

На правах рукописи



БОРОДИНА Юлия Всеволодовна

**МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РАЦИОНАЛЬНОЙ
СТРУКТУРЕ ПАРКА АВТОМОБИЛЕЙ-ТАКСИ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ**

Специальность **05.22.10** – Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2018

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Терентьев Алексей Вячеславович

Официальные оппоненты: **Зырянов Владимир Васильевич**,
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ
ВО «Донской государственный
технический университет», г. Ростов-на-Дону,
кафедра «Организация перевозок и дорожного
движения», заведующий;

Петров Артур Игоревич,
кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ
ВО «Тюменский индустриальный универси-
тет», г. Тюмень, кафедра
«Эксплуатация автомобильного транспорта»,
доцент;

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный
технический университет».

Защита диссертации состоится 23 октября 2018 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.223.02 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190103, Санкт-Петербург, Курляндская ул., д. 2/5, аудитория 340-К.

Тел./Факс: (812) 316-58-72; E-mail: rector@spbgasu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» и на сайте <http://dis.spbgasu.ru/specialtys/personal/borodina-yuliya-vsevolodovna>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2018 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук,
доцент



Олещенко Елена Михайловна

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Диссертационное исследование посвящено разработке метода обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси, применение которого будет способствовать повышению уровня безопасности перевозок и качества обслуживания населения, а также экономической эффективности таксомоторных перевозок в крупных городах Российской Федерации.

В сложный постсоветский период развитию системы таксомоторных перевозок в России на государственном уровне должного внимания не уделялось, что вызвало насыщение рынка индивидуальными, в том числе нелегальными перевозчиками, не заинтересованными в научно-методическом обосновании требований к осуществлению их деятельности.

По данным агентства AVARUS Market Research в начале 2000-х годов доля нелегальных перевозок пассажиров легковыми такси составляла около 80–90 %. Ввиду отсутствия системного контроля технического состояния транспортных средств, привлекаемых к перевозке пассажиров, ими игнорировалось соблюдение нормативов технической эксплуатации автомобилей, не соблюдались в полной мере требования безопасности перевозок. Нелегальные перевозчики не контролировались надзорными органами, уклонялись от уплаты налогов. Соответственно, комплексная оценка уровня качества предоставляемых населению транспортных услуг определялась социальной средой как неудовлетворительная. Данная ситуация обращала на себя внимание государства и общества в первую очередь в связи с высоким уровнем дорожно-транспортных происшествий с участием автомобилей-такси. Улучшения ситуации предлагалось добиться за счет общего ужесточения в сфере выполнения Федерального закона «О безопасности дорожного движения» №196-ФЗ от 10.12.1995, уточнения которого в 2003 году частично коснулись и этой области.

Очевидно, что структура парка предприятий по организации перевозок пассажиров автомобилями-такси должна способствовать выполнению ряда основополагающих требований: обеспечение безопасности перевозочного процесса, требуемого уровня комфорта перевозок и их экономической целесообразности. Развитие научно-технического прогресса, связанное с внедрением информационных технологий в организацию процесса перевозок и изменениями, касающимися конструкции автотранспортных средств и системы их технического обслуживания и ремонта, служит предпосылкой для востребованности научного метода обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси. При разработке метода должны учитываться современные особенности их эксплуатации, определяемые выявленной структурой факторов. Для крупных городов такими факторами являются:

- повышенные риски возникновения ДТП в условиях возросших требований по оперативности и скорости перевозок;
- наличие спроса на автомобили-такси различных классов обслуживания;
- повышенные требования к качеству транспортных услуг в связи с возросшим уровнем конкуренции;
- наличие спроса на дополнительные услуги.

В связи с высоким уровнем взаимосвязи этих факторов, задача обоснования актуальных требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси востребована практикой. Однако ее решение не может быть реализовано только на инженерном уровне без применения новых научных знаний.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в развитие системы организации перевозок в городской среде внесли А.Э. Горев, В.В. Зырянов, Ю.Я. Комаров, А.И. Петров. Проблемами обоснования рациональной структуры парка подвижного состава в различное время занимались такие отечественные и зарубежные авторы как П.П. Володькин, Д.А. Дрючин, В.Н. Мосьпан, С.В. Мячкова, Е.В. Нагорный, В.С. Наумов, Н.В. Паули, А.П. Фот, Н.Н. Якунин, С.Н. Якунин. Показатели качества работы автомобилей и других транспортных средств рассмотрены в работах Т.А. Бажиновой, А.М. Большакова, М.А. Григорьева, Д.О. Кузнецова, И.М. Костина, А.В. Крахмалевой, Х.А. Фасхиева, Е.А. Чудакова и других.

Методы выбора типов автомобилей рассмотрены в работах Д.П. Великанова, Д.И. Заруднева, М.А. Миргородского, Д.И. Нуретдинова, Б.Д. Прудовского, А.В. Терентьева, А.А. Чеботаева, В.Д. Чижонка и многих других авторов.

Существующие методы формирования рациональной структуры парка автомобилей включают комплекс исходных данных, определенных нормативно-техническими документами ТЭА. В то же время возникает необходимость научного обоснования ряда предметных требований, учитывающих различные условия эксплуатации, например, при выполнении таксомоторных перевозок в крупных городах, что послужило обоснованием для постановки цели диссертационного исследования.

Цель диссертационного исследования заключается в разработке метода обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси, эксплуатирующихся в крупных городах.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе были решены следующие **задачи**.

1. Обоснована необходимость разработки комплекса требований к рациональной структуре парков автомобилей-такси в специфических условиях крупных городов РФ.

2. Сформирована структура частных и комплексных показателей конструктивной безопасности, комфорта и экономической эффективности функционирования автомобилей-такси.

3. Определены значения весовых коэффициентов частных и комплексных показателей, используемых для обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси.

4. Разработана математическая модель выбора автомобилей на базе комплексных показателей конструктивной безопасности, комфорта и экономической эффективности функционирования автомобилей-такси.

5. Разработан метод обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси в крупных городах, обобщающий решение приведенных выше задач, функционально связанных между собой общей целью.

