, and Artificial Intelligence, 1358, 71-80, 1992.
- [7] Geistefeldt J. Empirical Relation Between Stochastic Capacities and Capacities Obtained from The Speed-Flow Diagram, In 75 Years of the Fundamental Diagram for Traffic Flow Theory, Greenshields Symposium, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2008, 146–156.
- [8] Grihon S., Alestra S., Bettebghor D., Burnaev E., Prikhodko P. “Comparison of different techniques for surrogate modeling of stability constraints for composite structures”, Proceedings of the 1st International Conference on Composite Dynamics. Arcachon, France., 2012.

- [9] Grihon S., Alestra S., Burnaev E., Prikhodko P. “Surrogate Modeling of Buckling Analysis in Support of Composite Structure Optimization”, Proceedings of the 1st International Conference on Composite Dynamics. Arcachon, France., 2012.
- [10] *Handbuch fuer die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen* /German Highway Capacity Manual, HBS/. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Cologne, 2015.
- [11] *Highway Capacity Manual*. Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., 2010.
- [12] Ho F.-S., Ioannou P. “Traffic flow modelling and control using artificial neural networks”, IEEE Control Systems Magazine, vol. 16, no. 5, pp. 16–26, 1996.
- [13] Huang C., Radi B., Hami A. “Uncertainty analysis of deep drawing using surrogate model based probabilistic method”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 86, issue 9, pp. 3229-3240., 2016.
- [14] Jansson T., Nilsson L., Redhe M. “Remodeling for Fuzzy PID Controller Based on Neural Networks”, Structural and Multidisciplinary Optimization, vol. 25, issue 2, pp. 129-140., 2003.
- [15] Kumar K., Parida M., Katiyar V.K. “Short term traffic flow prediction for a non urban highway using artificial neural network”, Proc. Soc. Behav. Sci., vol. 104, pp. 755–764, Dec. 2013.
- [16] Messai N., Thomas P., Lefebvre D., El Moudni A. “A neural network approach for freeway traffic flow prediction”, Proceedings of the International Conference on Control Applications, 2002, pp. 984-989 vol.2. doi: 10.1109/CCA.2002.1038737
- [17] Pamula T. Neural networks in transportation research recent applications. Transport problems Vol. 11, Issue 2, pp. 27–36. 2016. URL: [http:// transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2016/zeszyt2/2016t11z2_03.pdf](http://transportproblems.polsl.pl/pl/Archiwum/2016/zeszyt2/2016t11z2_03.pdf)
- [18] Taylor C., Meldrum D. “Freeway traffic data prediction using neural networks”, Pacific Rim TransTech Conference. 1995 Vehicle Navigation and Information Systems Conference Proceedings. 6th International VNIS. A Ride into the Future, Seattle, WA, 1995, pp. 225-230. doi: 10.1109/VNIS.1995.518843
- [19] Tenne Y., Armfield S. “A framework for memetic optimization using variable global and local surrogate models”, Soft Computing, vol. 13, pp. 781-793., 2009.
- [20] van Toorenburg J. Praktijkwaarden voor de capaciteit [Practical Capacity Meanings]. Rijkswaterstaat dienst Verkeerskunde [The Department of Road traffic]. Rotterdam. 1986 (In Dutch).
- [21] Zhao D., Xue D. “A multi-surrogate approximation method for metamodeling”, Engineering with Computers, vol. 27, pp. 139-153., 2011.
- [22] Zheng W.Z., Lee D.H., Shi Q.X. “Short-term freeway traffic flow prediction: Bayesian combined neural network approach”, J. Transp. Eng., vol. 132, no. 2, pp. 114–121, Feb. 2006.

УДК 519.681

**ТРИПЛАНАРНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ ЗАДАЧА МИНИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ
ПЕРЕВОЗОК ПРОДУКЦИИ**

**TRIPLANAR TRANSPORTATION PROBLEM OF MINIMIZATION OF THE COST
OF CARRIAGE OF PRODUCTS**

Ширяева Александра Владимировна

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Aleksandra Shiriaeva

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Одним из главных вопросов современности, разрешением которого занимаются многие науки, является рациональное использование ограниченных ресурсов с достижением наилучшей эффективности. В данной статье рассматривается решение трипланарной транспортной задачи, обеспечивающей минимизацию затрат предприятия при транспортировке продукции.

Ключевые слова: *линейное программирование, трипланарная транспортная задача, минимизация затрат.*

Abstract

One of the main issues of our time which are solving by a lot of sciences is the rational use of limited resources with the achievement of the best efficiency. This article discusses decision triplanar transport problem, ensuring of minimization the costs of transportation products.

Key words: *linear programming, triplanar transport problem, minimization of cost.*

Введение

В данной работе рассматривается последовательное описание постановки модели, свойств и методов решения трипланарной транспортной задачи. Транспортная задача помогает решить проблему нахождения оптимального результата, который необходимо получить при решении[1].

Рассмотрим решение трипланарной транспортной задачи, с применением метода последовательного распределения и метода потенциалов.

1. Модели и методы

1.1. Постановка задачи

Имеются поставщики продукции A_1, A_2, \dots, A_m , которые поставляют продукцию к центрам потребления B_1, B_2, \dots, B_j при помощи транспорта типа C_1, C_2, \dots, C_k . Запас продукции у поставщика A_i равен a_i единиц. Заявка у потребителя $B_j - b_j$ единиц, а

грузоподъемность транспорта $C_k - c_k$ единиц. Стоимость транспортировки единицы продукции от поставщика A_i к центрам потребления B_j транспортным средством C_k составляет c_{ijk} ($i \in I = \{1, 2, \dots, m\}, j \in J = \{1, 2, \dots, n\}, k \in K = \{1, 2, \dots, p\}$).

Совокупность чисел $\{c_{ijk}\}, i \in I, j \in J, k \in K$ будем называть трехиндексной матрицей размера $m \times n \times p$. Трехиндексная матрица $\{c_{ijk}\}$ может быть наглядно представлена в виде трехмерной числовой решетки, как показано на рисунке 1 [2].

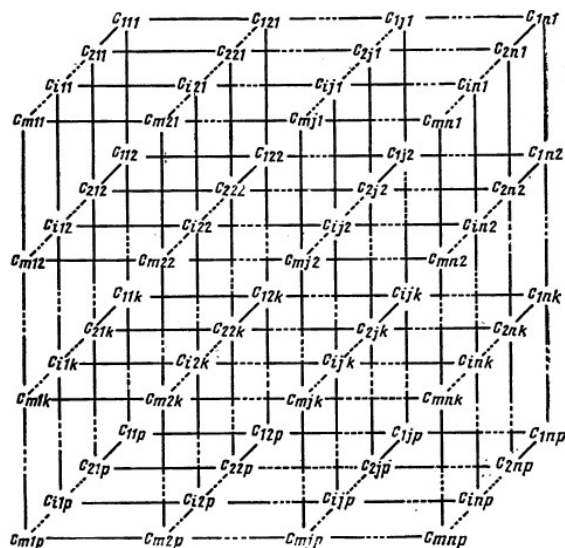


Рисунок 1. Трехиндексная матрица

Обозначим x_{ijk} – количество груза, перевозимое от A_i к B_j транспортным средством C_k . Тогда задача имеет следующий вид:

$$L = \sum_i^m \sum_j^n \sum_k^p c_{ijk} x_{ijk} \rightarrow \min, \tag{1}$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p x_{ijk} = a_i, i \in I; \\ \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p x_{ijk} = b_j, j \in J; \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ijk} = c_k, k \in K. \end{cases} \tag{2}$$

$$x_{ijk} \geq 0 \forall i \in I, j \in J, k \in K.$$

Задача линейного программирования может быть сформулирована следующим образом: найти набор $\{x_{ijk}\}$, минимизирующий функцию (1) и удовлетворяющий условию (2) [2].

