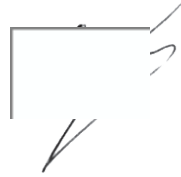


*На правах рукописи*



**Смирнов Петр Ильич**

**МЕТОДИКА ВЫБОРА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ  
НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ  
ЗАТРАТ**

**Специальность 05.22.10 –  
Эксплуатация автомобильного транспорта**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2020

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

- Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
**Добромиров Виктор Николаевич**
- Официальные оппоненты: **Дыгало Владислав Геннадиевич**,  
доктор технических наук, доцент, Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ЛТ-7 «Транспортно-технологические средства и оборудование лесного комплекса», профессор;  
**Любимов Игорь Ильич**,  
кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», кафедра автомобильного транспорта, доцент;
- Ведущая организация ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

Защита состоится «15» декабря 2020 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.223.02 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ) по адресу: 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, аудитория 219.

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

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

Автореферат разослан «02» ноября 2020 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук,  
доцент



Олещенко Елена Михайловна

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Диссертационное исследование посвящено разработке методики, способствующей повышению объективности выбора потребителями легковых автомобилей (ЛА) для приобретения. Оно основано на совершенствовании методов оценки конкурентоспособности продукции промышленного производства, и в частности - автотранспортных средств. Его результаты обеспечивают возможность более эффективного использования автомобилей в транспортной деятельности организаций – владельцев. Это достигается более детальным учетом при выборе автомобиля потенциальных затрат на его эксплуатацию, при расчете которых предлагается учитывать не только технико-экономические характеристики, но и особенности предстоящего использования ЛА — сегмент обслуживаемых клиентов, дорожно-транспортную среду, приспособленность к техническому обслуживанию (ТО), текущему (ТР) и восстановительному (ВР) ремонтам в условиях фактического наличия и состояния сети фирменного сервиса. Для реализации такого учета автором на основе проведенных исследований разработан прикладной инструмент прогнозной оценки величины основных эксплуатационных затрат ЛА, планируемых к приобретению.

К недостаткам существующих методик оценки конкурентоспособности ЛА относятся: сведение сравнительной оценки только к определению технического уровня ЛА; отсутствие методических подходов к оценке технико-экономической эффективности для ЛА, не задействованных в основной производственном процессе (не для легковых такси); проблематичность применения для оценки близких по характеристикам ЛА; игнорирование изменения эксплуатационно-технических параметров ЛА в течение жизненного цикла (ЖЦ); использование субъективных подходов в виде экспертных методов. Становится очевидной необходимость дальнейшей формализации таких методик на основе применения численных математических методов оценки предпочтений в заданных условиях.

Задача совершенствования методик оценки конкурентоспособности в части повышения их объективности при выборе ЛА потребителем, востребована практикой. Однако ее решение не может быть реализовано только на инженерном уровне без применения новых научных знаний и теоретических подходов.

**Степень разработанности темы исследования.** Показатели качества и конкурентоспособности 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. Чудаква и других. Методы выбора конкретных самоходных машин для заданных

целей и условий их применения рассмотрены в работах Д.П. Великанова, Д.И. Заруднева, М.А. Миргородского, Д.И. Нуретдинова, Б.Д. Прудовского, С.В. Репина, А.В. Терентьева, А.А. Чеботаева, В.Д. Чижонка, Х.А. Фасхиева и ряда других авторов.

Однако проблемы, возникающие при сравнении, в том числе с помощью аналитических методов принятия решений, новых современных ЛА, мало отличающихся друг от друга по своим параметрам, в исследованиях перечисленных авторов не были решены окончательно, используются математические модели, имеющие достаточно широкий набор ограничений и допущений в части учета технических характеристик и эксплуатационных свойств автомобилей, рассматривающие их в статическом состоянии, фиксирующем эксплуатационно-технические показатели на момент выбора и сравнения.

**Цель диссертационного исследования** – разработка методики выбора легковых автомобилей на стадии их приобретения потребителем, отличающейся от известных более полным учетом эксплуатационных затрат в заданных условиях применения и возможностью прогнозного определения величины этих затрат за заданный срок эксплуатации.

**Объект исследования** – автомобили современного парка ЛА в РФ, а также новые модели, готовящихся к производству на заводах страны.

**Предмет исследования** – методика выбора ЛА на основе анализа его эксплуатационно-технических характеристик и прогнозной оценки эксплуатационных затрат за заданный срок эксплуатации.

#### **Задачи исследования.**

1. Выполнить обзор и анализ существующих методов научной оценки характеристик и конкурентоспособности продукции промышленного производства, применимости их для оценки автомобилей и обосновать направления совершенствования. Разработать концепцию усовершенствованной аналитической методики оценки конкурентоспособности ЛА.