6. Проведена оценка экономической эффективности применения разработанного метода.

Объектом исследования является подсистема таксомоторных перевозок в транспортной системе крупных городов.

Предметом исследования является формально-логический метод формирования комплекса требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректностью использования современного математического аппарата, апробированных методик теоретических исследований, привлечением к экспертным исследованиям высококвалифицированных специалистов.

Соответствие диссертации Паспорту научной специальности. Диссертация соответствует пункту 3 Паспорта научной специальности 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»: «обоснование и разработка требований к рациональной структуре парка, эксплуатационным качествам транспортного, технологического, погрузочно-разгрузочного оборудования и методов их оценки».

Научная новизна диссертационной работы.

1. Сформирована структура частных показателей, являющихся определяющими при решении задачи выбора автомобилей для таксомоторных перевозок в крупных городах.

2. Определена система комплексных показателей, позволяющая на основе широкого спектра специфических частных показателей с учетом степени их весомости в общей оценке предпочтений выбора определять целесообразный модельный ряд автомобилей-такси.

3. Предложена система значений весовых коэффициентов для частных и комплексных показателей, применяемых для выбора автомобилей-такси на базе комплекса требований к рациональной структуре парка подвижного состава.

4. Разработан алгоритм выбора моделей автомобилей-такси для трех тарификационных групп с учетом приоритета значимости показателей, математическая модель реализации этого алгоритма.

5. Разработан метод обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей такси в крупных городах.

Практическая ценность работы. Применение разработанного в диссертационном исследовании метода обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси, эксплуатирующихся в крупных городах, на предприятиях, организующих перевозки пассажиров, обеспечит:

- соответствие используемых автомобилей требованиям обеспечения безопасности перевозочного процесса;
- экономическую целесообразность эксплуатации автомобилей с учетом распределения их по классам обслуживания.

Реализация результатов работы. Научные и практические результаты исследования используются в учебном процессе Санкт-Петербургского горного университета при подготовке студентов по направлению 23.03.01 «Технология транспортных процессов» по профилю подготовки «Организация перевозок

и управление на автомобильном транспорте», внедрены в практическую деятельность и используются при формировании парка автомобилей компании ООО «НОРДБУС», а также были включены в план по совершенствованию работы компании ООО «Логистик.северо-запад» в разделе освоения ниши пассажирских перевозок в части обоснования рациональной структуры парка подвижного состава.

Апробация работы. Результаты работы обсуждались на 65-ом Международном Форуме горняков и металлургов на базе ТУ «Фрайбергская горная академия» «Forschungsforum 2014», 8-й международной научной конференции «Прикладные и фундаментальные исследования» (8th International Academic Conference on Applied and Fundamental Studies) (апрель 2015), III-й международной научно-практической конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении» (апрель 2015), II-й международной научно-практической конференции «Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы» (май 2016), II международной научно-практической конференции «Транспортное планирование и моделирование» (май 2017), международной научно-практической конференции «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2018» (апрель 2018), а также на научно-методических семинарах кафедры транспортно-технологических процессов и машин Санкт-Петербургского горного университета (2013–2017).

Публикации. Основные положения диссертационной работы отражены в 10 публикациях, в том числе 4 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Защищаемые положения.

1. Перечень частных показателей для сравнительной оценки автомобилей-такси.
2. Система комплексных показателей для обоснования выбора автомобилей, использующихся для таксомоторных перевозок.
3. Система весовых коэффициентов частных и комплексных показателей для трех основных тарификационных групп автомобилей-такси.
4. Математическая модель определения рационального модельного ряда автомобилей в таксомоторных предприятиях.
5. Метод обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси.

Структура и объем работы. Диссертационное исследование состоит из введения, 4 глав основной части с выводами по каждой из них, общих выводов, заключения, списка используемых сокращений, списка используемой литературы и приложений, содержит 169 страниц машинописного текста, в том числе 47 таблиц, 25 рисунков и 13 приложений.

Во *введении* обоснована актуальность темы диссертационного исследования, определены цель и задачи работы, сформулированы научная новизна и практическая значимость полученных результатов, а также положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертационного исследования посвящена анализу состояния автомобильных перевозок в Российской Федерации. Отмечено, что нега-

тивным последствием автомобилизации является растущий уровень дорожно-транспортного травматизма. Стимулирование автотранспортных предприятий к приобретению автомобилей, имеющих высокий уровень конструктивной безопасности, является одним из заявленных Всемирной Организацией Здравоохранения путей к обеспечению безопасности дорожного движения в мире. Выявлено, что в больших городах в качестве автомобилей-такси используются преимущественно новые автомобили зарубежных марок. При этом парки, как правило, неоднородны и состоят из АТС различных классов (тарификационных групп). Установлено, что самыми распространенными являются три тарификационных группы: «эконом», «комфорт» и «бизнес». Процесс обновления парка подвижного состава происходит практически непрерывно, и перед руководством таксомоторных парков постоянно стоит проблема выбора транспортных средств и формирования рационального парка подвижного состава, отвечающего требованиям безопасности, комфорта и экономичности. Эта проблема должна быть решена с использованием научно обоснованных методов. Таким образом, в первой главе обоснована цель и задачи диссертационного исследования.

Во *второй главе* рассмотрена методология обоснования требований к рациональной структуре парка подвижного состава. В специализированной литературе широко представлены различные подходы к формированию грузовых парков, в несколько меньшем объеме – автобусных. Проблема формирования таксомоторных парков при этом не освещена в достаточной мере. Установлено, что существующее методическое обеспечение не учитывает специфики крупных городов и парков современных автомобилей-такси. Выполненные ранее в этом направлении исследования для условий плановой экономики не получили дальнейшего развития с учетом современной экономической системы.