Решение одной задачи проводится в два этапа:

- 1) Нахождение опорного плана;
- 2) Нахождение оптимального плана.

При разработке алгоритма решения трипланарной транспортной задачи основную трудность составляет проблема разрешимости задачи и связанная с ней проблема построения начального опорного плана[4]. Классический прием для ее решения предложен Хели К. и Верховским Б.С.

Второй важной проблемой в многоиндексных транспортных задачах является проблема вырожденности[4]. Классический прием для ликвидации вырожденности, предложенного Верховским Б.С., невозможно использовать при решении многоиндексных задач. Намного более рациональным способом является прием, основанный на обобщении оригинального средства, применяемого к двухиндексной транспортной задаче, предложенного Юдиным Д.Б. и Гольштейном Е.Г. [3]

При транспортировке продукции предприятие сталкивается с множеством проблем. Основная – нерациональное использование имеющегося в наличии подвижного состава. Проведена исследовательская работа, на основании которой обоснована рациональность решения трехиндексных транспортных задач для оптимизации затрат.

1.2. Решение поставленной задачи

В качестве поставщиков продукции рассматриваются пять заводов. В качестве центров потребления – распределительные центры в трех городах. Транспортировка осуществляется транспортными средствами трех типов.

Был использован метод последовательного распределения для нахождения опорного плана и метод потенциалов для нахождения оптимального[3]. В результате была получена функция, минимизирующая затраты издержек при перевозке продукции с заводов в распределительные центры. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Итог

| | | | | | | | |
|-------|-------------|--------------|-------------|-------|----|---|-------|
| | 1 | 2 | 3 | | | | a_i |
| 1 | 0 0 0 | 7 0 0 | 0 5 6 | | | | 18 |
| 2 | 0 0 0 | 0 0 1 | 0 0 9 | | | | 10 |
| 3 | 0 0 9 | 0 0 0 | 0 0 1 | | | | 10 |
| 4 | 0 0 0 | 13 0 0 | 0 0 0 | | | | 13 |
| 5 | 0 0 0 | 10 0 0 | 0 0 0 | | | | 10 |
| b_j | 9 | 31 | 21 | c_k | 30 | 5 | 25 |

Таблица 2. Стоимости перевозок

| | 1 | 2 | 3 |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 5124 32045 1543 | 12345 1700 1432 | 11234 5124 6343 |
| 2 | 4244 9456 34564 | 21566 5124 10783 | 13245 8943 3275 |
| 3 | 17389 9338 6892 | 26432 15672 23498 | 15462 18126 11669 |
| 4 | 21357 19845 34582 | 2492 5491 7312 | 8073 13247 26779 |
| 5 | 9244 4256 12425 | 5753 21559 78242 | 18963 11452 5598 |

2. Обсуждение полученных результатов

Общая стоимость перевозки составляет 353974 руб., что немного меньше, чем стоимость перевозки, план которой не оптимизирован – 410340 руб.

Подводя итоги, мы можем с уверенностью сказать, что транспортные задачи являются важным средством решения многих экономических проблем, возникающих перед предприятиями. С их помощью возможно рациональное планирование путей и устранение дальних, повторных перевозок. Это ведет к более быстрой доставке товаров и сокращению затрат производства [1].

Список литературы

- [1] *Ширяева А.В.* Минимизация затрат при распределении продукции сети хлебозаводов. Материалы научной конф. студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. 14-18 апреля 2018 г., с.82-84.
- [2] *Раскин Л.Г., Кириченко И.О.* Многоиндексные задачи линейного программирования (теория, методы, приложения) – М.: Радио и связь, 1982. – 240 с.
- [3] *Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г.* Задачи линейного программирования транспортного типа – М.: Наука, 1969. – 535 с.
- [4] *Гудович Д.В.* Использование задач линейного программирования для оптимизации затрат. Материалы международной научно-технической конференции "Лесной комплекс: состояние и перспективы развития". 19-21 ноября 2008 г.

УДК 629.423.3

**ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОЯКОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ
ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ЛОКОМОТИВАХ**

**APPLICATION OF A SINGLE-CONVERTED CONVERTER AS A TRACTION
ENGINE ON LOCOMOTIVES**

Шишлин Денис Иванович, Пахомов Андрей Андреевич
Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Denis Shishlin, Andrey Pakhomov
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

Рассматривается возможность использования одноякорного преобразователя, сочетающего в себе свойства машины постоянного тока и асинхронной машины, в качестве тягового агрегата железнодорожных локомотивов. Анализируются его характеристики как в двигательном, так и в генераторном режимах, приводятся рекомендации по их обеспечению.

Ключевые слова: *однойкорный преобразователь, машина постоянного тока, асинхронная машина, тяговый агрегат.*

Abstract

The possibility of using a one-jaw transducer combining the properties of a DC machine and an asynchronous machine as a traction unit of railway locomotives is considered. Its characteristics are analyzed both in the motor and in the generator modes, and recommendations for their provision are given.

Key words: *single-arm transducer, DC machine, asynchronous machine, traction unit.*

Введение

Агрегаты, применяемые на железнодорожном транспорте, наряду со своей повышенной функциональностью должны иметь оптимальные габариты и массу для их рационального размещения на борту локомотива. Представляет интерес разработка электро-механических преобразователей энергии, одновременно работающих как в двигательном, так и в генераторном режимах и обеспечивающих требуемые тяговые и тормозные характеристики. В качестве одного из таких преобразователей энергии рассмотрен однойкорный преобразователь [1].

Однойкорный преобразователь UZ (рис.1) конструктивно представляет собой электрическую машину, обмотка якоря которой одновременно присоединяется как к коллектору, так и к контактным кольцам. В трехфазном варианте машины к трем контактным кольцам подводятся выводы от трех точек якорной обмотки, смещенных по окружности относительно друг друга на 120 эл. град. При этом якорную обмотку можно рассматривать как трехфазную обмотку, соединенную в треугольник. Если преобразователь подключить к сети переменного тока, то он может работать со стороны переменного тока как обращенный асинхронный двигатель при соединении обмоток возбуждения (ОВ),

компенсационной (КО) и добавочных полюсов (ОДП) в звезду с их симметрированием, а со стороны постоянного тока - как генератор постоянного тока. И наоборот, если к щеткам коллектора подвести постоянный ток, то в обмотке якоря будет наводиться переменная электродвижущая сила (эдс), одноякорный преобразователь будет работать как двигатель постоянного тока, а в сети со стороны контактных колец будет действовать переменное напряжение. Таким образом, одноякорный преобразователь можно рассматривать как электрическую машину, в которой совмещены двигатель и генератор.

Фазные напряжения переменного тока U_{ϕ} и эдс постоянного тока E связаны отношением $U_{\phi} = 0,613 E$, а переменный (линейный) ток $I_{л}$ трехфазной обмотки ротора и постоянный ток I - отношением $I_{л} = 0,943 I$.

