

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Объект авторского права

УДК 656.13.05

СЕМЧЕНКОВ
Сергей Сергеевич

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК
АВТОТРАНСПОРТОМ ПОСРЕДСТВОМ
СЕКТОРАЛЬНОГО МЕТОДА РАБОТЫ ВОДИТЕЛЕЙ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.22.10 – эксплуатация автомобильного транспорта

Минск, 2023

Научная работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете.

Научный руководитель **КАПСКИЙ Денис Васильевич**,
доктор технических наук, доцент, заместитель Председателя,
Высшая аттестационная комиссия Республики Беларусь

Официальные оппоненты: **КУХАРЕНОК Георгий Михайлович**,
доктор технических наук, профессор;

МИХАЛЬЧЕНКО Анатолий Александрович,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
«Общетехнические и специальные дисциплины»,
УО «Белорусский государственный университет транспорта»

Оппонирующая организация Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта "Транстехника"»

Защита состоится 27 декабря 2023 г. в 14⁰⁰ на заседании совета по защите диссертаций Д 02.05.04 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, просп. Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202; тел. ученого секретаря +375 17 292 41 01; e-mail: msf@bntu.by.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан 24 ноября 2023 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент



А. И. Сафонов

© Семченков С. С., 2023
© Белорусский национальный
технический университет, 2023

ВВЕДЕНИЕ

Пассажи́рские перевозки автотранспортом обеспечивают основные потребности населения в передвижениях, имеют большое социальное, экологическое и экономическое значение. В системе организации перевозок пассажиров наиболее массовый характер носят перевозки, выполняемые маршрутным пассажирским транспортом (МПТ) в регулярном сообщении по установленным маршрутам и заданным расписаниям движения на сформированной маршрутной сети. МПТ играет ключевую роль в улучшении экологической обстановки, сокращении истощения природных ресурсов, повышении безопасности участников дорожного движения. Обеспечивая мобильность населения, МПТ вносит неоценимый вклад в устойчивое развитие городской среды.

Анализ работы эксплуатационных предприятий МПТ (ПМПТ) и исследование методов организации работы водителей маршрутных транспортных средств (МТС) свидетельствуют о необходимости реформирования как отдельных участков работы, так и направлений работы ПМПТ в целом. Отсутствие научно обоснованных методов организации работы водителей маршрутных транспортных средств, отвечающих современным требованиям, привело к появлению затрат, которые являются необязательными для ПМПТ. Эти затраты обусловлены нерациональным порядком использования рабочего времени водителей, а также несовершенством распределения ресурса водительского состава с закреплением водителей для работы по постоянным маршрутам (далее такие затраты будем называть непродуктивными). Данная научная проблема повышения эффективности организации пассажирских перевозок автотранспортом может быть решена применением научно обоснованных методов организации работы водителей МТС.

В диссертации предлагается использовать новый авторский метод организации работы водителей МТС, который позволяет повысить эффективность организации пассажирских перевозок автотранспортом за счет снижения непродуктивных затрат, рационально распределяя ресурсы ПМПТ.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Тема диссертации соответствует основным направлениям фундаментальных и прикладных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 гг., 2021–2025 гг. в части вопросов транспортных технологий, технологий транспортной безопасности, транспортно-логистических систем и инфраструктуры, утвержденных Указом Президента Республики Беларусь 07.05.2021 № 156, Указом Президента Республики Беларусь 22.04.2015 № 166, Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 12.03.2015 № 190, Программы социально-экономического развития на 2021–2025 гг. (п. 9.2), утвержденной Указом Президента Республики Беларусь 29.07.2021 № 292, Стратегии развития городского пассажирского транспорта, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь 18.01.2016 № 13 «Об утверждении схем комплексной территориальной организации областей и генеральных планов городов-спутников».

Диссертационная работа выполнялась в рамках научно-исследовательских работ по хозяйственным договорам (ХД) и госбюджетным темам (ГБ) в: 2013 г. «Исследование действующей городской маршрутной сети пассажирского транспорта и разработка предложений по ее совершенствованию в г. Слониме. Построение рациональной схемы

маршрутов и совершенствование работы маршрутного пассажирского транспорта» (ХД 27.12.2012 № 7420/12с); 2016–2020 гг. «Повышение эффективности транспортных систем на основе совершенствования организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов» (ГБ № 16–202); 2017–2018 гг. «Разработка технико-экономического обоснования мероприятий, направленных на повышение качества и эффективности работы общественного транспорта Полоцка и Новополоцка» в рамках реализации Проекта «Беларусь: Поддержка зеленого градостроительства в малых и средних городах Беларуси», реализуемого Программой развития ООН № 00090983 (ХД 19.12.2017 № РО1772017); 2019 г. «Разработка мероприятий по организации дорожного движения в г. Полоцк и г. Новополоцк по объекту «Разработка совместного плана устойчивой городской мобильности в г. Полоцк и г. Новополоцк» (ХД 18.01.2019 № 123/19с).

Цель, задачи, объект и предмет исследования

Цель исследования – повышение эффективности организации пассажирских перевозок автотранспортом.

Объект исследования – система организации перевозок пассажиров.

Предмет исследования – метод организации работы водителей маршрутных транспортных средств.

Для достижения цели диссертации поставлены и решены *задачи*:

1. Исследовать методы организации работы водителей маршрутных транспортных средств, определить причины возникновения непродуктивных затрат предприятий маршрутного пассажирского транспорта, связанных с организацией работы водителей, разработать математическую модель определения месячного фонда рабочего времени водителей маршрутных транспортных средств.

2. Разработать критерий эффективности организации работы водителей маршрутных транспортных средств.

3. Разработать метод организации работы водителей маршрутных транспортных средств, позволяющий снизить уровень непродуктивных затрат предприятий маршрутного пассажирского транспорта.

4. Разработать алгоритм составления рациональных графиков работы водителей маршрутных транспортных средств на основе разработанного метода, а также рекомендации по его практическому использованию.

Научная новизна

В диссертационной работе разработан новый научный подход к организации работы водителей маршрутных транспортных средств, основанный на авторском методе. Научная новизна исследований заключается в:

1. Разработке математической модели определения месячного фонда рабочего времени водителей маршрутных транспортных средств, отличающейся учетом ключевых характеристик маршрутной сети маршрутного пассажирского транспорта, позволяющей рационально проектировать режимы труда водителей при работе на маршрутах по заданному набору выпусков транспортных средств на линию.

2. Разработке критерия λ эффективности организации работы водителей маршрутных транспортных средств, отличающегося учетом средневзвешенной продолжительности рабочей смены водителя, позволяющего осуществлять оперативный мониторинг и выполнять анализ эффективности организации работы водителей.

3. Разработке принципиально нового авторского метода организации работы водителей маршрутных транспортных средств (секторального метода), который в отличие от существующих, предполагает разделение маршрутной сети на сектора и варьирование продолжительностью рабочей смены в секторах маршрутной сети, обеспечивает сокращение непродуктивных затрат по критерию λ эффективности организации работы водителей маршрутных транспортных средств.

4. Разработке алгоритма составления рациональных графиков работы водителей маршрутных транспортных средств (основанного на разработанном методе), который в отличие от существующих, обеспечивает сокращение непродуктивных затрат предприятий на оплату труда водителей.

Положения, выносимые на защиту

1. Математическая модель определения месячного фонда рабочего времени водителей при работе на маршрутах по заданному набору выпусков транспортных средств на линию, отличающаяся учетом ключевых характеристик существующей маршрутной сети маршрутного пассажирского транспорта при установленном расписании движения.

2. Критерий λ эффективности организации работы водителей, отличающийся учетом показателя средневзвешенной продолжительности рабочей смены водителя, позволяющий осуществлять оперативный мониторинг и выполнять анализ эффективности организации работы водителей.

3. Новый авторский метод организации работы водителей маршрутных транспортных средств (секторальный метод), включающий в себя модель, методики, алгоритмы и рекомендации по применению, отличающийся разделением маршрутной сети на сектора и варьированием продолжительностью рабочей смены в секторах маршрутной сети, позволяющий сократить непродуктивные затраты предприятий маршрутного пассажирского транспорта по критерию λ эффективности организации работы водителей, обеспечивающий снижение данных затрат, что подтверждено актами внедрения на предприятиях маршрутного пассажирского транспорта.

4. Алгоритм составления рациональных графиков работы водителей маршрутных транспортных средств (основанный на разработанном методе), включающий порядок действий, учитывающий принцип социальной справедливости для водителей, позволяющий снизить трудозатраты времени по составлению рациональных графиков работы, что подтверждено актами внедрения.

Личный вклад соискателя ученой степени

Определение цели и постановка задач исследований были сформулированы совместно с научным руководителем. Результаты, характеризующиеся научной новизной и выносимые на защиту, получены автором самостоятельно. Исследования, эксперименты и анализ полученных результатов, доказательства и математические выкладки, алгоритмы и компьютерные программы выполнены автором лично.

Научный руководитель Капский Д. В. в совместных публикациях участвовал в определении направлений исследований и обсуждении способов решения поставленных задач, а также в оценке полученных результатов. В коллективных работах соискателем выполнены сбор, анализ, систематизация и интерпретация результатов с формулировкой основных научных выводов (личный вклад – не менее 75 %).