В *третьей главе* диссертации проведено имитационное моделирование работы парка автомобилей-такси, показавшее, что доли автомобилей трех тарификационных групп в общей структуре таксомоторного парка должны быть пропорциональны спросу на них со стороны потребителей. Определен перечень частных показателей, определяющих выбор автомобилей-такси. Проведена их свертка в три комплексных показателя. На основании опроса трех групп экспертов (ученые, работники автотранспортных предприятий, клиенты служб такси) установлены весовые коэффициенты для частных показателей внутри каждой тарификационной группы. На основании опроса экспертной коллегии (объединенные группы ученых и работников АТП) определена система весовых коэффициентов комплексных показателей для трех тарификационных групп. Предложен алгоритм определения модельного ряда автомобилей-такси. Разработан метод обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси в крупных городах.

В *четвертой главе* приведены результаты апробации разработанного в диссертационном исследовании метода для трех классов транспортных средств, осуществлена оценка экономической эффективности использования результатов диссертационной работы.

В *общих выводах* изложены основные итоги выполненного исследования.

В *заключении* сделаны предложения о возможных направлениях дальнейших исследований.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Сформирована структура частных показателей, являющихся определяющими при решении задачи выбора автомобилей для таксомоторных перевозок в крупных городах.

При выборе легкового автомобиля для службы такси при оценке его качества необходимо учитывать уровень его конструктивной безопасности, привлекательность для пассажиров и экономичность.

При предоставлении услуг по перевозке пассажиров особое внимание необходимо уделять безопасности, что регламентировано требованиями международных и национальных нормативных документов. Несмотря на то, что все автомобили на рынке должны соответствовать этим требованиям, уровень их активной и пассивной безопасности нельзя считать одинаковым, поэтому представляется целесообразным ввести в рассмотрение этот критерий. Пассивную безопасность предлагается оценивать по баллам, присвоенным автомобилю, например, по результатам краш-тестов комитета Euro NCAP.

Активную безопасность в поставленных условиях можно оценить по наличию следующих элементов: антиблокировочная система тормозов, противобуксовочная система, система курсовой устойчивости, система распределения тормозных усилий, система экстренного торможения. При наличии каждой из указанных систем автомобилю необходимо присваивать определенный балл.

Помимо прочего предлагается учитывать минимальный радиус поворота, плавность хода, мощность двигателя и время разгона до 100 км/ч, как параметры, определяющие динамичность и маневренность автомобиля при движении по городу.

Привлекательность для пассажиров определяется составляющей комфортности. Это показатели, характеризующие эстетику и удобство. К ним предлагается отнести акустический комфорт и объем багажного отделения. В связи с трудностями формализованной оценки этих показателей в работе использовались данные по экспертным оценкам, проводимым крупными автомобильными изданиями.

Одним из важных факторов экономической составляющей является стоимость автомобиля. Также немалая роль в общей структуре расходов будет отведена затратам на топливо. Помимо этого, целесообразно учесть затраты на проведение технического обслуживания и страхование. Принимать во внимание трудоемкость ремонта автомобиля, стоимость нормо-часа и т. п. нет необходимости, так как потребность в проведении подобных процедур носит вероятностный характер. К тому же, учитывая весьма ограниченный срок эксплуатации автомобилей-такси в крупных городах (как правило, три года), ряд работ можно производить по гарантии. По той же причине нет необходимости учитывать такие свойства надежности, как долговечность и сохраняемость автомобиля. При сроке службы в АТП в три года с учетом ресурса до капитального ремонта и коррозионной стойкостью можно пренебречь. Более значимыми показателями надежности при этом являются безотказность автомобиля и ремонтотпригодность в части его эксплуатационной технологичности.

Так как в каждой группе предлагается сравнивать автомобили одного класса, незначительно отличающиеся друг от друга по длине и ширине, вводить в рассмотрение габариты ТС не имеет смысла.

Таким образом, система показателей, предлагаемых для оценки автомобилей-такси, включает 13 частных показателей:

- наличие систем активной безопасности, балл;
- уровень пассивной безопасности, балл;
- мощность двигателя, кВт;
- время разгона до 100 км/ч, сек.;
- минимальный радиус поворота, м;
- плавность хода, балл;
- комфорт пассажирских мест, балл;
- акустический комфорт, балл;
- объем багажника, л;
- стоимость автомобиля, руб.;
- расход топлива, л/100 км.
- затраты на ТО, руб./км;
- стоимость полисов ОСАГО и КАСКО, руб.

2. Определена система комплексных показателей, позволяющая на основе широкого спектра специфических частных показателей с учетом степени их весомости в общей оценке предпочтений выбора определять целесообразный модельный ряд автомобилей-такси.

Очевидно, что элементы системы частных показателей не равнозначны и могут оказывать различное влияние на выбор автомобилей-такси. Следовательно, им в системе должны быть присвоены весовые коэффициенты. Однако при столь широком спектре неизбежна существенная потеря веса показателей к концу приоритетного ряда и почти полное их обесценивание. Эта проблема решена путем свертки частных показателей в комплексные. При выборе автомобилей-такси целесообразно рассматривать три комплексных показателя качества: технический, экономический и уровень комфорта.

За счет этого система комплексных показателей, на основании которых предложено определять модельный ряд автомобилей-такси, позволяет рассматривать широкий спектр специфических частных показателей с учетом степени их весомости в общей оценке качества. Она имеет вид:

- а) k_1 (техническая составляющая), которая включает:
 - 1) наличие систем активной безопасности, балл;
 - 2) уровень пассивной безопасности, балл;
 - 3) мощность двигателя, кВт;
 - 4) время разгона до 100 км/ч, сек.;
 - 5) минимальный радиус поворота, м;
- б) k_2 (составляющая комфорта), которая включает:
 - 1) объем багажника, л;
 - 2) комфорт пассажирских мест, балл;
 - 3) акустический комфорт, балл;
 - 4) плавность хода, балл;

в) k_3 (экономическая составляющая), которая включает:

- 1) стоимость автомобиля, руб.;
- 2) затраты на ТО, руб./км;
- 3) стоимость полисов ОСАГО и КАСКО, руб.;
- 4) расход топлива, л/100 км.

3. Предложена система значений весовых коэффициентов для частных и комплексных показателей, применяемых для выбора автомобилей-такси на базе комплекса требований к рациональной структуре парка подвижного состава.

Для определения коэффициентов весомости частных и комплексных показателей использовался метод экспертных оценок.