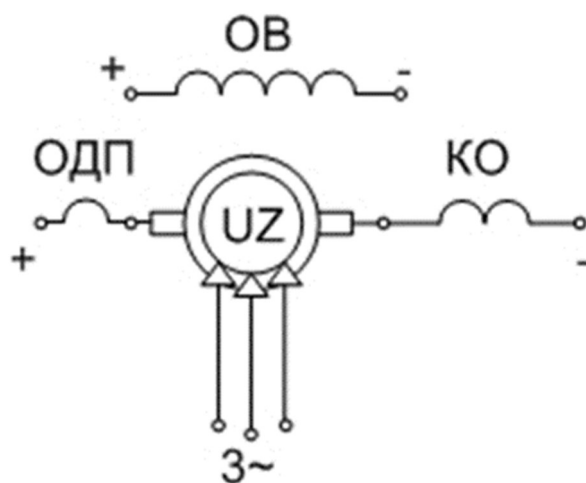


Рисунок 1. Условно-графическое обозначение одноякорного преобразователя

Одноякорный преобразователь обладает хорошими рабочими характеристиками, в частности при постоянном переменном напряжении, подводимом к обмотке ротора, и постоянной скорости вращения напряжение постоянного тока при изменении нагрузки (тока I) меняется незначительно. Как следствие этого, у одноякорных преобразователей будут малая реакция якоря, незначительные потери мощности и падение напряжения, устойчивое напряжение и хороший КПД.

1. Работа одноякорного преобразователя в качестве двигателя постоянного тока

При использовании одноякорного преобразователя в качестве тягового агрегата постоянного тока (рис. 2, а) обмотка возбуждения включается последовательно обмотке якоря, которая является силовой. Ток обмотки якоря I равен току обмотки возбуждения I^B . Электромеханические и механические характеристики (рис. 2, б и в) двигателя соответствуют тяговым характеристикам локомотива, т.е. имеют гиперболический вид. Последовательное возбуждение двигателя позволяет увеличить его пусковой момент, который зависит от квадрата тока якоря. Тяговые двигатели на локомотивах работают в режимах разгона, тяги, выбега, электрического торможения (рекуперативного, реостатного с самовозбуждением или независимым возбуждением) [2]. Эдс переменного тока, индуктируемая в обмотках якоря, снимается с контактных колец, что позволяет заряжать

аккумуляторные батареи GB через выпрямитель UZ1, а при наличии управляемого инвертора UZ2 на тиристорах или IGBT-транзисторах позволяет организовать питание переменным током двигателей вспомогательных систем и другого электрооборудования локомотива.

Разгон локомотива может осуществляться реостатным способом в несколько ступеней при питании якоря от нерегулируемого источника постоянного напряжения, регулируемого вентильного выпрямителя, от генератора постоянного тока в системе «генератор-двигатель» (Г-Д).

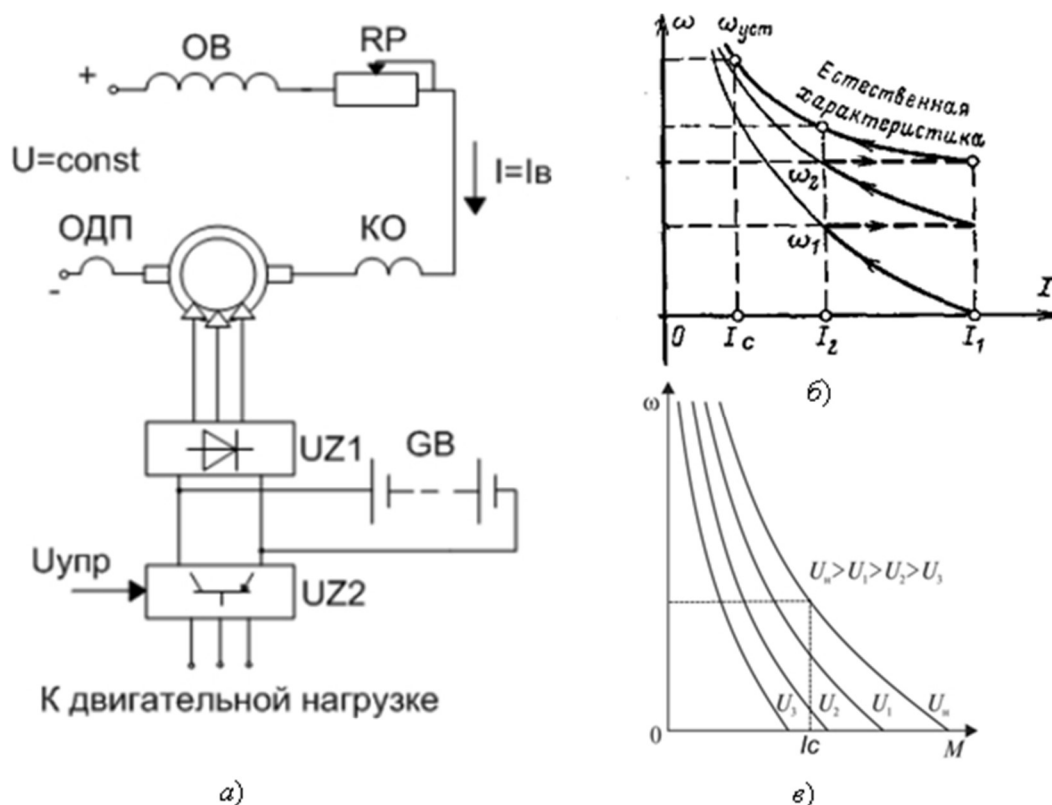


Рисунок 2. Примерная схема использования одноякорного преобразователя в качестве тягового двигателя постоянного тока (а) и его характеристики (б, в)

Реостатный способ пуска и, соответственно, разгона, проводится с постепенным выводом реостата пусковой RP с выходом на естественную характеристику двигателя. Работа в установившемся режиме со скоростью $\omega_{уст}$ идет при токе якоря I_c , который соответствует тяговой характеристике локомотива. Введенный реостат в момент пуска двигателя обеспечивает ограничение его пускового тока по условиям коммутации на коллекторе. Такой способ пуска легко реализуем, однако разгон двигателя будет дискретным с потерями энергии на ступенях реостата. Электромеханическая характеристика тягового двигателя при наличии RP и при $U = const$ изображена на рис.2, б. При питании якоря от регулируемого вентильного выпрямителя (при $U - var$) реостат пусковой RP не требуется, разгон идет плавно до установившейся скорости при токе I_c (рис. 2, в) [3]. Аналогичный вид имеют характеристики при работе двигателя в системе Г-Д.

Они отличаются несколько меньшей жесткостью из-за падения напряжения в цепи генератора. Напряжение, подводимое к якорю двигателя, изменяется посредством регулирования тока возбуждения генератора до номинального значения напряжения U_H .

В режиме тяги часто требуется регулирование скорости движения локомотива. Частоту вращения якоря двигателя при его последовательном возбуждении также увеличивают путем шунтирования обмотки возбуждения реостатом и индуктивным шунтом. При этом ток возбуждения становится меньше тока, протекающего через якорь. Используют несколько ступеней ослабления возбуждения тяговых двигателей. Индуктивность индуктивного шунта должна быть соизмерима с индуктивностью обмотки возбуждения во избежание чрезмерного ослабления потока двигателя и, как следствие, возникновения кругового огня на коллекторе [2].

При электрическом торможении электрическая машина переходит из двигательного режима в генераторный. Торможение с самовозбуждением заключается в сохранении направления протекания тока в обмотке возбуждения в двигательном режиме, при этом ток якоря протекает в противоположную сторону для создания тормозного момента. Упрощенная схема этого режима работы тягового агрегата представлена на рис.3а, цепь переменного тока не показана. В контур, образованный обмотками якоря и возбуждения, включено несколько ступеней реостата торможения R_T обычно такого же сопротивления, что и реостат пусковой на рис.2. Такой способ торможения применяется на низких скоростях после организации режима выбега, когда цепь якоря отключается от питания. Это делается во избежание того, что на высоких скоростях эдс в замкнутом контуре от небольших значений, обусловленных потоком остаточного намагничивания в сердечнике магнитопровода, может превысить напряжение источника питания.