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные положения диссертации были представлены на следующих международных научно-практических (технических) конференциях «Наука – образованию, производству, экономике» (г. Минск, 2019, 2022 гг.); «Перспективные направления развития региональных транспортных и логистических систем» (г. Харьков, 2018 г.); «Безопасность на транспорте – основа эффективной инфраструктуры: проблемы и перспективы» (г. Харьков, 2019 г.); «Организация и безопасность дорожного движения» (г. Тюмень, 2020 г.); «Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов» (г. Екатеринбург, 2021 г.); «Управление в перспективных наземных транспортных системах» (г. Геленджик, 2021 г.); «Формирование транспортных систем и социально-экономическое развитие городских агломераций» (г. Санкт-Петербург, 2021 г.), «Механизмы формирования транспортных систем для обеспечения устойчивости социально-экономического развития городских агломераций СЗФО России» (г. Санкт-Петербург, 2022 г.), 80-й научно-практической конференции Московского автомобильного-института (г. Москва, 2022 г.), «Реализация транспортной стратегии РФ до 2030 года в части развития автотранспортного комплекса» (г. Махачкала, 2022 г.), а также X Форуме вузов инженерно-технологического профиля Союзного государства (г. Минск, 2021 г.) и 16-м Европейском автомобильном конгрессе ЕАЕС 2019 (г. Минск, 2019 г.).

Результаты диссертации успешно внедрены в производственную деятельность ПМПП (филиалами «Трамвайный парк», «Транспортный парк № 2» (до 01.02.2023 «Троллейбусный парк № 2»), «Троллейбусный парк № 3», «Транспортный парк № 4» (до 01.02.2023 «Троллейбусный парк № 4»), «Троллейбусный парк № 5» Государственного предприятия «Минсктранс», г. Минск, транспортным предприятием ООО «Генеральная сюрвейерская компания», г. Санкт-Петербург), а также в учебный процесс (кафедры «Транспортные системы и технологии» Белорусского национального технического университета, кафедр «Автомобильные дороги» и «Эксплуатация автомобильного транспорта» Тихоокеанского государственного университета, кафедры «Транспортная телематика» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета, кафедры автомобильного транспорта УО «Полоцкий государственный университет»), что подтверждается актами о внедрении.

Соискатель благодарит своего научного руководителя Капского Д. В. за постоянное внимание к работе, постановку задач и регулярное обсуждение результатов исследований. Также выражается благодарность профессору Лобашову А. О., доцентам Коту Е. Н., Седюкевичу В. Н., Саражинскому Д. С., Богдановичу С. В., инженеру-физику Семченковой Т. В. за полезные консультации.

Автор отмечает творческую, доброжелательную атмосферу, способствующую проведению содержательных научных исследований, созданную руководителями и сотрудниками ПМПП, входящих в состав Государственного предприятия «Минсктранс», и его генеральным директором Дзюбенко О. А.

Опубликованность результатов диссертации

Основные результаты диссертационной работы изложены в 31-й научной публикации, в том числе 2-х монографиях, 13-ти публикациях, соответствующих п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь. На разработанную компьютерную программу получено свидетельство о добровольной регистрации и депонировании объекта авторского права. Общий

объем опубликованных материалов составляет 17,1 авторского листа, из них 9,7 авторского листа – объем публикаций, соответствующих п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из двух томов (основного и тома приложений). Основной том структурно состоит из содержания, перечня сокращений и обозначений, введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка использованных источников (всего 130 наименований). Общий объем основного тома составляет 131 стр. (в т. ч. иллюстрации, таблицы, список литературы на 44 стр.), второй том содержит приложения на 152 стр.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первой главе проведен аналитический обзор литературы по теме исследования, выполнен анализ результатов исследований, представленных в отечественных и иностранных источниках научной информации, описаны основные этапы развития научных представлений по рассматриваемой проблеме эффективности организации пассажирских перевозок автотранспортом. Проанализированы подходы к организации пассажирских перевозок автотранспортом, выполнен анализ подходов к оценке ее эффективности. Рассмотрена система организации перевозок пассажиров, выполнен сопоставительный анализ методологических подходов и уровня развития ранее выполненных исследований по организации работы водителей МТС в Республике Беларусь и за рубежом. Глава также содержит описание известных методов, методик и алгоритмов организации работы водителей МТС.

В научных трудах Веклича В. Ф., Вельможина А. В., Гудкова В. А., Доли В. К., Ефремова И. С., Зильберталя А. Х., Иванова В. П., Кухаренка Г. М., Ларина О. Н., Михальченко А. А., Правдина Н. В., Седюкевича В. Н., Спирина И. В. повышение эффективности организации пассажирских перевозок автотранспортом достигается выбором вида МПТ, выбором для работы на маршруте ТС по их пассажироместности, управлением коэффициентом ее использования, преобразованием существующей маршрутной сети маршрутного пассажирского транспорта (МСМПТ), организацией скоростного движения, управлением дорожным движением, созданием условий для приоритетного пропуска МТС, снижением потерь в дорожном движении, а также назначением целесообразной частоты движения ТС по времени суток и определением периодов работы маршрутов, устанавливается вклад МПТ в решении проблем устойчивого развития городских систем.

На основе работ, выполненных ранее отечественными и иностранными исследователями, выявлены вопросы, которые остались неразрешенными. Установлено, что в проведенных ранее исследованиях недостаточно изучены вопросы, касающиеся повышения эффективности организации пассажирских перевозок автотранспортом за счет снижения себестоимости перевозок путем совершенствования организации работы водителей МТС. В частности, недостаточно рассмотрены пути повышения эффективности организации пассажирских перевозок автотранспортом на имеющейся МСМПТ при работе по утвержденным расписаниям движения на основе управления использованием рабочего времени водителей МТС. Также ранее недо-

статочно глубоко были изучены вопросы, направленные на обеспечение рациональной организации работы водителей МТС и самих ТС, влияние характеристик маршрутов на использование рабочего времени водителей.

Методами анализа проведено выявление и точное формулирование проблемной ситуации с оценкой актуальности и возможности ее разрешения, выполнено обоснование выбора направления исследований с изложением общей концепции работы. Был выделен проблемный объект, определен предмет и задачи исследования в рамках темы диссертации, сформулированы направления и разработана структурно-логическая схема диссертационного исследования (рисунок 1).

Во второй главе подробно описаны и исследованы методы организации работы водителей МТС, рассмотрены традиционно используемые на ПМПТ методы организации работы водителей МТС, исследованы особенности планирования и использования рабочего времени водителей МТС, определены причины возникновения непродуктивных затрат ПМПТ, связанных с несовершенством организации работы водителей МТС, дано описание использованных методов, приведены основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, их сравнительный анализ с уже известными науке, дана оценка значимости результатов исследований для науки и производства.

Продолжительность рабочей смены водителя $t_{см}$, установленной расписанием движения при работе на маршруте с конечными станциями, имеющими условные обозначения А и Б, представлена в виде модели (1):

$$t_{см} = t_{пв} + t_{зв} + t_{нрн} + t_{нрк} + n_{АБ}(t_{АБ} + t_{стоб}) + n_{БА}(t_{БА} + t_{стоА}) + t_{стдА} + t_{стдБ}, \quad (1)$$

где $t_{пв}$ – подготовительное время на приемку ТС, подготовку к работе (ч);

$t_{зв}$ – заключительное время на сдачу ТС, окончание работы (ч);

$t_{нрн}$ – продолжительность нулевого рейса в начале смены (ч);

$t_{нрк}$ – продолжительность нулевого рейса в конце смены (ч);

$n_{АБ}, n_{БА}$ – количество рейсов в направлениях А→Б, Б→А;

$t_{АБ}, t_{БА}$ – продолжительность рейсов в направлениях А→Б, Б→А (ч);

$t_{стоА}, t_{стоб}$ – продолжительность обязательных стоянок на А и Б (ч);

$t_{стдА}, t_{стдБ}$ – продолжительность дополнительных стоянок на А и Б (ч).

Фактические значения $t_{АБ}, t_{БА}, t_{стоА}, t_{стдА}, t_{стоб}, t_{стдБ}$ подвержены влиянию ряда факторов, определяемых условиями движения МТС, различаются по времени суток. Доля $t_{нрн}$ и $t_{нрк}$ в $t_{см}$ – в среднем 9,5 %, доля $t_{стоА}, t_{стоб}, t_{стдА}, t_{стдБ}$ – в среднем 10 %. Наибольшую долю (в среднем 77 %) в $t_{см}$ составляет время $t_{АБ}, t_{БА}$, используемое для выполнения $n_{АБ}, n_{БА}$ рейсов в направлениях А→Б и Б→А, соответственно, фактическая продолжительность рабочей смены водителя будет в большей мере определяться именно временем, затрачиваемым на выполнение рейсов в направлениях А→Б, Б→А.

На рисунке 2 на примере троллейбусного маршрута № 53 в г. Минске показана диаграмма размаха времени выполнения рейса $T_{расп}$, установленного расписанием, и размаха фактического времени движения $T_{факт}$ при выполнении рейсов в направлении А→Б. На рисунке 3 приведена гистограмма распределения $T_{факт}$ (распределение нормальное). Подобные результаты характерны для маршрутов, МТС которого выполняют перевозки пассажиров в условиях современного города.