Определение весовых коэффициентов производилось в несколько этапов:

- проведение предварительного ранжирования;
- оценка компетентности экспертов;
- проведение повторного ранжирования с учетом компетентности экспертов.

Для проведения оценки компетентности экспертов с учетом степени согласованности их оценок из их общего числа были сформированы три группы:

- ученых, занимающихся проблемами транспорта;
- специалистов таксомоторных предприятий;
- клиентов служб такси.

Первая группа включала пять научных работников, вторая – девять сотрудников таксомоторных предприятий, третья – семь граждан, регулярно пользующихся услугами такси.

Каждый эксперт в индивидуальном порядке осуществлял расстановку рангов внутри трех комплексных показателей, начиная с первого, представляющего ему наиболее важным, до последнего, который, по мнению эксперта, наименее значим.

Данные, полученные от каждого j -го эксперта, обрабатывались по следующей схеме:

– определение среднего значения ранга по данным экспертов группы по формуле:

$$z_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m c_{ij},$$

где c_{ij} – ранг i -го показателя, назначенный j -м экспертом; m – количество экспертов;

– определение среднего квадратичного отклонения рангов i -го показателя:

$$\delta_i = \sqrt{\frac{1}{m(m-1)} \sum_{j=1}^m (c_{ij} - z_i)^2}$$

– расстановка предварительных рангов.

При этом, если некоторые средние значения показателей места z_u и z_v ($u \neq v$) отличались не более чем на Δ_z , где

$$\Delta_z = |z_u - z_v| \leq 0,1 * \left(\frac{n^2}{m-1} \right)^{0,25},$$

где n – количество показателей,

то предварительные ранги назначались как среднее по числу их возможных порядковых мест;

– определение компетентности экспертов в группе при помощи коэффициентов ранговой корреляции:

коэффициент ранговой корреляции рассчитывался по формуле Спирмена:

$$\rho_j = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n},$$

где d_i^2 – квадрат разностей между рангами,

коэффициент компетентности рассчитывался по формуле:

$$\alpha_j = \frac{1 + \rho_j}{m + \sum_{j=1}^m \rho_j}$$

– проведение повторного ранжирования показателей с учетом компетентности экспертов:

среднее значение ранга рассчитывалось по формуле:

$$z_i^* = \sum_{j=1}^m \alpha_j \cdot c_{ij}$$

среднее квадратичное отклонение рангов рассчитывалось по формуле:

$$\delta_i^* = \sqrt{\frac{1}{m(m-1)} \sum_{j=1}^m \alpha_j (c_{ij} - z_i^*)^2}$$

– определение согласованности экспертов по методу Николаева – Темнова проводилось путем построения матрицы вероятности по формуле:

$$p_{ik} = \frac{m_{ik}}{m},$$

где m_{ik} – количество экспертов, указавших i -му показателю k -ое место по значимости.

Коэффициент согласия определялся по формуле:

$$W_H = 1 - \frac{H}{n \log n},$$

где $H = - \sum_{1,k=1}^n P_{ik} \log P_{ik}$

Определение коэффициентов значимости частных показателей осуществлялось по рекомендуемой формуле:

$$\gamma_i = \frac{1/r_i^*}{\sum_{i=1}^n 1/r_i^*},$$

где r_i^* – окончательный ранг i -го показателя.

Однако в ходе исследования было установлено, что первоначально принятый подход дает слишком приблизительный результат по причине присвоения

жесткой системы рангов показателям. Например, при наличии 4 показателей, получивших в результате оценивания приблизительные ранги 1...4, получен определенный набор возможных весовых коэффициентов – 0,48; 0,24; 0,16 и 0,12, что, очевидно, не может соответствовать действительности, так как различные частные показатели могут оказывать различное влияние на обобщенный показатель эффективности принимаемого решения. По этой причине при вычислении коэффициентов значимости частных показателей предложено опираться не на значение окончательного ранга r^*_i , а на величину среднего значения рангов z^*_i , отражающего мнения всех опрошенных экспертов с учетом оценки их компетентности. В связи с этим формулу, по которой осуществлялось определение коэффициентов значимости частных показателей, предложено использовать в виде:

$$\gamma'_i = \frac{1/z_i^*}{\sum_{i=1}^n 1/z_i^*}$$

Результаты окончательных вычислений весомости частных показателей по трем классам автомобилей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты значимости частных показателей

Показатели		Значение γ'_i								
		Эконом			Комфорт			Бизнес		
		У	К	П	У	К	П	У	К	П
k_1	k_{11}	0,119	0,126	0,156	0,134	0,16	0,145	0,119	0,116	0,138
	k_{12}	0,1	0,105	0,1	0,126	0,098	0,102	0,134	0,125	0,134
	k_{13}	0,145	0,124	0,146	0,102	0,131	0,11	0,107	0,095	0,095
	k_{14}	0,299	0,372	0,302	0,297	0,372	0,385	0,288	0,443	0,305
	k_{15}	0,337	0,272	0,296	0,341	0,238	0,259	0,352	0,221	0,329
k_2	k_{21}	0,323	0,279	0,346	0,279	0,197	0,149	0,137	0,127	0,141
	k_{22}	0,377	0,41	0,339	0,41	0,493	0,428	0,323	0,448	0,315
	k_{23}	0,137	0,13	0,133	0,13	0,131	0,15	0,163	0,186	0,238
	k_{24}	0,163	0,181	0,183	0,181	0,179	0,273	0,377	0,238	0,307
k_3	k_{31}	0,323	0,374	0,284	0,382	0,405	0,304	0,491	0,49	0,489
	k_{32}	0,163	0,167	0,164	0,164	0,171	0,167	0,129	0,163	0,157
	k_{33}	0,137	0,134	0,131	0,136	0,128	0,132	0,206	0,216	0,221
	k_{34}	0,377	0,325	0,422	0,318	0,295	0,397	0,175	0,131	0,133

Примечание: У – экспертная группа ученых, К – группа клиентов, П – группа работников АТП; k_{11} – мощность двигателя, k_{12} – время разгона до 100 км/ч, k_{13} – мин радиус поворота, k_{14} – активная безопасность, k_{15} – пассивная безопасность, k_{21} – объем багажника, k_{22} – комфорт пассажирских мест, k_{23} – акустический комфорт, k_{24} – плавность хода, k_{31} – стоимость ПС, k_{32} – затраты на ТО, k_{33} – стоимость страхования, k_{34} – расход топлива.