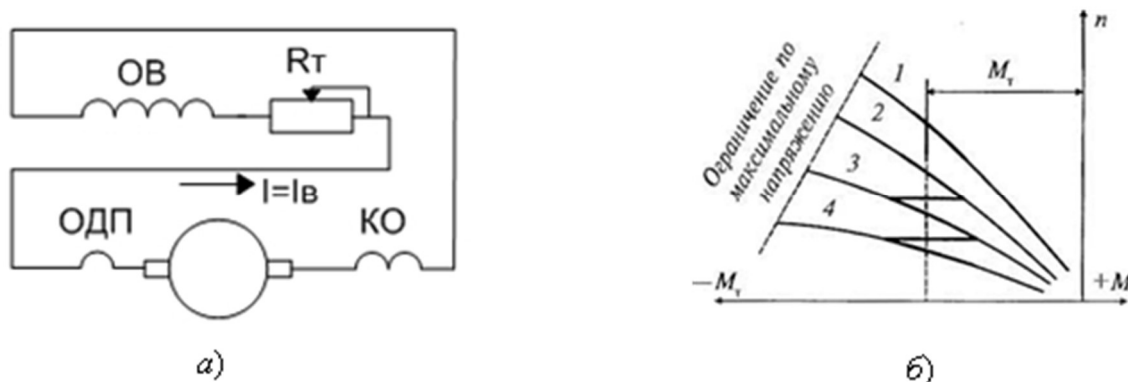


Рисунок 3. Упрощенная схема реализации режима самовозбуждения и механические характеристики тягового двигателя, работающего в этом режиме.

Механические характеристики тягового двигателя, соответствующие ступенчатому торможению с самовозбуждением показаны на рис.3, б. Утолщенной линией показан ступенчатый переход с одной характеристики на другую путем соответствующей настройки релейно-контакторной аппаратуры, что обеспечивает постоянство тормозного момента. Явление самовозбуждения на малых скоростях практически прекращается, поскольку эдс тягового двигателя, работавшего в генераторном режиме практически исчезает и тормозной эффект пропадает. Окончательную остановку локомотива обеспечивают механические (пневматические) тормоза.

Торможение с самовозбуждением протекает замедленно из-за малого остаточного потока полюсов. Поэтому в ряде случаев представляется целесообразным обмотку возбуждения запитать от независимого источника, например, аккумуляторной батареи GB, которая заряжается от выпрямителя UZ1 (рис.2). Характеристики тягового двигателя получаются практически линейными и позволяют обеспечить окончательную остановку локомотива. Особенность организации торможения с независимым возбуждением в одноякорном преобразователе заключается в том, что обмотка возбуждения, включенная ранее последовательно с обмоткой якоря, рассчитана на напряжение меньше номинального, подводимого к якорной цепи тягового агрегата [4].

Рекуперативное торможение (рекуперация) является видом электрического торможения с возвратом энергии в контактную сеть (электровозы и электропоезда) или рассеиванием ее в виде тепла на тормозных резисторах, обдуваемых вентиляторами (тепловозы) за счет кинетической энергии вращающихся тяговых агрегатов. Этот режим происходит, когда эдс тягового двигателя превышает напряжение питающей сети или генератора, например, при движении поезда под горку с равномерной скоростью. Рекуперация невозможна при последовательном возбуждении двигателя, поэтому следует организовать его независимое возбуждение как при реостатном торможении.

Реверсирование тягового двигателя при последовательном возбуждении происходит путем изменения направления действия магнитного потока главных полюсов при сохранении прежнего направления протекания тока якоря.

2. Работа одноякорного преобразователя в качестве асинхронного двигателя с контактными кольцами

Представляется возможным применение одноякорного преобразователя как обращенной асинхронной машины с контактными кольцами в качестве тягового агрегата. Подвод питания к контактным кольцам происходит или от силового понижающего трансформатора (электровозы и электропоезда) или от синхронного тягового генератора посредством преобразователя напряжения и частоты UZ1 на тепловозах (рис. 4). Первичной обмоткой является обмотка ротора, соединенная в треугольник. Вторичная обмотка собрана из обмоток возбуждения, компенсационной и добавочных полюсов, которые соединены в звезду и могут быть замкнуты накоротко или через сопротивления. Компенсационная обмотка и обмотка дополнительных полюсов рассчитаны на тот же ток, что и обмотка якоря. Обмотку возбуждения, рассчитанную на гораздо меньший ток, следует шунтировать добавочным резистором g_d , сопротивление которого значительно меньше сопротивления обмотки возбуждения для обеспечения протекания в ней тока не превышающего 2...2,5 номинального значения. Эти значения тока допустимы по условиям коммутации двигателей с контактными кольцами. ОДП и КО также рассчитаны на указанные превышения тока, протекающего через них.

Плавный пуск в ход, режим тяги, а так же электрическое торможение обеспечивает вентильный управляемый преобразователь напряжения и частоты UZ1, который в зависимости от сигналов задания по напряжению и частоте обеспечивает соотношения напряжения и частоты в соответствии с тяговой характеристикой локомотива и длины состава как $\frac{U}{\sqrt{f}} = const$ или $U = const, f - var$. Реверсирование тягового двигателя осуществляется путем изменения последовательности чередования фаз питающего тока.

Переменная эдс в обмотке якоря выпрямляется коллектором, т.е. тяговый агрегат является генератором постоянного тока. что позволяет заряжать аккумуляторные батареи GB а при наличии управляемого инвертора UZ2 на тиристорах или IGBT-транзисторах позволяет организовать питание переменным током двигателей вспомогательных систем и другого электрооборудования локомотива, а также питание обмотки возбуждения тягового генератора.

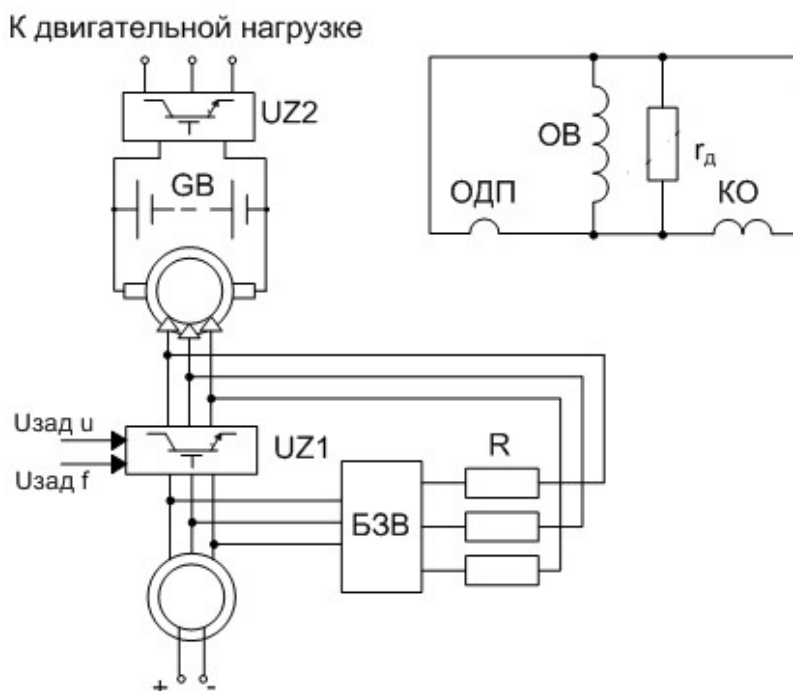


Рисунок 4. Примерная схема использования одноякорного преобразователя в качестве тягового асинхронного двигателя с контактными кольцами.

Торможение локомотива - рекуперативное, организуется посредством блока тормозных вентилей (БТВ), подключающих тормозные резисторы R , на которых рассеивается в виде тепла электроэнергия, преобразованная из кинетической энергии при вращении тягового агрегата со скоростью, превышающей скорость вращения магнитного поля в зазоре между ротором и статором. На рис.5 показаны механические характеристики тягового агрегата в двигательном и тормозном режимах при переходе с характеристики при повышенной частоте на характеристику при пониженной частоте питающего агрегат через контактные кольца напряжения.