Анализ исполненного движения показывает, что отклонения фактического времени $T_{факт}$ от заданного расписанием $T_{расп}$ преимущественно компенсируются временем

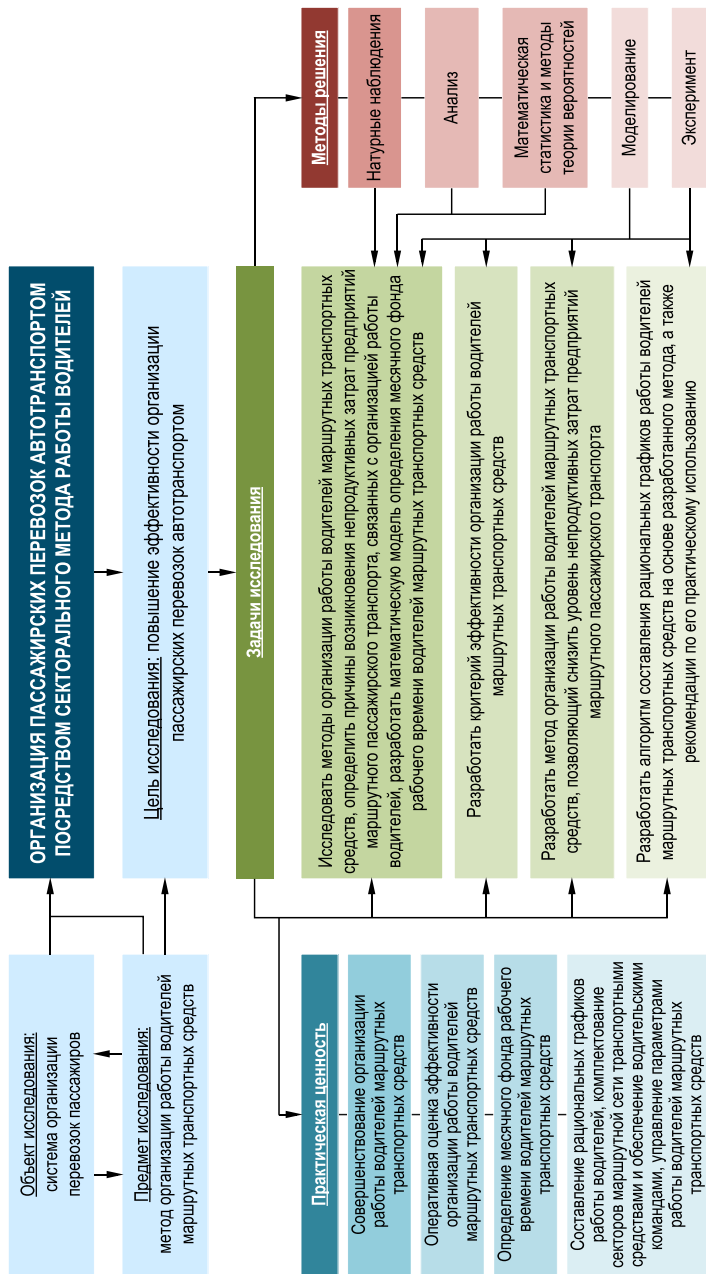


Рисунок 1 – Структурно-логическая схема диссертационного исследования

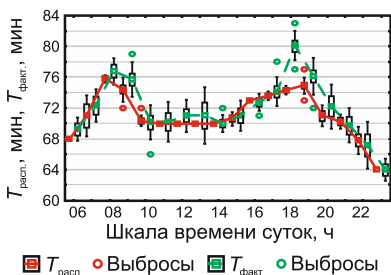


Рисунок 2 – Диаграмма размаха для времени выполнения рейса $T_{расп}$, установленного расписанием, и фактического времени $T_{факт}$

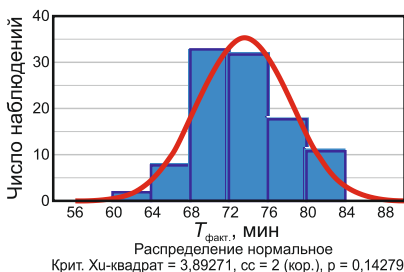


Рисунок 3 – Гистограмма распределения фактического времени выполнения рейса $T_{факт}$

стоянок на конечных станциях А и Б. Поэтому фактические значения продолжительности рабочей смены водителя по итогам работы за день не имеют серьезных различий с продолжительностями, установленными расписанием, которые следует использовать при составлении рациональных графиков работ водителей.

Исследование влияния характеристик различных видов транспорта (в том числе с учетом новых видов электрического транспорта) на особенности использования рабочего времени водителей МТС, позволило предложить в работе расширенную классификацию видов электрического транспорта, основанную на уточнении вида транспорта категорий (исходя из возможностей его применения). В соответствии с ней представлены типовые схемы маршрутов, разработаны модели работы ТС на них, определены показатели их работы. Установлена структура потерь линейного времени, на основе которой определена важность анализа причин потерь линейного времени, отмечена необходимость применения системы диспетчерского управления и необходимость реорганизации работы по оформлению происшествий с участием МТС, в том числе с помощью внедрения практики работы аварийных ревизоров.

Наиболее значимыми параметрами, характеризующими режим труда и отдыха водителей, являются количество рабочих смен в учетный период (УП), продолжительность смен, их вариационный размах, время начала и окончания работы, перерывов в работе, повторяемость маршрутов и степень их схожести, продолжительность периодов ежедневного отдыха, продолжительность периодов непрерывного отдыха и количество полных выходных дней в УП, равномерность и спаренность их предоставления, доля резервного времени. Сам график работ характеризуют показатели: обеспеченности выпуска ТС на линию (соотношение фактического и требуемого числа водителей) по числам УП, задействованного числа водительских команд, укомплектованности (число вакансий в водительских командах), степень закреплённости ТС за водительскими командами, равномерности распределения водителей по видам смен, по видам запланированных отсутствий с детализацией по числам УП, соблюдения режима труда и отдыха, обеспеченности сменами перед выходным днем, оканчивающимися до 24:00, сформированности резерва водителей, размера фонда рабочего времени.

Статистически обработанные первичные учетные документы ПМПП, позволили установить, что по характеру распределения продолжительности работы водителя

$t_{см}$ для рабочих дней недели выделяется набор непрерывных смен $T_n = \{t_{смн1}; t_{смн2}; \dots; t_{смнл}\}$ (в количестве $n_{смн}$) и смены с разделением рабочего дня на части $T_p = \{t_{смр1}; t_{смр2}; \dots; t_{смрл}\}$ (в количестве $n_{смр}$). По выходным дням недели выделяется набор непрерывных смен $T_b = \{t_{смв1}; t_{смв2}; \dots; t_{смвл}\}$ (в количестве $n_{смв}$), характер распределения которых отличается от распределения непрерывных смен по рабочим дням. Параметры описательной статистики (на примере ПМПТ троллейбуса) для набора T_n : $n_{смн} = 235$, $\overline{t_{смн}} = 7,9353$; $\sigma = 1,6460$; $\max(T_n) = 10,9000$; $\min(T_n) = 3,7800$; для набора T_p : $n_{смр} = 39$, $\overline{t_{смр}} = 8,8562$; $\sigma = 0,8381$; $\max(T_p) = 10,2300$; $\min(T_p) = 7,1500$; для набора T_b : $n_{смв} = 155$, $\overline{t_{смв}} = 8,6035$; $\sigma = 1,2297$; $\max(T_b) = 10,7200$; $\min(T_b) = 5,4300$.

На рисунке 4 приведены гистограммы распределения величин продолжительности смен водителей по рабочим дням. Характер распределения продолжительности смен водителей значительно различается по различным маршрутам (рисунок 5).

Среди основных методов организации работы водителей МТС известны бригадный и кустовой. В существующей практике на ПМПТ применяется так называемый маршрутный метод, когда водители и МТС закрепляются для работы за постоянными маршрутами. Работа водителей организуется по заданному расписанию движения набора выпусков ТС, обслуживающих маршрут (за исключением нечастых случаев незапланированных перестановок). Таким образом, каждый маршрут представлен набором $V = \{v_1; v_2; \dots; v_n\}$ заданных расписанием движения выпусков. Каждый v из набора V характеризуется: порядковым номером n , принадлежностью к мар-

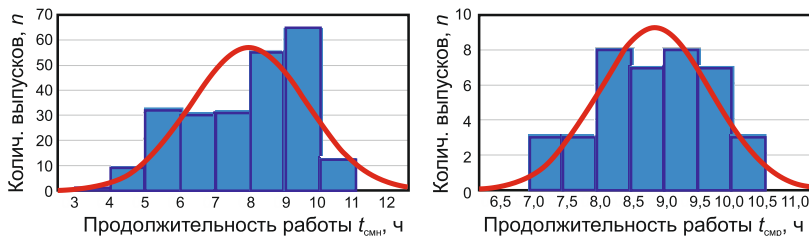


Рисунок 4 – Гистограммы распределения $t_{смн}$ по непрерывным сменам (слева) и $t_{смр}$ по сменам с разделением дня на части (справа)

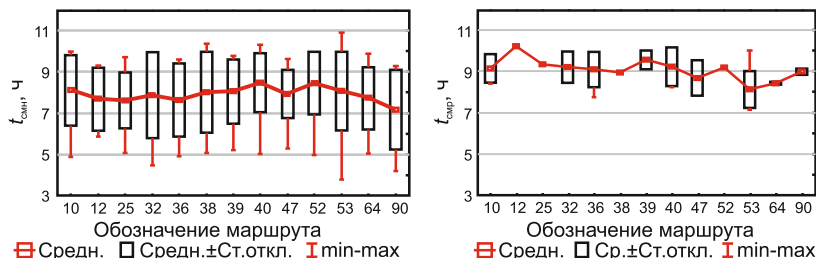


Рисунок 5 – Диаграммы размаха $t_{смн}$ на различных маршрутах по непрерывным сменам (слева) и $t_{смр}$ по сменам с разделением дня на части (справа)

шруту r , признаком ψ типа режима сменности, продолжительностью работы водителя в 1-ую смену $t_{см1}$, во 2-ую смену $t_{см2}$, признаком b «особой смены» с окончанием работы до 24:00. В качестве объективной характеристики набора заданных выпусков V , по которым в течение УП работает водитель, введен **показатель средневзвешенной продолжительности рабочей смены водителя** $t_{срм}$. Он учитывает режим работы каждого выпуска ν из набора V и определяется по формуле (2):

$$t_{срм} = \frac{n_{рд} \sum_{j=1}^{n_p} t_{рдj} + n_{сбд} \sum_{j=1}^{n_{сб}} t_{сбj} + n_{всд} \sum_{j=1}^{n_{вс}} t_{всj}}{n_p n_{рд} + n_{сб} n_{сбд} + n_{вс} n_{всд}}, \text{ ч}, \quad (2)$$

где $n_{рд}$, $n_{сбд}$, $n_{всд}$ – количество в рассматриваемом периоде рабочих, субботних и воскресных дней соответственно;

n_p , $n_{сб}$, $n_{вс}$ – количество рабочих смен в наборе V по расписанию рабочих, субботних и воскресных дней соответственно;

$t_{рдj}$, $t_{сбj}$, $t_{всj}$ – продолжительность j -й рабочей смены в наборе выпусков V по расписанию рабочих, субботних и воскресных дней соответственно (ч).