Найденные в результате обработки экспертного оценивания значения веса частных показателей были усреднены следующим образом:

$$\widehat{k}_a = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m k_i,$$

где k_i – вес частного показателя для i -ой группы экспертов.

Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Весовые коэффициенты частных показателей

Единичные показатели	k_{11}	k_{12}	k_{13}	k_{14}	k_{15}	k_{21}	k_{22}	k_{23}	k_{24}	k_{31}	k_{32}	k_{33}	k_{34}
Эконом-класс	0,134	0,102	0,138	0,324	0,302	0,316	0,375	0,133	0,176	0,327	0,165	0,134	0,374
Комфорт-класс	0,146	0,109	0,114	0,351	0,279	0,165	0,449	0,141	0,245	0,364	0,167	0,132	0,337
Бизнес-класс	0,124	0,131	0,099	0,345	0,301	0,135	0,362	0,196	0,307	0,49	0,15	0,214	0,146

На следующем этапе была проведена установка весовых коэффициентов для комплексных показателей.

В данном случае привлечь экспертную группу клиентов таксомоторных служб не было необходимости. Достаточной квалификацией для разрешения проблем такого рода должны обладать ученые, занимающиеся проблемами автомобильного транспорта, и работники автотранспортных предприятий. Так как ранее эти две группы экспертов продемонстрировали достаточно высокий уровень согласованности, было принято решение объединить их в одну экспертную коллегию. Тем не менее, суждения экспертов не могут быть абсолютно объективны и тождественны, поэтому коллегии была предложена расстановка рангов комплексных показателей в три этапа.

Первым из предложенных коллегии этапов стала прямая расстановка в последовательности возрастающей значимости. В этом случае задача расстановки весовых коэффициентов γ_i решалась непосредственно экспертами, учитывая условие:

$$\sum_{i=1}^n \gamma_i = 1$$

Вторым этапом оценивания стало ранжирование факторов по методу, описанному выше.

На последнем этапе коллегия экспертов воспользовалась методом анализа иерархий. Для нахождения весовых коэффициентов комплексных показателей оценки автомобилей-такси был использован индекс согласованности (ИС), отражающий степень нарушения численной и транзитивной согласованности. Индекс согласованности вычислялся по формуле:

$$ИС = \frac{\lambda - 1}{n - 1},$$

где λ – собственное число; n – число сравниваемых факторов.

Отношение согласованности (ОС) можно оценить по формуле:

$$ОС = \frac{ИС}{СИ} \cdot 100\%,$$

где $СИ$ – индекс согласованности сгенерированной случайным образом по шкале от 1 до 9 обратно-симметричной матрицы с соответствующими обратными величинами элементов (случайный индекс).

Средние величины $СИ$ для матриц порядка от 1 до 15 были сгенерированы в Национальной лаборатории Окриджа на базе 100 случайных выборок и представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения случайного индекса ($СИ$) для матриц разного порядка

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$СС$	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Значение $ОС$ не превысило 10 %, что считается приемлемым.

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии несогласованности между экспертами. Хотя их логика несколько колебалась в зависимости от предложенного способа оценки, что можно объяснить разницей в шкалах, по которым эта оценка осуществлялась. Таким образом, полученные в ходе исследования результаты являются пригодными для дальнейшего применения.

Итоговые значения весовых коэффициентов для комплексных показателей, применяемых для оценки автомобилей-такси эконом-класса представлены на рисунке 1. Комплексный показатель k_1 отражает техническую составляющую качества автомобиля-такси, k_2 – составляющую комфортности, k_3 – экономическую составляющую.



Рисунок 1 – Коэффициенты весомости комплексных показателей для эконом-класса

Значения весовых коэффициентов для комплексных показателей, применяемых для оценки автомобилей-такси комфорт-класса представлены на рисунке 2.

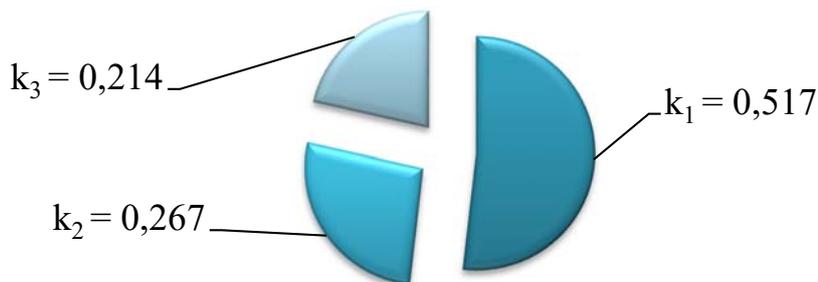


Рисунок 2 – Коэффициенты весомости комплексных показателей для комфорт-класса

Значения весовых коэффициентов для комплексных показателей, применяемых для оценки автомобилей-такси бизнес-класса представлены на рисунке 3.

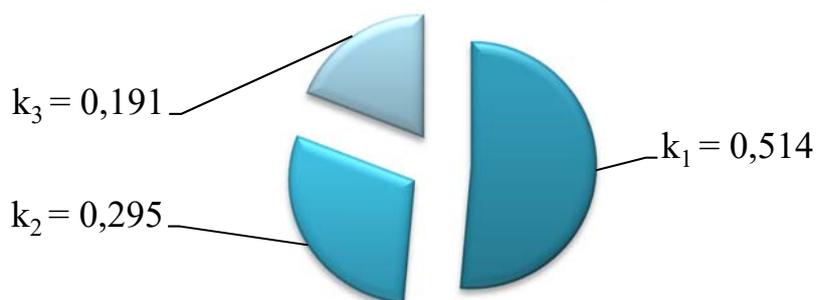


Рисунок 3 – Коэффициенты весомости комплексных показателей для бизнес-класса

Результаты анализа расчетов показали, что во всех классах автомобилей, безусловно, большей весомостью обладают показатели технической составляющей, замыкающейся, в первую очередь, на конструктивную безопасность. С повышением класса АТС экономические показатели уступают приоритет показателям комфортности.