Остановка локомотива возможно также при использовании реостатного или конденсаторного торможения. В первом случае контактные кольца отключаются от UZ1 и к двум из трех контактных колец подводится постоянный ток от аккумуляторных батарей, величина которого может регулироваться, например, широтно-импульсным преобразователем, а в фазные обмотки на статоре, образованные ОВ, КО и ОДП, включаются тормозные резисторы. Во втором случае контактные кольца отключаются от UZ1 и к ним подключается батарея конденсаторов, предварительно заряженная от понижающего трансформатора (электровозы и электропоезда) или от тягового генератора (тепловозы).

Обмотки ОВ, КО и ОДП соединяются в звезду накоротко. Происходит торможение с самовозбуждением, которое на малых скоростях практически заканчивается, и окончательная остановка локомотива идет за счет механических (пневматических) тормозов.

При реостатном торможении требуется магазин тормозных сопротивлений, позволяющий с применением релейно-контакторной аппаратуры поддерживать постоянный тормозной момент ступенчато и, кроме того, переходить с питания контактных колец переменным током на питание током постоянным, что ведет к усложнению схемы и делает ее громоздкой и габаритной. Стоимость же батареи конденсаторов достаточно велика и также требует значительного места при установке на борту локомотива.

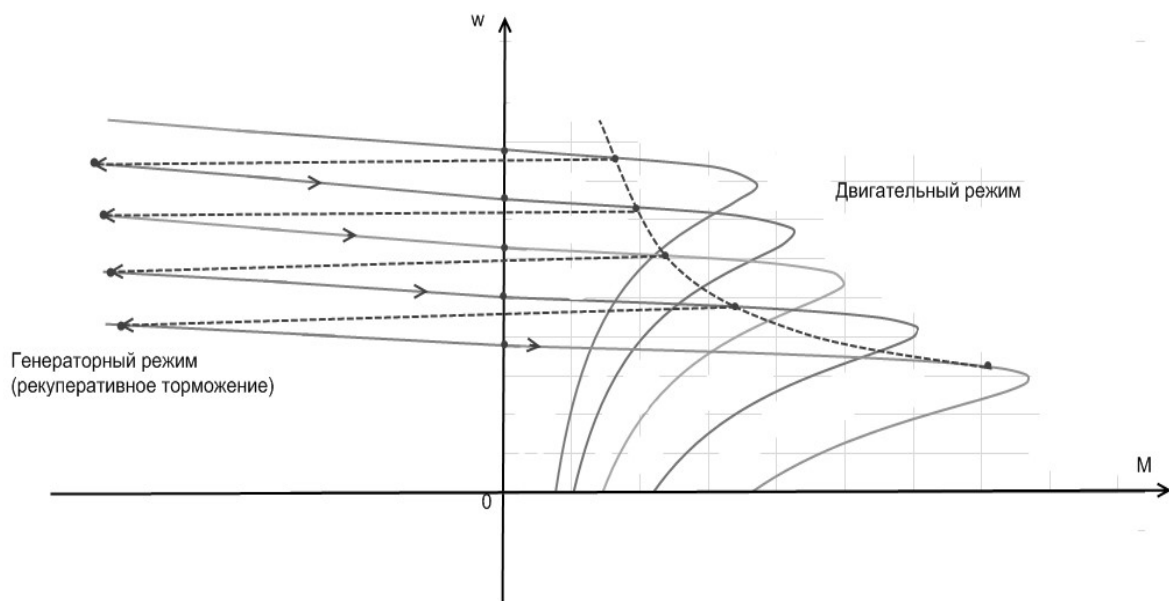


Рисунок 5. Механические характеристики тяговой асинхронной машины с контактными кольцами в двигательном и генераторном режимах

Выводы

Проведенный анализ схемных решений использования однофазного преобразователя в качестве тягового агрегата на локомотивах и полученных характеристик в различных режимах его работы позволяет говорить о возможности применения однофазного преобразователя на действующих локомотивах с тяговыми двигателями как постоянного, так и переменного тока при их модернизации и производстве. Однофазный преобразователь обеспечивает получение практически всех возможных характеристик двигателей постоянного тока последовательного и независимого возбуждения, а также асинхронных двигателей с контактными кольцами. Кроме того, имеется возможность генерирования электроэнергии, что позволяет заряжать автономные источники питания локомотивов (аккумуляторы), питать моторы их вспомогательных агрегатов, цепи возбуждения тяговых генераторов.

На электропоездах и электропоездах имеет место рекуперация энергии в питающую сеть, а на малых скоростях – торможение с самовозбуждением, что позволяет вносить в

принципиальную схему силового агрегата минимальное количество изменений. Реализация рекуперативного торможения на тепловозах с автономной электроэнергетической установкой сопровождается потерей электроэнергии на тормозных резисторах, однако обеспечивает постоянную скорость поезда при движении под горку. Система Г-Д постоянного тока может быть заменена на систему «вентильный преобразователь-двигатель», что снизит ее массогабаритные показатели и повысит плавность регулирования скорости движения.

Искрение под щетками у тяговых агрегатов, которые имеют скользящие контакты, может привести к преждевременному износу щеток и коллекторов при тяжелых условиях пуска и тяги. Причиной является воздействие магнитного поля тока, протекающего по обмотке якоря, на магнитное поле главных полюсов, что приводит к искажению результирующего магнитного поля машины. Меры, принимаемые для компенсации негативного действия этого явления, позволяют не только устранить эксплуатационные трудности, связанные с неудовлетворительной коммутацией, но и обеспечить требуемое качество характеристик электрической машины в двигательном и генераторном режимах [5].

Одноякорный преобразователь в современных локомотивах может управляться многофункциональной микропроцессорной системой, функции которой при управлении электрической передачей обеспечивают регулирование частоты вращения тяговых двигателей, обнаружение, ограничение и прекращение буксования и юза колесных пар, а также сигнализацию и защиту.

Список литературы

- [1] *Вольдек, А.И.* Электрические машины [Текст]: учебник для вузов / А.И. Вольдек. – СПб: Энергия, 1978г. – 818с.
- [2] *Добровольская, Э.М.* Электропоезда постоянного и переменного тока [Текст] / Э.М. Добровольская. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 359 с.: ил.
- [3] *Вешеневский, С.Н.* Характеристики двигателей в электроприводе [Текст] / С.Н. Вешеневский. – М.: Энергия, 1977. – 432 с.
- [4] *Битюцкий, И.Б.* Одноякорный преобразователь как универсальная лабораторная электрическая машина [Текст]: статья / И.Б. Битюцкий, Д.С. Борисов, А.С. Терехов. – Изд. вузов. Электромеханика, 2008г.– с.107–с.113.
- [5] Патент № 2277286 RU C1 H02K 47/00 H02M7/92 Одноякорный преобразователь / И.Б. Битюцкий, А.С.Терехов, 27.05.2006г. – Бюл. №15 .

УДК 681.51

**ПОСТРОЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ БЛОКИРОВКИ НА ПЕРЕГОНАХ И
МАРШРУТИЗАЦИЯ МАЛЫХ СТАНЦИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА БУЛЕВОЙ АЛГЕБРЫ**

**THE CONSTRUCTION OF THE AUTOMATIC LOCK ON
THE STRETCH AND ROUTING SMALL STATIONS
INDUSTRIAL TRANSPORT USING BOOLEAN ALGEBRA**

Шишлин Денис Иванович, Языкова Любовь Николаевна,
Мантухов Егор Сергеевич

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

Denis Shishlin, Lubov Yazykova, Egor Mantuhov
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Аннотация

В статье рассмотрены возможные схемные реализации автоматической блокировки на перегонах между станциями и осигнализирование малой станции промышленного предприятия с использованием аппарата булевой алгебры.