2. Выбрать и обосновать показатели, определяющие потребительскую привлекательность ЛА и используемые для оценки их конкурентоспособности.

3. Разработать критерии для оценки конкурентоспособности ЛА с точки зрения организации системы их фирменного сервиса и уровня приспособленности к поддержанию в исправном техническом состоянии, разработать математические модели прогнозирования затрат на техническое обслуживание, текущий и восстановительный ремонт ЛА.

4. Разработать математическую модель прогнозирования расхода топлива, как одного из основных видов эксплуатационных затрат, с учетом конструктивных особенностей, технических характеристик и условий эксплуатации ЛА конкретным потребителем в соответствии с решаемыми им транспортными задачами.

5. Разработать методику выбора ЛА на основе оценки их конкурентоспособности с учетом прогнозирования эксплуатационных затрат, рассчитанных с использованием предлагаемых критериев и математических моделей оценки организации системы фирменного сервиса (СФС), определения затрат на ТО, ТР и ВР, остаточной стоимости ЛА при продаже и прогнозного значения эксплуатационного расхода топлива.

6. Выполнить технико-экономическую оценку эффективности применения разработанной методики выбора ЛА, базирующейся на усовершенствованном подходе к оценке их конкурентоспособности.

**Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:**

– усовершенствована методика аналитической оценки конкурентоспособности легковых автомобилей, отличительной особенностью которой является более полный учет на стадии эксплуатации у конкретного потребителя всех видов затрат, определяемых спецификой использования транспорта с учетом индивидуальных особенностей его применения;

– предложены критерии оценки конкурентоспособности легковых автомобилей по показателям потребительской привлекательности, опирающиеся на корпоративные требования различных типовых групп потребителей и расклассифицированные по выявленным предпочтениям, что позволяет при равных или близких значениях технических показателей у сравниваемых моделей использовать в качестве целевой функции достижение максимального соответствия требованиям конечного потребителя;

– обоснованы критерии оценки легковых автомобилей с точки зрения уровня приспособленности к поддержанию исправного технического состояния в условиях фактического наличия и функционирования системы их фирменного сервиса, что позволяет определять наиболее конкурентоспособные модели для конкретных условий эксплуатации у конечного потребителя;

– разработана методика определения расхода топлива легковыми автомобилями, учитывающая, наряду с конструктивными особенностями и техническими характеристиками, условия и особенности их эксплуатации конкретным потребителем, что позволяет на стадии оценки при выборе автомобиля с достаточной достоверностью прогнозировать величину эксплуатационного расхода топлива;

– разработана методика прогнозного определения величины эксплуатационных затрат для легковых автомобилей на стадии их выбора, учитывающая величину остаточной стоимости ЛА, специфику организации фирменного сервиса и особенности формирования эксплуатационных расходов топлива в конкретных условиях применения.

**Теоретическая ценность исследования** заключается в усовершенствовании принятых в современной научной среде методик оценки

конкурентоспособности автомобилей; в научном обосновании необходимости расширения и уточнения критериев конкурентоспособности по сервисным показателям; в создании новых моделей прогнозной оценки затрат на техническое обслуживание и ремонт, а так же величины остаточной стоимости; в разработке новых математических моделей оценки влияния основных конструктивных параметров легковых автомобилей и эксплуатационных факторов на их топливную экономичность.

**Практическая значимость и реализация результатов исследования** заключается в возможности использования методики при формировании парков ЛА с учетом конкретных условий их эксплуатации; в возможности применения методики нормирования расхода топлива, учитывающих влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на формирование реальных эксплуатационных расходов топлива; использование ее позволяет снизить затраты на топливо за счет оптимального подбора моделей подвижного состава для заданных условий эксплуатации. Результаты исследований были использованы для нужд УТ АТЦ ПАО «Северсталь» г. Череповец (научно-исследовательская работа по договору № 9000091077 «Повышение эффективности деятельности автотранспортного цеха управления транспорта ПАО «Северсталь»), внедрены в ООО «А-ЛАЙН» г. Вологда, акт от 18.03. 2019 г. и используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «ВоГУ» и при внебюджетном обучении специалистов – перевозчиков.

**Методы исследования.** Методологической базой исследования является системный анализ, общие положения теории математической статистики, методы иерархического кластерного анализа, корреляционно-регрессионного анализа и логистической регрессии, математическое моделирование, имитационный эксперимент в рамках пакета ПО Octave и инструменты расчета характеристик элементов систем и отдельных параметров с использованием ЭВМ и пакета Statistica от компании StatSoft. Для получения информации об эксплуатационных параметрах автомобилей использовались сервисы контроля техники Омникomm и АвтоГРАФ.