Разработана **математическая модель определения месячного фонда рабочего времени водителей МТС** (3), учитывающая ключевые характеристики существующей МСМПТ *при установленном расписании движения*:

$$T = n_{срм} t_{срм} = n_{срм} \frac{n_{рд} \sum_{j=1}^{n_p} t_{рдj} + n_{сбд} \sum_{j=1}^{n_{сб}} t_{сбj} + n_{всд} \sum_{j=1}^{n_{вс}} t_{всj}}{n_p n_{рд} + n_{сб} n_{сбд} + n_{вс} n_{всд}}, \text{ ч}, \quad (3)$$

где T – месячный фонд рабочего времени водителя МТС при работе на основе чередования по сменам и заданным выпускам, определяемым набором V (ч);

$n_{срм}$ – количество рабочих смен водителя в УП.

Проведен эксперимент, для месяца с $n_{срм} = 20$ исследовано 2392 графика работ водителей, построена диаграмма рассеяния, которая приведена на рисунке 6.

Проверена адекватность математической модели, средняя ошибка аппроксимации составила до 4,8 %, что является приемлемым. Достоверность полученных данных подтверждается умеренной сходимостью расчетных теоретических значений и фактических значений моделируемых показателей.

При этом зависимость, с помощью которой следует оценивать **затраты на оплату труда водителей** $C_{отв}$, приведена на рисунке 7 и выражена как (4):

$$C_{отв} = \begin{cases} T \cdot C_{тч}, & \text{при } T \leq T_{пк} \\ T \cdot C_{тч} + (T - T_{пк}) C_{тч} k_{пов}, & \text{при } T > T_{пк} \end{cases}, \text{ BYN}, \quad (4)$$

где $C_{тч}$ – затраты на оплату труда водителей за 1 час работы на линии (BYN);

$T_{пк}$ – норма рабочего времени по производственному календарю (ч);

$k_{пов}$ – повышающий коэффициент оплаты сверхурочного времени в увеличенном размере по принятой на ПМПТ системе оплаты труда (как правило, $k_{пов} \in [2; 3]$).

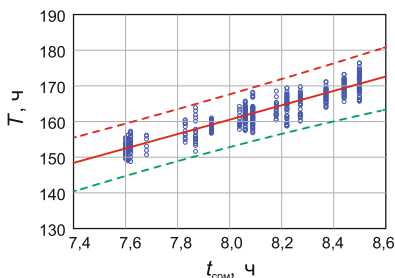


Рисунок 6 – Диаграмма рассеяния месячной продолжительности рабочего времени T при работе водителей по наборам выпусков с известным $t_{срм}$

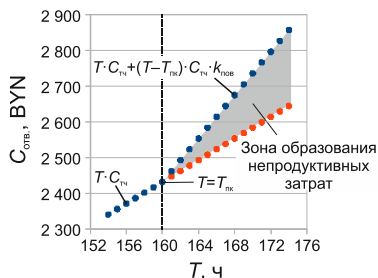


Рисунок 7 – Зависимость затрат на оплату труда водителя $C_{отв}$ от месячного фонда рабочего времени водителя T

На рисунке 7 обозначена зона образования непродуктивных затрат, возникающих при значениях месячного фонда рабочего времени водителя T , превышающих $T_{пк}$ (после достижения точки $T = T_{пк}$). Стоит отметить, что выполненное в работе исследование использования рабочего времени водителей МТС в разрезе маршрутов показало, что неоднородность их характеристик приводит к значительной неравномерности использования рабочего времени водителей, закреплённых за постоянными маршрутами, что в свою очередь влияет на величину непродуктивных затрат.

Разработан критерий λ эффективности организации работы водителей МТС, обслуживающих набор выпусков V . Данный критерий основан на показателе средневзвешенной продолжительности рабочей смены и определен (5):

$$\lambda = \frac{t_{срм}}{t_{срмп}} \rightarrow 1, \quad (5)$$

где $t_{срм}$ – значение показателя средневзвешенной продолжительности рабочей смены водителя для набора выпусков V (ч);

$t_{срмп}$ – значение показателя, определенного по (2) для всех наборов выпусков V всех маршрутов, обслуживаемых ПМПТ (ч).

Критерий λ позволяет осуществлять оперативный мониторинг и выполнять анализ эффективности организации работы водителей (граничные значения критерия $\lambda \in (-\infty; 0,94) \cup (1,06; +\infty)$ – неудовлетворительно; $\lambda \in [0,94; 0,96) \cup (1,04; 1,06]$ – удовлетворительно; $\lambda \in [0,96; 0,98) \cup (1,02; 1,04]$ – хорошо; $\lambda \in [0,98; 1,02]$ – отлично).

В третьей главе представлен разработанный метод организации работы водителей МТС на существующей МСМПТ при установленном расписании движения, который основан на разделении маршрутной сети, обслуживаемой ПМПТ, на сектора и предполагает варьирование продолжительностью рабочей смены в секторах МСМПТ, обеспечивая сокращение непродуктивных затрат по критерию λ эффективности организации работы водителей МТС.

Метод предусматривает, что каждый сектор МСМПТ, как технико-экономическая единица, формируется по принципу обеспечения равноценной производственной нагрузки, заключающемся в совмещении по критерию $\lambda \rightarrow 1$ в секторе выпусков таких маршрутов, которые при чередовании по ним водителей в течение УП будут компенсировать имеющиеся неравномерности продолжительности рабочих смен по отдельным маршрутам. Сектор МСМПТ представляет собой объединение маршрутов и водителей, в котором каждый водитель взаимозаменяем в границах сектора. Высокая степень их совместимости характеризует сектор как универсальную среду, обеспечивающую выполнение принципа равноценности на экономическом уровне и конгруэнтности на транспортном уровне. Каждый спроектированный сектор МСМПТ отвечает требованиям комплементарности, масштабируемости, производительности, управляемости, готовности, отказоустойчивости, безопасности, надежности. Разработанный метод построен на законах изотропности продолжительности рабочего времени и сохранения равенства пробега внутри системы сектора, которые вместе отражают свойства системы «ТС–водитель–маршрут–режим работы». Применение метода позволяет защитить ПМПТ от коррупционных злоупотреблений со стороны сотрудников, занятых организацией работы водителей МТС.

Обязательным условием организации работы является соблюдение принципа социальной справедливости для водителей. Поэтому метод предусматривает назначение единого по ПМПТ количества рабочих смен $n_{рсм}$ для УП по формуле (6):

$$n_{рсм} = \left\lfloor \frac{T_{пк}}{t_{срмп}} + 0,5 \right\rfloor. \quad (6)$$

Разработана методика проектирования секторов МСМПТ путем объединения маршрутов по их ключевым характеристикам, обеспечивающая минимизацию непродуктивных затрат по критерию эффективности организации работы водителей. В основу методики через $\lambda \rightarrow 1$, по сути, положена минимизация величины непродуктивных затрат.

В работе предложен ряд типовых ограничений, которые в зависимости от вида ПМПТ могут налагаться при формировании секторов МСМПТ. К числу таких ограничений относятся необходимость применения определенных видов, типов или моделей ТС в отдельных секторах МСМПТ, критерий θ схожести трасс маршрутов, критерий σ наличия общей конечной станции, на которой происходит большинство пересменок водителей и др. Точный состав ограничений выбирается для каждого ПМПТ с учетом плана-заказа на выполнение перевозок пассажиров, расписания движения, характеристик обслуживаемой МСМПТ и др. Алгоритм применения методики проектирования секторов МСМПТ представлен на рисунке 8. Пример сформированных секторов МСМПТ в г. Минске приведен на рисунке 9.