Ключевые слова: *автоматическая блокировка, перегон, малые станции, маршруты, булева алгебра, алгебра логики.*

Abstract

The article discusses the possible circuit implementation of automatic locking on the spans between stations and the signaling of a small station of an industrial enterprise using the apparatus of Boolean algebra.

Key words: *automatic blocking, stage, small stations, routes, Boolean algebra, logic algebra.*

Введение

Автоматическая блокировка представляет собой систему приборов, изменяющих показания светофоров в зависимости от места расположения поездов на перегоне [1]. На промышленном транспорте применяется двух- и трехзначная автоматические блокировки. При двузначной блокировке светофоры сигнализируют красным или зеленым огнем. При трехзначной блокировке – красным, желтым или зеленым огнем. Машинист локомотива, который движется по участку, оборудованному двузначной автоматической блокировкой, располагает информацией о состоянии только одного, лежащего впереди блок-участка, а при трехзначной блокировке – двух блок-участков. Блокировка бывает двусторонняя и односторонняя. Первая применяется на однопутных перегонах (светофоры устанавливаются в обоих направлениях движения), вторая – на двухпутных перегонах (светофоры устанавливаются только справа по движению вдоль каждого пути) [2].

При двузначной блокировке поезд не может быть выпущен на перегон дежурным по станции, пока этот перегон занят. В результате снижается пропускная способность линии, увеличивается время простоя подвижного состава. При трехзначной блокировке эти проблемы решаются.

Действующие схемы автоматических блокировок построены на релейно-контакторных схемах, включающих в себя много элементов. Для передачи информации от одного светофора к другому используются линейные или рельсовые цепи [1]. Это отрицательно может сказаться на надежности работы сигнализации. Применение цифровых устройств, работа которых основана на использовании алгебры логики (булевой алгебры), позволяет упростить схемные решения.

1. Построение автоматической блокировки на перегонах

Перегон между станциями *A* и *B* (рис.1) состоит из четырех блок-участков, разделенных изолированными стыками. На перегоне осуществляется поездная работа. Показания светофоров меняются в зависимости нахождения поезда на том или ином блок-участке. Сигнал $x=1$, если поезд находится на участке. При свободном участке $x=0$. Составим таблицу истинности для светофоров Y_1, Y_2, Y_3 (табл. 1).



Рисунок 1. Условно-графическое обозначение перегона между двумя станциями

Таблица 1. Таблица истинности для светофоров Y_1, Y_2, Y_3 на перегоне

| № | Входные сигналы | | | | Выходные сигналы | | | | | | | | |
|-----|-----------------|-------|-------|-------|---------------------|------|------|---------------------|------|------|---------------------|------|------|
| | x_4 | x_3 | x_2 | x_1 | Y_1 (Светофор №1) | | | Y_2 (Светофор №2) | | | Y_3 (Светофор №3) | | |
| | | | | | Кр. | Жел. | Зел. | Кр. | Жел. | Зел. | Кр. | Жел. | Зел. |
| 1. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2. | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 3. | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 4. | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 5. | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6. | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 7. | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 8. | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 9. | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 10. | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 11. | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 12. | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 13. | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 14. | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 15. | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 16. | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

Для каждого сигнала светофоров 1, 2 и 3 из табл. 1 записываются выражения, полностью учитывающие свободу и/или занятость соответствующих блок-участков перегона (табл.2). Для светофора 3 желтый сигнал не требуется.

Таблица 2. Сигналы светофоров при занятости / свободности блок-участков перегона

| Светофор 1 | |
|-------------------|---|
| Красный сигнал | $Y_1 = (\bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 + x_1 x_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4) + (\bar{x}_1 x_2 x_3 \bar{x}_4 + x_1 x_2 x_3 \bar{x}_4) + (\bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 x_4 + x_1 x_2 \bar{x}_3 x_4) + (\bar{x}_1 x_2 x_3 x_4 + x_1 x_2 x_3 x_4) = x_2$ |
| Желтый сигнал | $Y_1 = (\bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \bar{x}_4 + x_1 \bar{x}_2 x_3 \bar{x}_4) + (\bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 x_4 + x_1 \bar{x}_2 x_3 x_4) = x_3 \bar{x}_2$ |
| Зеленый сигнал | $Y_1 = (\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 + x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4) + (\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 x_4 + x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 x_4) = \bar{x}_3 \bar{x}_2$ |
| Светофор 2 | |
| Красный сигнал | $Y_2 = (\bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \bar{x}_4 + x_1 \bar{x}_2 x_3 \bar{x}_4) + (\bar{x}_1 x_2 x_3 \bar{x}_4 + x_1 x_2 x_3 \bar{x}_4) + (\bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 x_4 + x_1 \bar{x}_2 x_3 x_4) + (\bar{x}_1 x_2 x_3 x_4 + x_1 x_2 x_3 x_4) = x_3$ |
| Желтый сигнал | $Y_2 = (\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 x_4 + x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 x_4) + (\bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 x_4 + x_1 x_2 \bar{x}_3 x_4) = x_4 \bar{x}_3$ |
| Зеленый сигнал | $Y_2 = (\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 + x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4) + (\bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 x_4 + x_1 x_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4) = \bar{x}_4 \bar{x}_3$ |
| Светофор 3 | |
| Красный сигнал | $Y_3 = (\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 x_4 + x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 x_4) + (\bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 x_4 + x_1 x_2 \bar{x}_3 x_4) + (\bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 x_4 + x_1 \bar{x}_2 x_3 x_4) + (\bar{x}_1 x_2 x_3 x_4 + x_1 x_2 x_3 x_4) = x_4$ |
| Желтый сигнал | $Y_3 = 0$ |
| Зеленый сигнал | $Y_3 = (\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 + x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4) + (\bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 + x_1 x_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4) + (\bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \bar{x}_4 + x_1 \bar{x}_2 x_3 \bar{x}_4) + (\bar{x}_1 x_2 x_3 \bar{x}_4 + x_1 x_2 x_3 \bar{x}_4) = \bar{x}_4$ |

В общем случае количество изолированных участков – n ; количество светофоров – $(n - 1)$; порядковый номер светофора – i . Тогда показания каждого светофора определяются комбинацией сигналов о занятости или свободности блок-участков перегона, начиная со второго блок-участка:

- для красных сигналов: $Y_{красн.} = x_{i+1}$;
- для желтых сигналов: $Y_{жел.} = \bar{x}_{i+1} x_{i+2}$;
- для зеленых сигналов: $Y_{зел.} = \bar{x}_{i+1} \bar{x}_{i+2}$.

Сигналы поступают от датчиков D_2, D_3, D_4 . Реализация автоматической блокировки перегона может быть выполнена с использованием дешифраторов $DC1, DC2$, логики «НЕ» (рис. 2) и должна отображаться на табло диспетчера. Учитывая относительную

протяженность блок-участков, сигналы, поступающие с датчиков, должны быть усилены [3].