4. Разработан алгоритм выбора моделей автомобилей-такси для трех тарификационных групп с учетом приоритета значимости показателей, математическая модель реализации этого алгоритма.

В условиях автотранспортного предприятия применение специалистами любых научно обоснованных методик может быть затруднительно по причине их сложности и трудоемкости, поэтому рациональным представляется использование таких методик в автоматизированной форме. В работе метод выбора рационального модельного ряда автомобилей-такси предлагается реализовать с помощью программы, обеспечивающей минимальное участие специалиста, принимающего решения.

На начальном этапе специалисту предлагается определить принадлежность выбираемого транспортного средства к одной из трех тарификационных групп. Далее формируется список предлагаемых к сравнению автомобилей одной тарификационной группы.

На следующем этапе программа выполняет расчет частных и комплексных коэффициентов весомости для выбора подвижного состава рациональной номенклатуры. Актуальная информация о необходимых для этого технических характеристиках подходящих транспортных средств может поступать из электронных ресурсов – сайтов дилеров и производителей автомобилей. Некоторые балльные характеристики специалист, принимающий решение, может ввести вручную.

На конечном этапе программа выдает пользователю данные о наиболее рациональном для использования транспортном средстве в выбранной тарификационной группе в текстовой и графической форме, наглядно иллюстрирующей, каким образом выглядит поле распределений важности по выбранным критериям.

Блок-схема предложенного алгоритма представлена на рисунке 4.

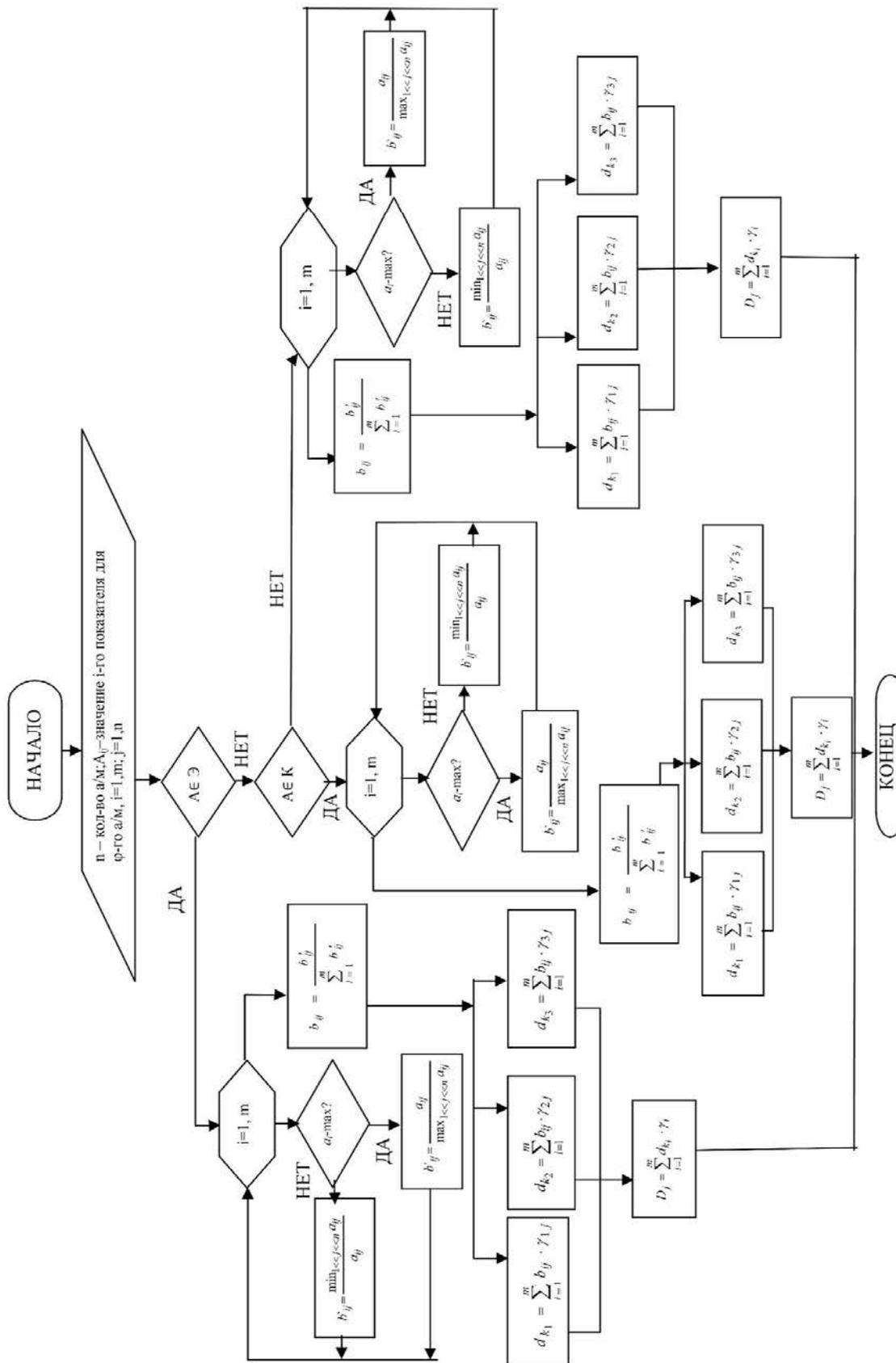


Рисунок 4 – Алгоритм определения рационального модельного ряда автомобилей-такси

В соответствии с предложенным алгоритмом была разработана математическая модель реализации метода, обеспечивающая:

- вычисление значений B'_{ij} для частных показателей по условию:

$$B'_{ij} = \begin{cases} \frac{a_{ij}}{\max_{1 \ll j \ll n(a_{ij})}}, & \text{если } i\text{-й показатель максимизируется} \\ \frac{\max_{1 \ll j \ll n(a_{ij})}}{a_{ij}}, & \text{если } i\text{-й показатель минимизируется} \end{cases}$$