В то же время задача формирования секторов МСМПТ при использовании метода сводится и к такому оптимальному разбиению существующего на ПМПТ набора выпусков размером n по создаваемым секторам МСМПТ, при котором значение критерия λ в каждом секторе МСМПТ будет различаться между секторами МСМПТ незначительно. Задача оригинальна разбиением под контролем равенства средневзвешенного значения продолжительности смены в каждом формируемом секторе МСМПТ с рядом ограничений (например, в каждом секторе МСМПТ должно

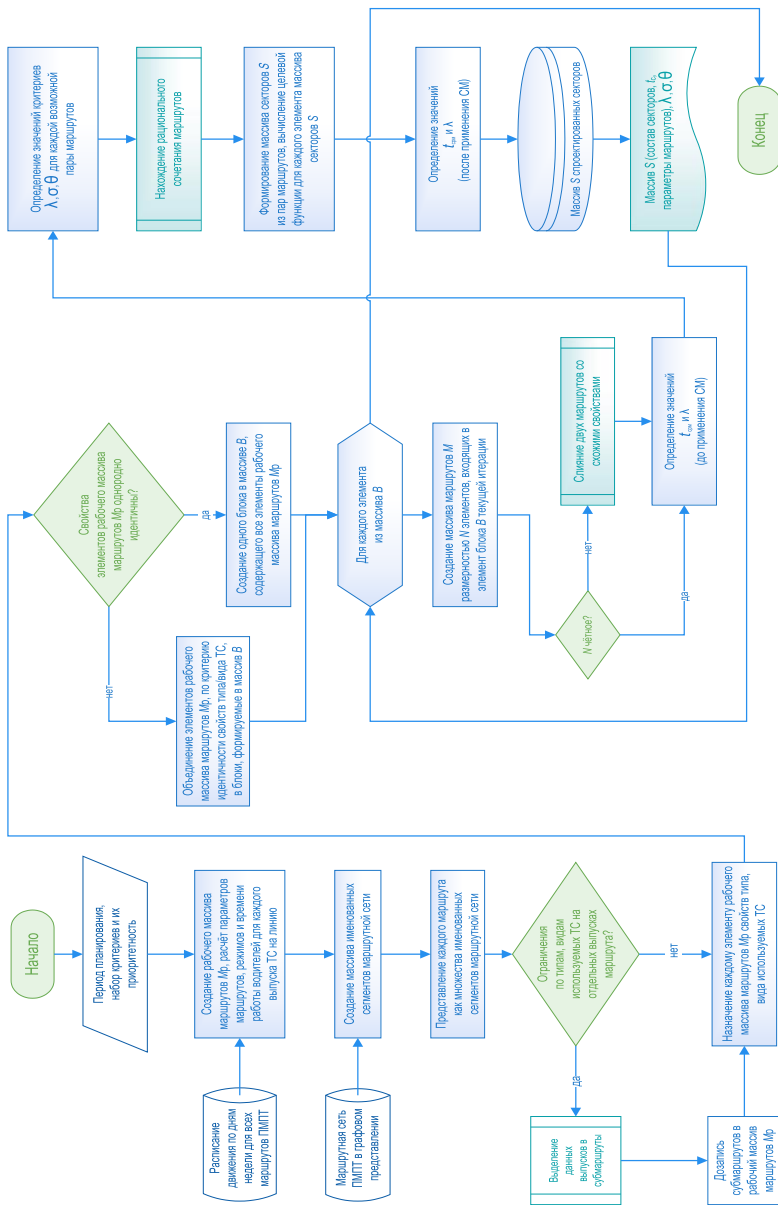


Рисунок 8 – Алгоритм применения методики проектирования секторов МСМНТ

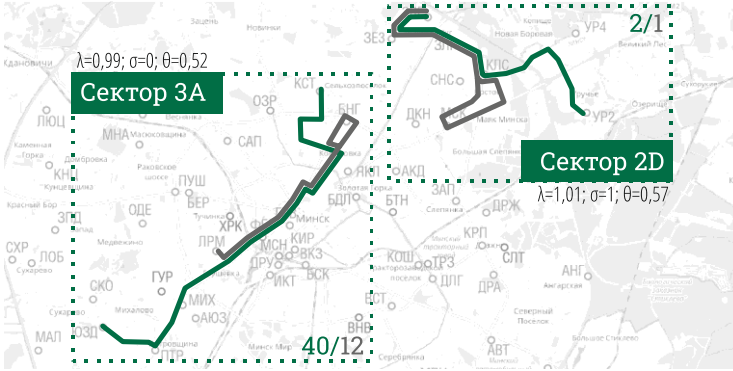


Рисунок 9 – Пример сформированных секторов МСМПТ

находиться не менее порогового значения «особых смен», выпуски схожих маршрутов и т. п.) при неизвестном заранее количестве секторов и количестве смен в них.

Данная задача представлена в виде (7) при соблюдении условий (8):

$$f\left(\left[x_{ij}\right]_{m \times n}\right) = \max_{\substack{i_1, i_2 = 1, \dots, m; \\ i_1 \neq i_2; \\ \sum_{j=1}^n x_{i_1 j} \neq 0; \\ \sum_{j=1}^n x_{i_2 j} \neq 0}} \left(\frac{\sum_{j=1}^n x_{i_1 j} \tau_j}{\sum_{j=1}^n x_{i_1 j}} - \frac{\sum_{j=1}^n x_{i_2 j} \tau_j}{\sum_{j=1}^n x_{i_2 j}} \right)^2 \rightarrow \min, \quad (7)$$

где x_{ij} – признак принадлежности j -ой смены i -ому сектору ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$); $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ – набор продолжительностей рабочего времени водителей, соответствующих сменам по выпускам $1, \dots, n$ (ч);

b_1, b_2, \dots, b_n – набор бинарных значений ($b_i \in B = \{0; 1\}$), отвечающих признаку «особой смены» (с окончанием до 24:00);

m – максимально допустимое количество результирующих секторов МСМПТ, по которым предполагается распределять выпуски, ($m \leq n$);

k – минимальное количество результирующих секторов МСМПТ, по которым должны распределяться смены, ($1 < k \leq m$);

η_0 – минимально допустимая доля «особых смен» в секторе МСМПТ.

$$\begin{aligned} x_{ij} \in B; \quad \sum_{i,j=1}^{m,n} x_{ij} = n; \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} > 0, \quad i = 1, \dots, k; \\ \sum_{\substack{i_1, i_2 = 1, \\ i_1 \neq i_2}}^m x_{i_1 j} x_{i_2 j} = 0; \quad \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij} b_j}{\sum_{j=1}^n x_{ij}} \geq \eta_0, \quad i = 1, \dots, m. \end{aligned} \quad (8)$$

Для поиска решения этой задачи использована теория псевдо-булевых функций (вещественнозначных функций с аргументами из B). По данной теории, если псевдобулева функция представлена формулой, в которой участвуют только суммы произведений аргументов, то минимум такой функции совпадает с минимумом

функции, заданной этой же формулой, но в которой аргументам разрешается принимать значения не только из B , но и из отрезка $U = [0, 1]$.

После формализации, релаксации задачи и подготовки ее для применения численных методов получаем функцию (9) при соблюдении условий (10):

$$f_{\varepsilon, \gamma} \left([x_{ij}]_{m \times n} \right) = \sum_{\substack{i_1, i_2=1 \\ i_1 < i_2}}^m \exp \left(\gamma \frac{\sum_{j=1}^n x_{i_2 j} \sum_{j=1}^n x_{i_1 j} \tau_j - \sum_{j=1}^n x_{i_1 j} \sum_{j=1}^n x_{i_2 j} \tau_j}{\left(\varepsilon + \sum_{j=1}^n x_{i_1 j} \right) \left(\varepsilon + \sum_{j=1}^n x_{i_2 j} \right)} \right)^2 \rightarrow \min, \quad (9)$$

где ε – бесконечно малое ($\varepsilon \rightarrow 0$), не допускающее деление на ноль;

γ – параметр, отвечающий за точность приближения ($\gamma > 0$).

$$\begin{aligned} x_{ij} \in U; \quad \sum_{i,j=1}^{m,n} x_{ij} = n; \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} > 0, \quad i = 1, \dots, k; \\ \sum_{\substack{i_1, i_2=1 \\ i_1 < i_2}}^m x_{i_1 j} x_{i_2 j} = 0; \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} (b_j - \eta_0) \geq 0, \quad i = 1, \dots, m. \end{aligned} \quad (10)$$

Задача решена методом внутренней точки в Wolfram Mathematica 13.2.

Четвертая глава посвящена разработке алгоритма составления рациональных графиков работ водителей на основе разработанного метода, разработке типологической дифференциации водительских команд, приведены рекомендации по использованию.

Представлен алгоритм составления рациональных графиков работ водителей МТС, обеспечивающий сокращение непродуктивных затрат ПМПТ, связанных с организацией их работы. Составление рационального графика работ водителей секторальным методом предполагает поэтапный подход. Данный подход строится на реализации алгоритма, представленного на рисунке 10. Порядок выполнения операций при использовании графоаналитического метода приведен на рисунке 11. Анализ графиков, составленных с применением данного алгоритма, показывает, что каждый день цикла обеспечен водителями по сменам в нужном соотношении, выходные дни и «особые смены» распределены равномерно, отмечается снижение непродуктивных затрат, вызванных неравномерным распределением ресурсов.

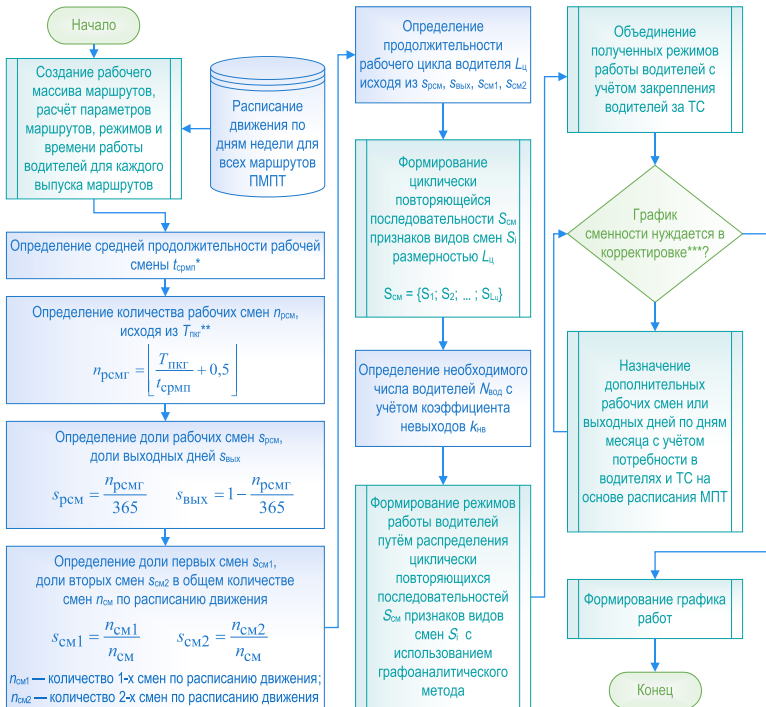
Формализация групп последовательностей, определяющих режимы труда водителей, упрощает их использование на практике и позволяет масштабировать решение на нужное число водителей, ТС с заданной продолжительностью цикла. Для этого предложен способ представления режимов работы водителей, закрепленных за ТС (далее будем называть их командами), основанный на выделении циклически повторяющихся последовательностей (рабочих циклов) и сведении их в матрицу (11):

$${}^m_n G_d = \begin{pmatrix} g_{11} & \dots & \dots & \dots & g_{1d} \\ \dots & \dots & g_{ij} & \dots & \dots \\ g_{n1} & \dots & \dots & \dots & g_{nd} \end{pmatrix}, \quad (11)$$