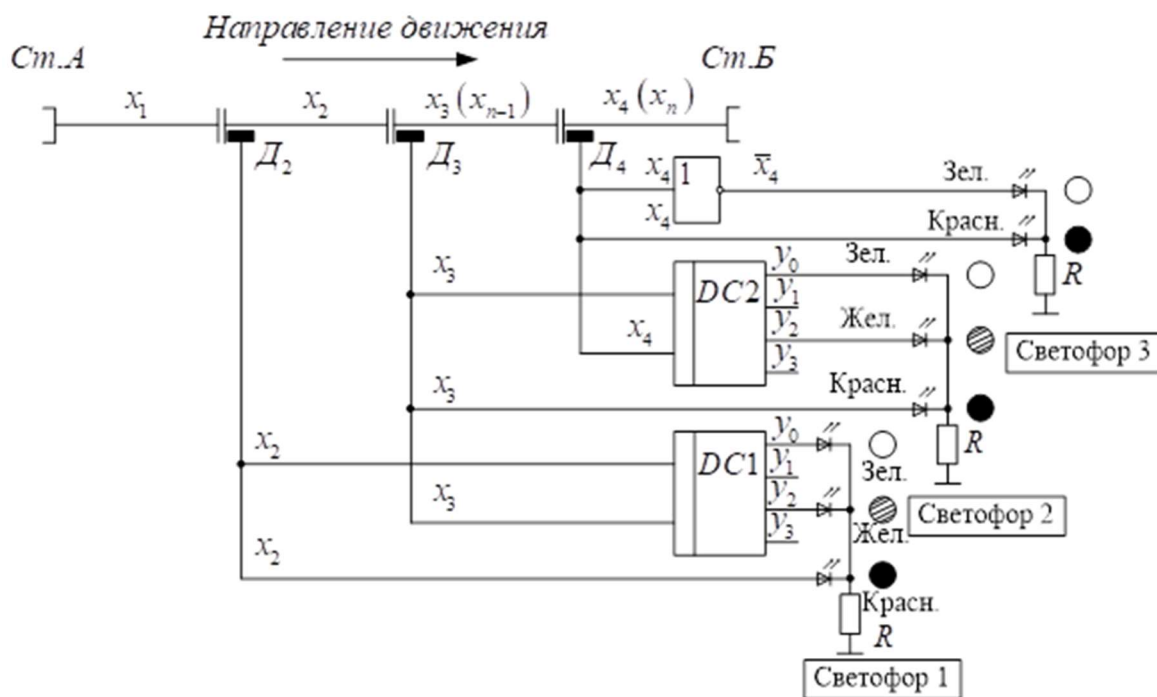


Рисунок 2. Схема автоматической блокировки на перегоне, реализованная на логических элементах

2. Обеспечение маршрутизации малых станций

Рассмотрим малую станцию с жестко заданной технологией работы (рис. 3) и составим таблицу зависимостей сигналов и маршрутов поездной работы при задании последних дежурным по станции.

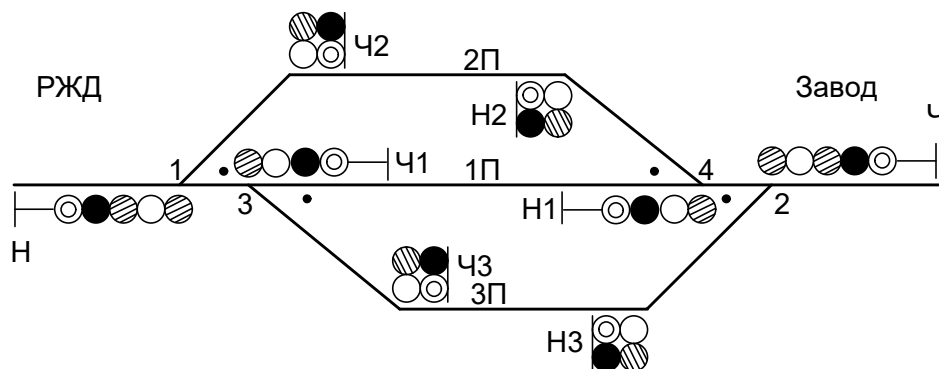


Рисунок 3. Условно-графическое обозначение малой станции

Главный путь 1П предназначен для безостановочного проследования поездов с РЖД на Завод и обратно. Пути 2П и 3П являются приемо-отправочными. Обеспечение маршрутов поездной работы организовано входными (Н, Ч), маршрутными (Н1 и Ч1) и выходными (Н2, Н3, Ч2, Ч3). Зависимости маршрутов и стрелок представлены в табл.3.

Маршруты подразделяются на враждебные (клетки белого цвета), враждебные (клетки Х) и несуществующие (клетки черного цвета). Стрелка в прямом направлении (+), переведена для движения на боковой путь (-).

Таблица 3. Зависимости маршрутов и стрелок малой станции

| Направление следования | № | Наименование маршрута | Маршруты | | | | | | | | | | Стрелки | | | |
|------------------------|----|-----------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| РЖД | 1 | Проследование П1 | ■ | X | X | X | X | X | X | X | X | X | + | + | + | + |
| | 2 | Прием на П2 | X | ■ | X | X | X | | X | X | X | X | - | - | + | + |
| | 3 | Прием на П3 | X | X | ■ | X | | X | X | X | X | X | + | + | - | - |
| ЗАВОД | 4 | Проследование П1 | X | X | X | ■ | X | X | X | X | X | X | + | + | + | + |
| | 5 | Прием на П2 | X | X | | X | ■ | X | X | X | X | X | + | + | - | - |
| | 6 | Прием на П3 | X | | X | X | X | ■ | X | X | X | X | - | - | + | + |
| РЖД | 7 | Отправление с П2 | X | X | X | X | X | X | ■ | X | X | | + | + | - | - |
| | 8 | Отправление с П3 | X | X | X | X | X | X | X | ■ | | X | - | - | + | + |
| ЗАВОД | 9 | Отправление с П2 | X | X | X | X | X | X | X | | ■ | X | - | - | + | + |
| | 10 | Отправление с П3 | X | X | X | X | X | X | | X | X | ■ | + | + | - | - |

| Направление следования | № | Наименование маршрута | Код на входе дешифратора X ₂ X ₁ X ₀ | Код на входе дешифратора Y ₄ Y ₃ Y ₂ Y ₁ Y ₀ | Показания светофоров | | | | | | | | |
|------------------------|----|-----------------------|--|--|----------------------|----|----|----|---|----|----|----|---|
| | | | | | Н | Н1 | Н2 | Н3 | Ч | Ч1 | Ч2 | Ч3 | |
| РЖД | 1 | Проследование П1 | 000 | 00001 | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | 2 | Прием на П2 | 010 | 00100 | ○ | ○ | ● | ● | ● | ○ | ○ | ● | ● |
| | 3 | Прием на П3 | 010 | 00100 | ○ | ○ | ● | ● | ● | ○ | ○ | ● | ● |
| ЗАВОД | 4 | Проследование П1 | 001 | 00010 | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ | ● | ● | |
| | 5 | Прием на П2 | 010 | 00100 | ○ | ○ | ● | ● | ● | ○ | ○ | ● | ● |
| | 6 | Прием на П3 | 010 | 00100 | ○ | ○ | ● | ● | ● | ○ | ○ | ● | ● |
| РЖД | 7 | Отправление с П2 | 100 | 10000 | ● | ● | ○ | ● | ● | ● | ● | ○ | |
| | 8 | Отправление с П3 | 011 | 01000 | ● | ● | ● | ○ | ● | ● | ○ | ● | |
| ЗАВОД | 9 | Отправление с П2 | 011 | 01000 | ● | ● | ● | ○ | ● | ● | ○ | ● | |
| | 10 | Отправление с П3 | 100 | 10000 | ● | ● | ○ | ● | ● | ● | ● | ○ | |

Рисунок 4. Маршруты и сигналы станционных светофоров

В табл. 4 представлены маршруты и сигналы станционных светофоров, обеспечивающих работу станции по заданной технологии. Требуется присвоить определенный код соответствующему маршруту, при его подготовке светофоры загораются соответствующим светом. Используется пять различных кодов - отдельно на маршруты 1 и 4 (проследование станции), отдельно на маршруты 8 и 9, 7 и 10, а также - на маршруты 2, 3, 5, 6.