где a_{ij} – численные значения показателей;

- произведение нормализации значений B'_{ij}

$$B_{ij} = \frac{B'_{ij}}{\sum_{k=1}^n B'_{ik}};$$

– вычисление эффективности решения D_{ki} для каждого рассматриваемого автомобиля:

$$D_{k_i} = \sum_{i=1}^n a_{ij} \cdot \gamma_{ij},$$

где γ_{ij} – коэффициенты весомости частных показателей;

- формирование матрицы значений D_{ki} ;

– вычисление эффективности решения D_i для каждого рассматриваемого автомобиля:

$$D_i = \sum_{i=1}^{\varphi} D_{k_i} \cdot \gamma_i$$

где γ_i – коэффициенты весомости комплексных показателей;

– выбор для каждой тарификационной группы рационального транспортного средства, исходя из формулы:

$$D_f = \max_{1 \leq \varphi \leq n} D_i$$

5. Разработан метод обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей такси в крупных городах.

Проведенные исследования были положены в основу разработки метода обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси в крупных городах. Метод включает несколько этапов:

- анализ рынка таксомоторных перевозок с целью определения процентного соотношения заявок на автомобили, относящиеся к различным тарификационным группам;

- определение пропорции между автомобилями, относящимися к различным классам обслуживания;

- расчет значений комплексных показателей качества внутри каждой тарификационной группы;

- выбор рациональной модели (или моделей) внутри соответствующего класса.

Схематичное изображение метода обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси представлено на рисунке 5.

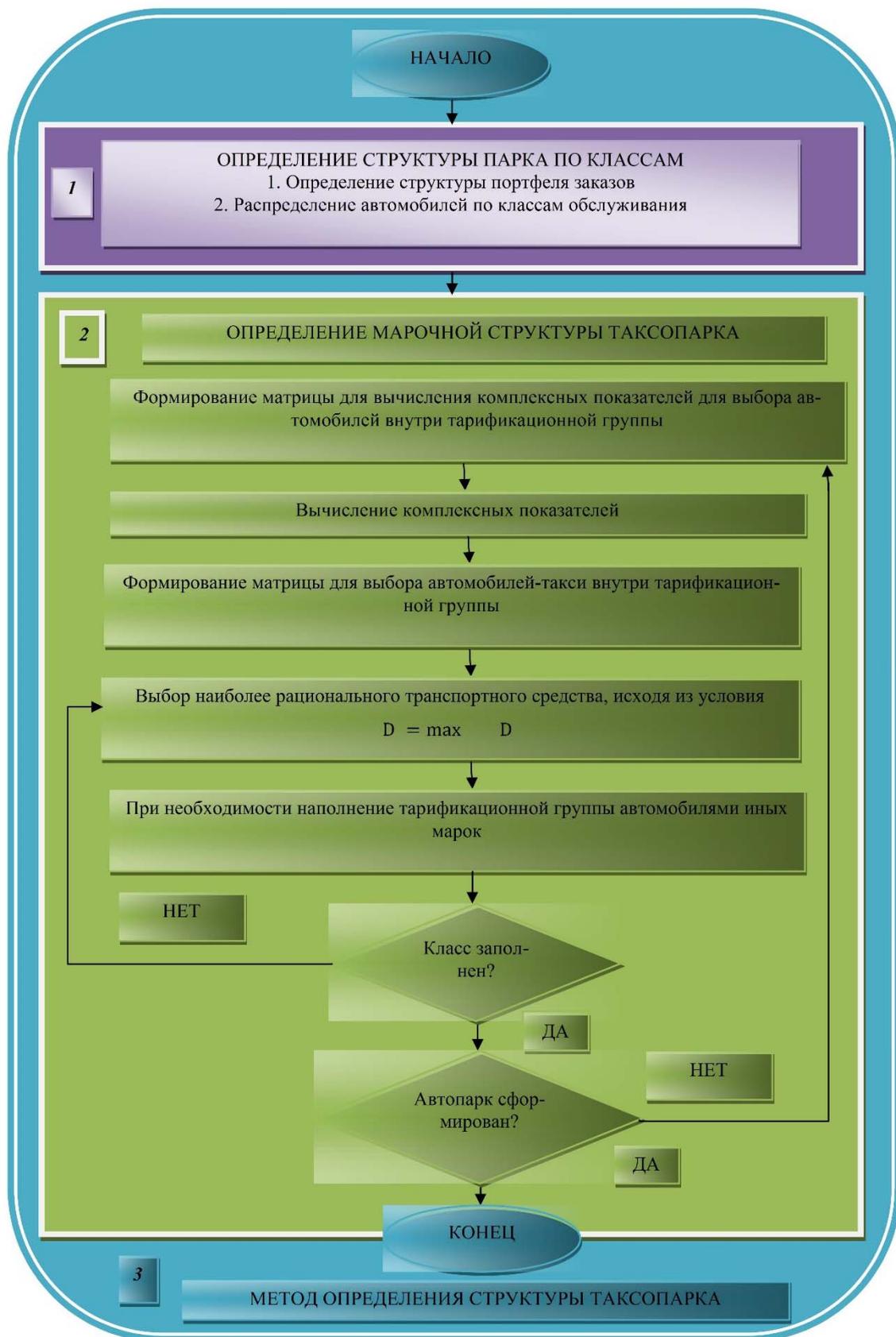


Рисунок 5 – Метод обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси в крупных городах

Моделирование структуры таксомоторных парков с использованием предлагаемого метода и метода простого ранжирования показало, что в большинстве случаев предлагаемый метод дает лучшие результаты, обеспечивая повышение экономической эффективности перевозок. Сравнительный вычислительный эксперимент показал, что в 65 % вариантов расчета применение разработанного метода способствовало повышению экономической эффективности работы таксомоторного предприятия, в 25 % дало результат, аналогичный полученному при помощи метода простого ранжирования, и лишь в 10 % случаев был получен худший результат в сравнении с методом простого ранжирования.

III. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Структура таксомоторных парков в больших городах неоднородна, обслуживание пассажиров осуществляется с использованием автотранспортных средств различных тарификационных групп. Наиболее часто используемыми из них являются тарификационные группы «эконом-класс», «комфорт-класс», «бизнес-класс», каждая из которых имеет своего потребителя с определенным набором требований.

2. Традиционный методологический аппарат, применяемый для обоснования требований к структуре парков автомобилей, не адаптирован к задаче обоснования структуры таксомоторного парка. Выполненные ранее исследования для условий плановой экономики не получили дальнейшего развития с учетом современной экономической системы, не учитывают особенности крупных городов и современных требований к паркам автомобилей-такси.

3. Разработана и теоретически обоснована система показателей, по которым целесообразно осуществлять выбор автомобилей-такси для трех наиболее часто встречающихся в больших городах тарификационных групп: «эконом», «комфорт» и «бизнес». Это наличие систем активной безопасности, уровень пассивной безопасности, мощность двигателя, время разгона до 100 км/ч, минимальный радиус поворота, плавность хода, комфорт пассажирских мест, акустический комфорт, объем багажника, стоимость автомобиля, расход топлива, затраты на ТО, стоимость полисов ОСАГО и КАСКО.

4. Проведено имитационное моделирование работы таксомоторного парка, показавшее, что соотношение автомобилей трех указанных тарификационных групп должно определяться на основании данных о структуре поступающих заказов.

5. Осуществлена свертка тринадцати частных показателей в три комплексных, влияющих на безопасность, привлекательность для потребителя и экономичность автомобиля: k_1 отражает техническую составляющую качества автомобиля-такси, k_2 – составляющую комфортности, k_3 – экономическую составляющую.

6. Определены весовые коэффициенты частных показателей для трех тарификационных групп автомобилей-такси. Установлено, что среди автомобилей всех тарификаций наиболее предпочтительными будут являться АТС, имеющие высокий уровень активной и пассивной безопасности.

7. Установлены весовые коэффициенты комплексных показателей для трех тарификационных групп автомобилей-такси. Наибольший вес в каждой из них имеет показатель, отражающий технические характеристики, влияющие на уровень безопасности транспортного средства. Для автомобилей эконом-класса $k_1=0,506$, $k_2=0,169$, $k_3=0,323$; для автомобилей комфорт-класса $k_1=0,517$, $k_2=0,276$, $k_3=0,214$; для автомобилей бизнес-класса $k_1=0,514$, $k_2=0,295$, $k_3=0,191$.

8. С учетом установленной системы весовых коэффициентов предложен алгоритм выбора автомобилей-такси, который позволит снизить трудоемкость применения метода в условиях АТП.

9. Разработан метод обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси в крупных городах, основанный на определении пропорций между востребованными тарификационными группами АТС и последующем выборе рациональной модели автомобиля внутри каждой тарификационной группы.

10. Рассматриваемый в диссертационной работе метод обоснования требований к рациональной структуре парка автомобилей-такси в крупных городах удобен в применении на уровне специалистов транспортных компаний, а также отличается меньшим уровнем субъективизма, чем традиционно применяемые методы, так как весовые коэффициенты были установлены в ходе масштабной экспертной оценки с привлечением различных групп экспертов.

11. Использование метода является экономически обоснованным. Проведенный вычислительный эксперимент показал, что в 25 % случаев выбранные разными методами автомобили совпали, в 65 % случаев разработанный в диссертационном исследовании метод обеспечивает повышение экономических показателей работы АТП.

IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Бородина, Ю.В. Повышение эффективности работы автопарка при помощи модифицированного метода ранжирования/ Ю.В. Бородина// Естественные и технические науки №11 (89). М.: Спутник+ 2015. – с. 543-545.

2. Бородина, Ю.В. Формирование структуры таксомоторного парка/ Ю.В. Бородина// Успехи современной науки и образования №5. Белгород. Том 3. 2016. – с. 70-71.

3. Бородина, Ю.В. Исследование модифицированного метода ранжирования для выбора подвижного состава//Ю.В. Бородина, А.В. Терентьев// Вестник гражданских инженеров №1 (54). – Санкт-Петербург. 2016. с. 120 – 122.

4. Бородина, Ю.В. Определение рациональной структуры парка автомобилей-такси/ Ю.В. Бородина// Успехи современной науки №10. Белгород. Том 2. 2016. – с. 109-113.

5. Бородина, Ю.В. Методика формирования рациональной структуры парка подвижного состава/ Ю.В. Бородина, Т.А. Менухова // Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2018: Сборник тезисов/ Санкт-Петербургский горный университет. – СПб, 2018. – с. 212.

6. Бородина, Ю.В. Формирование системы показателей для определения рациональной структуры парка автомобилей-такси/ Ю.В. Бородина// Транспортное планирование и моделирование: сб. трудов II Междунар. науч.-практ. конф.; СПбГАСУ. – СПб, 2017. – с. 63-68.

7. Бородина, Ю.В. К вопросу о формировании парка подвижного состава/ Ю.В. Бородина//Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении. Сборник трудов. – Санкт-Петербург, 2015. Том 5 – с. 12-13.

8. Бородина, Ю.В. Формирование автопарка методами линейного программирования/ Ю.В. Бородина// Applied and Fundamental Studies. Proceedings of the 8th International Academic Conference. – St. Louis, Missouri, USA, 2015. – с. 61-65.

9. Бородина, Ю.В. Применение модифицированного метода ранжирования для формирования таксомоторного парка/ Ю.В. Бородина// Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы. Сборник научных публикаций. – М.: Научный журнал «Chronos». 2016. – с. 40-43.

10. Бородина, Ю.В. Kurzanalyse der vorhandenen Methoden der Fuhrparkwahl/ Б.Д. Прудовский, А.В. Терентьев, Ю.В. Бородина // Scientific Reports on Resource Issues. Краткий анализ существующих методов выбора подвижного состава. Volume 1, 2014. – с.427-430.

Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 02.07.2018. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Тираж 120 экз. Заказ 87.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, ул. Егорова, д. 5/8, лит. А.