где i – порядковый номер водителя в матрице;

j – порядковый номер рабочего дня в цикле;

g_{ij} – признак режима работы i -го водителя в j -й день цикла, может принимать значения: «1» – водитель работает в 1-ую смену, «2» – во 2-ую смену, «3» – в 3-ю смену,



* определение всех показателей в алгоритме выполняется из расчёта годового периода

** норма рабочего времени по общереспубликанскому календарю $T_{пкг}$ в годовом отношении

*** принятие решения о корректировке графика работ водителей назначением дополнительных и изменением очередности чередования смен осуществляется на основе оценки соответствия количества рабочих смен $n_{рсмг}$ в рассматриваемый месяц количеству рабочих смен по графику $n_{см}$ у каждого i -го водителя, а также выполнения условия $d_{mn} > p_{mn}$ для n -го вида смен в каждый m -й день месяца, где d_{mn} — число водителей в m -й день месяца для n -го вида смен, p_{mn} — выпуск ТС на линию в m -й день месяца для n -го вида смен

Рисунок 10 – Алгоритм составления рациональных графиков работ водителей МТС

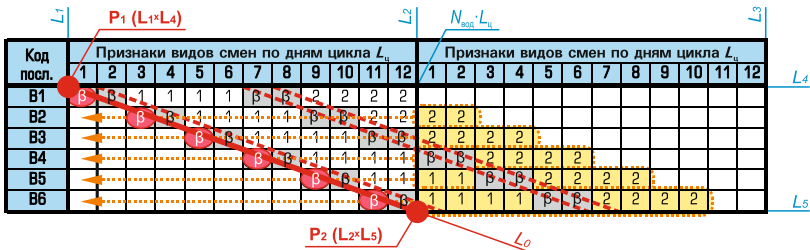


Рисунок 11 – Порядок выполнения операций при использовании графоаналитического метода

«/2» – с разделением дня на части, «δ» – имеет нерабочий день (при неполной занятости), «β» – находится на выходном дне;

m – уникальное обозначение (индекс) матрицы;

n – число водителей команды;

d – продолжительность рабочего цикла водителей.

На основе принципов разработанного метода предложена оригинальная типология режимов работы водительских команд. Для этого выделены неповторяющиеся последовательности (шаблоны секвенций), каждой из которых присвоено уникальное обозначение m . Пример шаблона секвенций приведен в (12):

$${}^A_3G = \begin{pmatrix} 1 & \beta & \beta & 2 & 2 & 2 & 2 & \beta & \beta & 1 & 1 & 1 \\ \beta & 1 & 1 & 1 & 1 & \beta & \beta & 2 & 2 & 2 & 2 & \beta \\ 2 & 2 & 2 & \beta & \beta & 1 & 1 & 1 & 1 & \beta & \beta & 2 \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Уникальные шаблоны секвенций объединяются по признаку общности продолжительности цикла и числа водителей в команде в классы ${}_nG_d$, типичные представители которых приведены в (13):

$${}_3G_{12} = \left\{ {}^A_3G_{12}; {}^B_3G_{12}; {}^C_3G_{12}; {}^D_3G_{12} \right\}; \quad {}_2G_{14} = \left\{ {}^T_2G_{14} \right\}; \quad {}_1G_7 = \left\{ {}^R_1G_7 \right\}; \quad (13)$$

$${}_2G_{12} = \left\{ {}^E_2G_{12}; {}^F_2G_{12}; {}^G_2G_{12}; {}^H_2G_{12}; {}^I_2G_{12}; {}^J_2G_{12} \right\}.$$

Для комплектования сектора по разработанному алгоритму определяется необходимое количество водительских команд. Каждый сектор описывается условной формулой сектора, отражающей количество и тип выбранных шаблонов секвенций. В основу составления данной формулы положено наполнение сектора нужным количеством шаблонов секвенций, исходя из соблюдения принципа равенства в каждом секторе количеств шаблонов секвенции с одинаковыми индексами m . Пример такой формулы для 38 водителей, сформированных в 14 команд, приведен в (14):

$$3^A_3G_{12} 2^B_3G_{12} 3^C_3G_{12} 2^D_3G_{12} 4^T_2G_{14}. \quad (14)$$

Применение шаблонов секвенций из разработанной типологии исходя из принципа равенства обеспечивает соблюдение режимов труда и отдыха, равномерное распределение водителей и уравнивает потребность в «особых сменах» по календарным дням месяца. При этом, например, если при планировании работы ПМПТ стоит задача задействовать как можно больше имеющихся ТС, то следует использовать шаблоны класса ${}_2G_{12}$, а если задача ежедневно задействовать все закрепленные за водителями ТС – шаблоны ${}_3G_{12}$.

Подбор и расстановка водителей на каждое МТС в секторе МСМПТ осуществляются только в пределах, сформированных формулой сектора базовых сеток графика с учетом налагаемых ограничений (наличие у водителя допуска для работы на ТС, которыми должен быть укомплектован сектор, наличие допуска для работы на маршрутах сектора и т. д.). При подборе водителей по решению ПМПТ дополнительно может быть учтен показатель рейтинга безопасности сектора, основанный на учете приведенного количества происшествий, произошедших на маршрутах сектора, с учетом показателей рейтинга профессиональной безопасности водителя и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

В результате выполнения диссертационной работы получены следующие основные результаты:

1. Анализ деятельности предприятий маршрутного пассажирского транспорта показал, что возникновение непродуктивных затрат, связанных с организацией работы водителей, обусловлено применением неупорядоченных типовых графиков сменности и закреплением водителей и транспортных средств для работы за постоянными маршрутами. Исследование влияния характеристик маршрутов на использование рабочего времени водителей позволило сделать вывод, что для оценки режимов рабочего времени, обусловленных расписанием движения, следует ввести показатель средневзвешенной продолжительности рабочей смены водителя, рассматривая при этом каждый маршрут, как набор заданных выпусков транспортных средств на линию. Данный показатель позволил объективно охарактеризовать набор выпусков транспортных средств на линию при установленном расписании движения [3; 4; 6; 7; 9; 10; 12; 14; 15; 17; 20; 30; 31; 32].

2. Разработана математическая модель определения месячного фонда рабочего времени водителей, отличающаяся учетом ключевых характеристик существующей маршрутной сети маршрутного пассажирского транспорта при установленном расписании движения. Она позволила оперативно определять фонд рабочего времени водителей, работающих по заданному набору выпусков транспортных средств на линию, и, как следствие, рационально проектировать режимы труда водителей при работе на маршрутах. Проверка адекватности математической модели показала, что ошибка аппроксимации составила 4,8 % [1; 6; 7; 10; 11; 12; 15; 16; 17; 21; 25; 26].

3. Выполненные исследования позволили сделать вывод, что существующие методы организации работы водителей маршрутных транспортных средств не принимают во внимание вопросы эффективности организации пассажирских перевозок автотранспортом. Установленные зависимости между средневзвешенной продолжительностью рабочей смены водителей, обслуживающих заданный набор выпусков, и эффективностью функционирования предприятий маршрутного пассажирского транспорта, позволили разработать и обосновать критерий λ эффективности организации работы водителей, отличающийся учетом показателя средневзвешенной продолжительности рабочей смены водителя. Критерий позволил осуществлять оперативный мониторинг и выполнять анализ эффективности организации работы водителей (граничные значения критерия $\lambda \in (-\infty; 0,94) \cup (1,06; +\infty)$ – неудовлетворительно; $\lambda \in [0,94; 0,96) \cup (1,04; 1,06]$ – удовлетворительно; $\lambda \in [0,96; 0,98) \cup (1,02; 1,04]$ – хорошо; $\lambda \in [0,98; 1,02]$ – отлично) [1; 5; 6; 8; 9; 13; 14; 15; 16; 17; 19; 22; 23; 24; 30; 31; 32].

4. Разработан новый метод организации работы водителей маршрутных транспортных средств (секторальный метод), который основан на разделении маршрутной сети, обслуживаемой предприятием маршрутного пассажирского транспорта, на сектора и варьировании продолжительностью рабочей смены в секторах маршрутной сети с использованием критерия λ эффективности организации работы водителей. В отличие от существующих данный метод позволил организовать работу при установленном расписании движения внутри организованных секторов маршрутной сети на основе «коммутации» маршрутов и «коммутации» водителей, закрепленных за ним.

Практическая проверка применения разработанного метода показала его эффективность. Метод обеспечил снижение непродуктивных затрат предприятий маршрутного пассажирского транспорта на оплату труда водителей, что подтверждено соответствующими актами внедрения [2; 6; 8; 10; 12; 13; 14; 15; 17; 27; 29; 30; 31].