При проследовании поездом станции (маршруты 1 и 4) входные светофоры светятся зеленым огнем, на маршрутных светофорах горит желтый огонь, разрешающий проследование станции по главному пути с установленной скоростью.

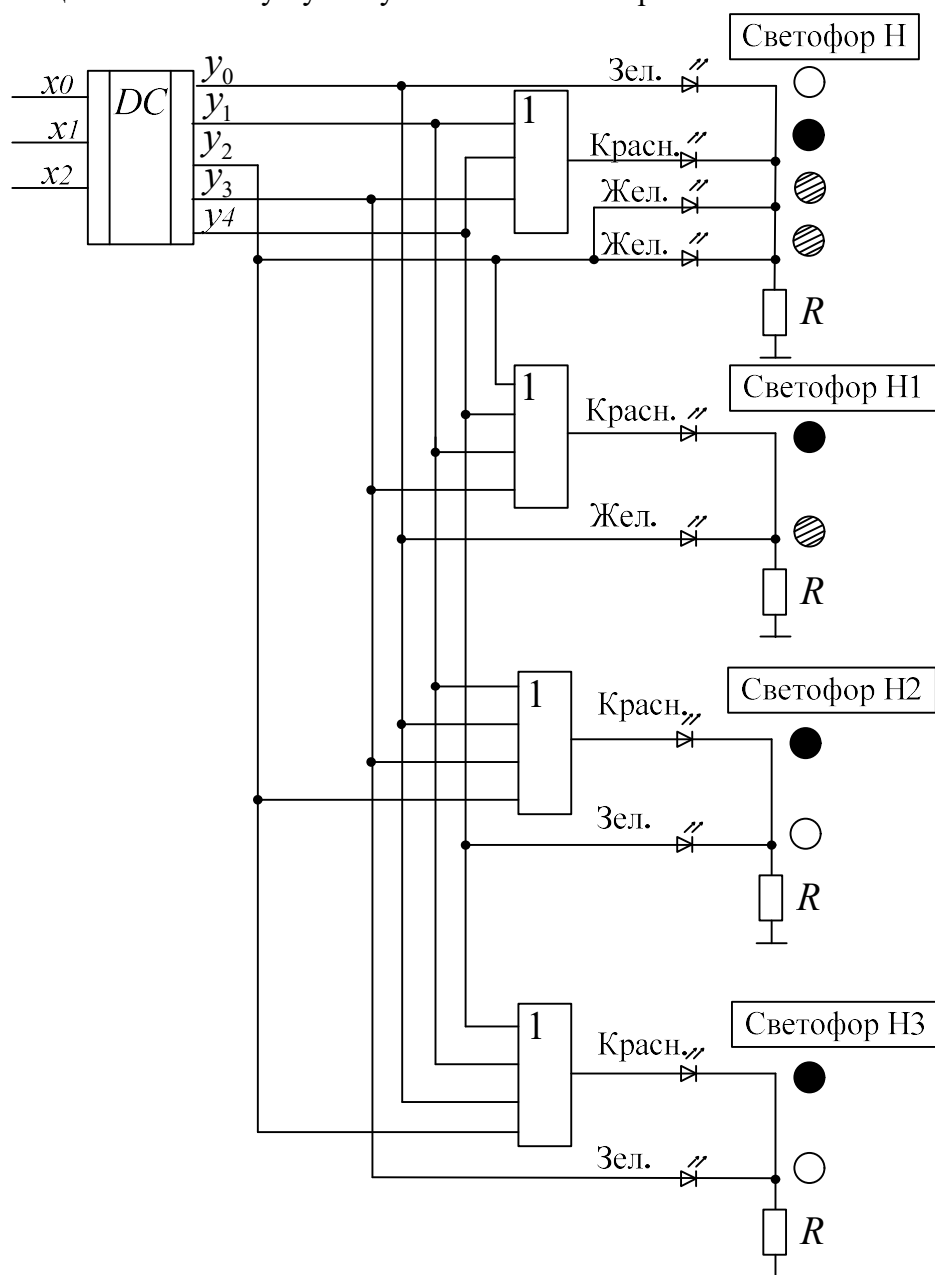


Рисунок 5. Схемная реализация подготовки маршрутов и сигнализация малой станции с жестко заданной технологией работы для светофоров нечетного направления

При прибытии на боковые пути со стороны РЖД (маршруты 2 и 3), а также со стороны завода (маршруты 5 и 6) входные светофоры сигнализируют двумя желтыми огнями, т.е. разрешается поезду следовать на станцию с уменьшенной скоростью на боковой путь и готовностью остановиться (следующий светофор закрыт).

Отправление со станции в противоположные стороны (маршруты 8 и 9, 7 и 10) осуществляется по зеленому сигналу соответствующих выходных светофоров, остальные светофоры закрыты.

Каждому маршруту или группе маршрутов присвоен свой код на входе дешифратора. Сигналы с его выходов поступают через логический элемент "ИЛИ", а также напрямую на светодиоды, соответствующие сигналам светофоров станции (например, на табло дежурного по станции). Схемная реализация подготовки маршрутов и сигнализация малой станции с жестко заданной технологией работы для светофоров нечетного направления (с литерой Н) представлена на рис.4.

Схемная реализация подготовки маршрутов и сигнализация малой станции с жестко заданной технологией работы для светофоров четного направления (с литерой Ч) выполняется аналогично.

Выводы

Применение аппарата булевой алгебры позволяет проектировать на логических элементах систем блокировок, формировать маршруты движения поездов в пределах малых станций с выводом сигналов состояния на пульт диспетчера. Обеспечение работы промышленного транспорта, связанного с выполнением маневровой работы, различных технологических операций, требует учета большего числа сигналов и более сложной схемной реализации автоматической блокировки и маршрутизации [4] с возможным применением также устройств нечеткой логики.

Список литературы

- [1] *Устинский, А.А.* Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте [Текст] / под редакцией А.А. Устинского. – М.: Транспорт, 1985. - 437 с.
- [2] Инструкция по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации [Текст] / – М: Транспорт, 2000. - 128 с.
- [3] *Пительгузов, Н.А.* Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте [Текст] / под редакцией Н.А. Пительгузова. – Киев.: Высшая школа, 1986. - 206 с.
- [4] *Сапожников, В.В.* Теория дискретных устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / В.В. Сапожников, Ю.А. Кравцов, Вл.В. Сапожников. – М: УМК МПС России, 2001. - 312 с.

Научное издание

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

ТОМ 1

**Материалы I международной
научно-практической конференции**

12-13 декабря 2018 г.

Ответственный за выпуск Сысоев А.С.
Компьютерная верстка Коростелев А.А., Ковырялова О.А., Ерохин В.Е.
Дизайн обложки Хабибуллина Е.Л.

Издано в авторской редакции

Подписано в печать 22.11.2018.
Формат 60 × 84 1/16. Гарнитура Таймс.
Объём 16,94 п.л. Тираж 75 экз. Заказ № 692.
Издательство Липецкого государственного технического университета.
Полиграфическое подразделение Издательства ЛГТУ.
398055 Липецк, ул. Московская, 30.



ПРОВОДИТСЯ ПРИ ФИНАНСОВОЙ
ПОДДЕРЖКЕ



ВЕБ-ИНТЕГРАТОР

ШИНТОРГ

сеть компьютерных магазинов

РЕГАРД

8 (4742) 220-555
www.regard-tour.ru

ISBN 978-5-88247-903-8



9 785882 479038

ISBN 978-5-88247-902-1



9 785882 479021



ЛИПЕЦК - 2018