5. Разработан алгоритм составления рациональных графиков работы водителей маршрутных транспортных средств и выбора рациональных режимов труда водителей. Данный алгоритм в отличие от существующих, обеспечивая сокращение непродуктивных затрат предприятий на оплату труда водителей, позволил повысить оперативность процесса составления рациональных графиков работы маршрутных транспортных средств. Использование алгоритма на предприятиях маршрутного пассажирского транспорта, согласно актов внедрения, обеспечило снижение затрат времени на составление рациональных графиков работы водителей маршрутных транспортных средств [7; 10; 11; 12; 13; 14; 16; 17; 18; 20; 21; 25; 26; 28; 29; 32; 33].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанные модели, методы и алгоритмы могут применяться на предприятиях маршрутного пассажирского транспорта для организации работы водителей маршрутных транспортных средств. Метод, методика и алгоритм реализованы в разработанном программном продукте «GRAPH-SM» [34], который используется предприятиями маршрутного пассажирского транспорта. Это позволяет сократить трудозатраты на составление рациональных графиков работ водителей. Разработаны рекомендации по автоматизации процессов и внедрению метода [16; 21; 28; 33].

Результаты диссертации позволили обеспечить единые подходы к решению задачи по выбору рациональных графиков и маршрутов, как одного из приоритетных направлений устойчивой транспортной политики и могут быть использованы в том числе и в условиях острого дефицита водителей [2; 33].

Разработанный метод успешно используется для организации работы водителей на шести предприятиях в г. Минске и в г. Санкт-Петербурге. Метод является не капиталоемким, а наукоемким, поэтому он внедряется легко и оперативно, в связи с чем можно ожидать не только значимых, но и быстрых результатов по повышению эффективности организации пассажирских перевозок автотранспортом [16; 21; 29; 31; 33].

Принципы разработанного метода, модель и алгоритмы могут быть использованы для организации работы беспилотных маршрутных транспортных средств, являющихся перспективными для развития транспортного сектора нашей страны. Метод позволяет уравнивать пробеги беспилотных маршрутных транспортных средств в рамках сектора маршрутной сети, обеспечивает возможность прогнозирования и рационального планирования технического обслуживания и ремонта, балансировку межремонтных пробегов во времени и устанавливает равноценную производственную нагрузку на беспилотные маршрутные транспортные средства [7; 12].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Монографии

1. Маршрутный транспорт городов Полоцка и Новополоцка: эффективность и тенденции развития / Д. В. Капский, В. П. Иванов, Т. В. Вигерина, Е. Н. Кот, В. Н. Кузьменко, Д. В. Мозалевский, А. В. Коржова, А. С. Красильникова, Е. Н. Горелик, И. К. Гамульский, С. С. Семченков, Л. А. Лосин, А. А. Кузнецова, Н. В. Артюшевская, Н. С. Муравьева. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 308 с.
2. Планирование устойчивой городской мобильности : монография / И. Н. Пугачев, А. О. Лобашов, С. С. Семченков, Е. Н. Кот, Д. В. Капский, С. В. Богданович. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2023. – 147 с.

Статьи в научных изданиях Республики Беларусь, включенных в «Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований» по техническим наукам (транспорт) и иностранных изданиях, отвечающие требованиям п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь

3. Развитие городского транспорта в городах Полоцке и Новополоцке / Д. В. Капский, А. К. Головнич, Т. В. Вигерина, В. Н. Кузьменко, А. С. Красильникова, Е. Н. Горелик, С. С. Семченков, Е. Н. Кот // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. – 2020. – № 11. – С. 85–97.
4. Оценка состояния транспортной системы городов Полоцка и Новополоцка / Д. В. Капский, В. П. Иванов, А. К. Головнич, В. Н. Кузьменко, А. С. Красильникова, Е. Н. Горелик, С. С. Семченков, Е. Н. Кот // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. – 2020. – № 11. – С. 98–102.
5. Капский, Д. В. Организация дорожного движения с учетом электрического маршрутного пассажирского транспорта / Д. В. Капский, С. С. Семченков, Е. Н. Кот // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. – 2021. – № 2(65). – С. 66–77.
6. Семченков, С. С. Повышение эффективности работы маршрутного пассажирского транспорта применением секторального метода / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Транспорт и транспортные системы: конструирование, эксплуатация, технологии : сб. науч. статей / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : С. В. Харитончик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – Вып. 3. – С. 170–185.
7. Семченков, С. С. Снижение непродуктивных затрат маршрутного пассажирского транспорта секторальным методом / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. – 2022. – № 3. – С. 85–90.
8. Анализ развития различных видов городского электрического транспорта в Полоцке и Новополоцке / Д. В. Капский, В. Н. Кузьменко, А. С. Красильникова, С. С. Семченков, Е. Н. Кот, О. Н. Ларин // Наука и техника. – 2022. – № 2. – С. 150–157.
9. Капский, Д. В. Повышение эффективности применения информации при организации перевозок пассажиров в городах / Д. В. Капский, С. С. Семченков, О. Н. Ларин // Наука и техника. – 2022. – № 4. – С. 323–330.
10. Semtchenkov, S. Application of the sectoral method to improve the efficiency of route passenger transport / S. Semtchenkov, D. Kapsky // WUT Journal of Transportation Engineering. – 2022. – № 134 – С. 17–33.
11. Семченков, С. С. Разработка рациональных графиков работ водителей маршрутного пассажирского транспорта при использовании секторального метода /

С. С. Семченков, Д. В. Капский // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. – 2022. – № 9. – С. 64–72.

12. Семченков, С. С. Управление режимом работы маршрутного пассажирского транспорта секторальным методом / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. – 2022. – № 9. – С. 59–63.

13. Kapsky, D. Measures to improve the operation of passenger transport and urban mobility / D. Kapsky, S. Semtchenkov, L. Khmel'nitskaya // Communications – Scientific Letters of the University of Žilina. – 2023. – № 1 – С. 14–25.

14. Капский, Д. В. Подход к решению задачи формирования секторов при организации работы водителей на предприятиях маршрутного пассажирского транспорта на основе псевдобулевой оптимизации / Д. В. Капский, Д. С. Саражинский, С. С. Семченков // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. – 2023. – № 1. – С. 77–81.

15. Семченков, С. С. Секторальный метод повышения эффективности маршрутного пассажирского транспорта / С. С. Семченков, Д. В. Капский, А. О. Лобашов // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1–2(80). – С. 64–73.

Статьи в научных изданиях Республики Беларусь, включенных в «Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований» по другим наукам, отвечающие требованиям п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь

16. Семченков, С. С. Методика автоматизации процессов организации работы водителей маршрутных транспортных средств / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Новости науки и технологий. – 2021. – № 4(59). – С. 74–82.

17. Семченков, С. С. Повышение эффективности работы предприятий маршрутного пассажирского транспорта в современных условиях / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Новости науки и технологий. – 2022. – № 5(60). – С. 16–26.

Статьи в других рецензируемых научных изданиях, сборниках научных трудов

18. Капский, Д. В. Система классификации шаблонов сеток графиков работ водителей маршрутных транспортных средств / Д. В. Капский, С. С. Семченков // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сб. науч. трудов / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : отв. ред. Д. В. Капский [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – Т. 2. – С. 97–100.

19. Семченков, С. С. Роль организации дорожного движения в привлекательности маршрутного транспорта / С. С. Семченков // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сб. науч. трудов Междунар. науч.-практ. конф. ; Минск, 24 мая 2022 года. – Минск : БНТУ, 2022. – Т. 1. – С. 19–23.

20. Капский, Д. В. Анализ современных методов организации работы водителей маршрутного пассажирского транспорта в агломерациях / Д. В. Капский, С. С. Семченков // Перспективы развития транспортного комплекса: сб. статей / Белорус. науч.-исслед. ин-т трансп. «Транстехника». – Минск : БелНИИТ «Транстехника», 2022. – С. 198–205.

21. Капский, Д. В. Пример разработки и оптимизации графиков работы водителей маршрутного пассажирского транспорта в агломерациях / Д. В. Капский, С. С. Семченков // Перспективы развития транспортного комплекса : сб. статей / Белорус. науч.-исслед. ин-т трансп. «Транстехника». – Минск : БелНИИТ «Транстехника», 2022. – С. 206–219.

Статьи в сборниках материалов научных конференций

22. Вибір оптимальної моделі збору та обробки інформації з метою реалізації диспетчерського управління рухом маршрутного пасажирського транспорту / Д. В. Капський, Е. М. Кот, С. А. Ринкевич, С. С. Семченков // Перспективні напрями розвитку регіональних транспортних та логістичних систем : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (22–23 травня 2018 р.) / відповідальний за випуск П.Ф.Горбачов – Харків : ХНАДУ, 2018. – С. 125–129.

23. Капский, Д. В. Оценка возможности использования троллейбусов и электробусов в Полоцке и Новополоцке / Д. В. Капский, Е. Н. Кот, С. С. Семченков // Организация и безопасность дорожного движения: материалы XII Национальн. науч.-практ. конф. с междунар. участ. (14 марта 2019 г.) : в 2 т. / отв. ред. Д. А. Захаров – Тюмень : Тюменск. индустр. ун-т, 2019. – Т. 1. – С. 266–273.

24. Капский, Д. В. Сравнение возможностей использования троллейбусов и электробусов для перевозок пассажиров в городах / Д. В. Капский, Е. Н. Кот, С. С. Семченков // Автомобиле- и тракторостроение : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Беларус. нац. техн. ун-т ; редкол. : отв. ред. Д. В. Капский [и др.]. – Минск : БНТУ, 2019. – Т. 2. – С. 210–214.

25. Рынкевич, С. А. Особенности применения суммированного учета рабочего времени на предприятиях городского электрического транспорта Беларуси с учетом изменений в трудовом законодательстве в 2020 году / С. А. Рынкевич, С. С. Семченков // Организация и безопасность дорожного движения : материалы XIII Национальн. науч.-практ. конф. с междунар. участ. (19 марта 2020 г.) / отв. ред. Д. А. Захаров – Тюмень : Тюменск. индустр. ун-т, 2020. – С. 294–299.

26. Капский, Д. В. Некоторые вопросы системного подхода к планированию работы водителей городского пассажирского транспорта/ Д. В. Капский, Е. Н. Кот, С. С. Семченков // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов : материалы XXVII Междунар. (тридцатой Екатеринбургской) науч.-практ. конф. (19–20 июня 2021 г.) / науч. ред. : С. А. Ваксман. – Екатеринбург : АМБ, 2021. – С. 269–280.

27. Капский, Д. В. Методы и средства повышения привлекательности городского пассажирского транспорта / Д. В. Капский, С. С. Семченков // XIV Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2021) : матер. XIV мультиконф. (Дивноморское, Геленджик, 27.09.2020–02.10.2021) : в 4 т. / Южн. федеральн. ун-т [редкол. : И. А. Каляев, В. Г. Пешехонов и др.]. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Изд-во Южного федеральн. ун-та, 2021. – С. 45–47.

28. Семченков, С. С. Организация работы по обеспечению безопасности дорожного движения и планирование перевозок, выполняемых водителями маршрутных транспортных средств в ночное время / С. С. Семченков, Е. Н. Кот, Д. В. Капский // Организация и безопасность дорожного движения : материалы XIV Национальн. науч.-практ. конф. с междунар. участ. (13 мая 2021 г.) / отв. ред. Д. А. Захаров. – Тюмень : Тюменск. индустр. ун-т, 2021. – С. 56–60.

29. Капский, Д. В. Цифровизация управления работой водителей на предприятиях городского электротранспорта / Д. В. Капский, С. С. Семченков // X Форум вузов инженерно-технологического профиля Союзного государства : сб. материалов, г. Минск, 6–10 декабря 2021 г. / Беларус. нац. техн. ун-т. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 76–77.

30. Семченков, С. С. Управление режимом работы маршрутного пассажирского транспорта секторальным методом / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Проблемы международной транспортной политики : материалы междунар. конф., Москва, 27 марта 2022 года. – М. : Моск. авт.-дорожн. гос. техн. ун-т (МАДИ), 2022. – С. 59–64.

31. Капский, Д. В. Цифровизация процессов предприятий маршрутного пассажирского транспорта при организации эксплуатационной работы секторальным методом / Д. В. Капский, С. С. Семченков, А. О. Лобашов // Реализация транспортной стратегии РФ до 2030 года в части развития автотранспортного комплекса : сб. науч. трудов Междунар. науч.-практ. конф. (26–27 апреля 2023 года). – М. : «Перо», 2023. – С. 39–43.

Другие (учебники)

32. Основы автоматизации интеллектуальных транспортных систем : учебник / Д. В. Капский, Е. Н. Кот, С. В. Богданович, О. Н. Ларин, С. С. Семченков. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 412 с.

33. Устойчивая городская мобильность: теория и практика развития : учебник / А. О. Лобашов, С. С. Семченков, Е. Н. Кот, Д. В. Капский, С. В. Богданович, О. Н. Ларин. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 236 с.

Другие (объекты интеллектуальной собственности, авторского права)

34. Компьютерная программа «GRAPH-SM» : свидетельство о добровольной регистрации и депонировании объекта авторского права № 1489-КП / С. С. Семченков, Д. В. Капский // правообладатели С. С. Семченков, Д. В. Капский ; регистрация и депонирование 09.03.2022 ; внесение записи в реестр 25.03.2022 ; контрольная сумма 042393832252BA706FA6769FC1E3BC1E

РЭЗЮМЭ

Семчанкаў Сяргей Сяргеевіч

Арганізацыя пасажырскіх перавозак аўтатранспартам з дапамогай сектаральнага метаду працы кіроўцаў

Ключавыя словы: аўтатранспарт, пасажырскія перавозкі, сістэма арганізацыі перавозак, маршрутныя транспартныя сродкі, арганізацыя працы кіроўцаў, непрадуктыўныя выдаткі, павышэнне эфектыўнасці арганізацыі перавозак

Мэта работы: павышэнне эфектыўнасці арганізацыі пасажырскіх перавозак аўтатранспартам.

Метады даследавання: натурнае назіранне, аналіз, матэматычная статыстыка і метады тэорыі верагоднасці, мадэляванне, эксперымент.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: распрацаваны новы навуковы падыход да арганізацыі працы маршрутных транспартных сродкаў, заснаваны на аўтарскім метадзе, навізна заключаецца ў: распрацоўцы матэматычнай мадэлі вызначэння месячнага фонду працоўнага часу кіроўцаў маршрутных транспартных сродкаў, якая дазваляе рацыянальна прасктаваць рэжымы іх працы пры абслугоўванні маршрутаў па зададзеным наборы выпускаў транспартных сродкаў на лінію; у распрацоўцы крытэра λ эфектыўнасці арганізацыі працы кіроўцаў, які дазваляе ажыццяўляць апэратыўны аналіз эфектыўнасці арганізацыі іх працы; у распрацоўцы прынцыпова новага аўтарскага метаду арганізацыі працы кіроўцаў маршрутных транспартных сродкаў (сектаральнага метаду), які ў адрозненне ад існуючых, прадугледжвае падзел маршрутнай сеткі на сектары, вар'іраванне працягласцю працоўнай змены ў сектарах маршрутнай сеткі ды забяспечвае скарачэнне непрадуктыўных выдаткаў; у распрацоўцы алгарытму складання рацыянальных графікаў працы кіроўцаў маршрутных транспартных сродкаў, які забяспечвае скарачэнне непрадуктыўных выдаткаў прадпрыемстваў на аплату працы кіроўцаў.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: вынікі дысертацыйнай працы ўкаранёны і паспяхова выкарыстоўваюцца, як у навучальным працэсе, так і ў вытворчай дзейнасці прадпрыемстваў маршрутнага пасажырскага транспарту.

Вобласць прымянення: прадпрыемствы маршрутнага пасажырскага транспарту і транспартныя сістэмы гарадоў і агламерацый.

РЕЗЮМЕ

Семченков Сергей Сергеевич

Организация пассажирских перевозок автотранспортом посредством секторального метода работы водителей

Ключевые слова: автотранспорт, пассажирские перевозки, система организации перевозок, маршрутные транспортные средства, организация работы водителей, непродуктивные затраты, повышение эффективности организации перевозок

Цель работы: повышение эффективности организации пассажирских перевозок автотранспортом.

Методы исследования: натурное наблюдение, анализ, математическая статистика и методы теории вероятности, моделирование, эксперимент.

Полученные результаты и их новизна: разработан новый научный подход к организации работы маршрутных транспортных средств, основанный на авторском методе, новизна заключается в: разработке математической модели определения месячного фонда рабочего времени водителей маршрутных транспортных средств, позволяющей рационально проектировать режимы их труда при работе на маршрутах по заданному набору выпусков транспортных средств на линию; в разработке критерия λ эффективности организации работы водителей, позволяющего осуществлять оперативный анализ эффективности организации их работы; в разработке принципиально нового авторского метода организации работы водителей маршрутных транспортных средств (секторального метода), который, в отличие от существующих, предполагает разделение маршрутной сети на сектора, варьирование продолжительностью рабочей смены в секторах маршрутной сети и обеспечивает сокращение непродуктивных затрат; в разработке алгоритма составления рациональных графиков работы водителей маршрутных транспортных средств, обеспечивающего сокращение непродуктивных затрат предприятий на оплату труда водителей.

Рекомендации по использованию: результаты диссертационной работы внедрены и успешно используются, как в учебном процессе, так и в производственной деятельности предприятий маршрутного пассажирского транспорта.

Область применения: предприятия маршрутного пассажирского транспорта и транспортные системы городов и агломераций.

SUMMARY

Semtchenkov Sergey Sergeevich

Organization of passenger transportation by motor transport through the sectoral method of work of drivers

Keywords: motor transport, passenger transportation, transportation management system, route vehicles, organization of drivers' work, unproductive costs, improving the efficiency of transportation organization

Purpose of the work: improving the efficiency of the organization of passenger transportation by motor transport.

Research methods: field observations, analysis, mathematical statistics and methods of probability theory, modeling, experiment.

The results obtained and their novelty: new scientific approach to organization of work of route vehicles was developed, based on new author's method, novelty lies in: development of a mathematical model for determining monthly working time fund of drivers of fixed-route vehicles, which makes it possible to rationally design the working modes of drivers when working on routes for a given set of vehicle releases on line; development of criterion λ of effectiveness' organization of the work of drivers, which allows for operational monitoring and analysis of organization' effectiveness of drivers' work, development of a fundamentally new author's method of organizing the work of drivers of route vehicles (sectoral method), which, unlike the existing ones, involves dividing the route network into sectors and varying the duration of the working shift in the sectors of the route network, provides a reduction in unproductive costs, development of algorithm for composition of rational schedules for drivers of route vehicles, which provides a reduction in unproductive costs of enterprises for paying drivers.

Recommendations for application: results of dissertation have been implemented and successfully used both in educational process and at enterprises of route transport.

Scope of application: enterprises of route passenger transport and transport systems of cities and agglomerations.

Научное издание

СЕМЧЕНКОВ Сергей Сергеевич

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК АВТОТРАНСПОРТОМ
ПОСРЕДСТВОМ СЕКТОРАЛЬНОГО МЕТОДА РАБОТЫ ВОДИТЕЛЕЙ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.22.10 – эксплуатация автомобильного транспорта

Подписано в печать 22.11.2023. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Цифровая печать.
Усл. печ. л. 1,45. Уч.-изд. л. 1,53. Тираж 100. Заказ 983.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.