**Положения, выносимые на защиту:**

- концепция усовершенствованной аналитической методик оценки конкурентоспособности ЛА;
- частная методика оценки конкурентоспособности ЛА по показателям потребительской привлекательности;
- частные методики оценки ЛА с точки зрения уровня приспособленности к поддержанию в исправном техническом состоянии в условиях действующей системы их фирменного сервиса, математические модели прогнозирования затрат на ТО и ремонт ЛА и оценки остаточной стоимости;
- математическая модель прогнозирования расхода топлива легковым автомобилем в конкретных условиях его применения;

– методика выбора потребителем ЛА на основе оценки их конкурентоспособности с учетом прогнозного определения величины эксплуатационных затрат.

**Область исследования** соответствует паспорту научной специальности ВАК: 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта, а именно: п. 3. «Обоснование и разработка требований к рациональной структуре парка, эксплуатационным качествам транспортного, технологического, погрузочно-разгрузочного оборудования и методов их оценки»; п. 19. «Методы ресурсосбережения в автотранспортном комплексе».

**Степень достоверности результатов проведенных исследований** обоснована корректностью поставленных задач, решение которых базируется на использовании фундаментальных и достоверно изученных научных положений; обеспечена использованием методов статистического и корреляционно-регрессионного анализа, множественного регрессионного анализа; подтверждена экспериментальными исследованиями с применением современных высокоточных систем сбора потоковых данных с автомобилей, находящихся в эксплуатации.

**Апробация работы.** Основные результаты исследования доложены, обсуждены и получили одобрение на 8-ой Всероссийской научно-технической конференции «Вузовская наука – региону» (г. Вологда, ВоГУ, 2010), Международной молодежной научной конференции «Поколение будущего: взгляд молодых ученых» (г. Курск, ЮЗГУ, 2013, 2016 гг), 7-ой, 8-ой и 9-ой Международной научно-практической конференции «Современные автомобильные материалы и технологии» (г. Курск, ЮЗГУ, 2015–17 гг.), FarEast Con-2018 – Международной мультидисциплинарной конференции по промышленному инжинирингу и современным технологиям (г. Владивосток, ДВФУ, 2018), на заседаниях кафедр «Автомобили и автомобильное хозяйство» ФГБОУ ВО «ВоГУ» и «Наземные транспортно-технологические машины» ФГБОУ ВО «СПбГАСУ».

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе четыре в рецензируемых изданиях из перечня, размещенного на официальном сайте ВАК РФ, одна публикация в журнале, входящем в наукометрическую базу Scopus и две монографии.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографии. Объем диссертации составляет 196 страниц машинописного текста, содержит 23 таблиц и 38 рисунков. Список использованных научных источников содержит 160 наименований.

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 понятий *конкурентоспособность* и *качество* применительно к оценке промышленной продукции, в общем, и к автомобилю, в частности. Сформулированы основные требования к содержанию понятия *конкурентоспособность автомобиля*. Дан анализ приведенных в научной литературе методов оценки качества и конкурентоспособности автомобилей, в том числе ЛА, выявлены их преимущества и недостатки. Определены методические аспекты оценки конкурентоспособности автомобилей и обоснованы основные направления ее совершенствования.

*Во второй главе* уточнены действующие и предложены к использованию дополнительные критерии оценки конкурентоспособности ЛА. По каждому критерию дана его математическая трактовка, уточнена область применения и возможные ограничения, доказана значимость влияния на итоговый результат выбора моделей ЛА потребителем. Исследована возможность прогнозной оценки величины эксплуатационных затрат автомобилей при их использовании в конкретных условиях, разработана методика такой оценки, приведен общий алгоритм и рекомендации по применению разработанной методики на практике. Обоснована и разработана математическая модель оценки остаточной стоимости ЛА при продаже.

*В третьей главе* рассматриваются вопросы прогнозирования эксплуатационного расхода топлива ЛА на стадии его выбора с учетом конкретных условий применения. Приведены результаты экспериментальных исследований по установлению зависимости расхода топлива автомобилями от их конструктивных параметров и условий движения, полученные статистической обработкой экспериментальных данных. Разработана математическая модель определения расхода топлива, выполнено аналитическое и экспериментальное исследование влияния основных конструктивных параметров схожих автомобилей на величину расхода топлива каждым из них. Предложен новый критерий оценки конкурентоспособности автомобилей по величине расхода топлива в конкретных условиях их применения. Показана необходимость его включения в усовершенствованную методику оценки конкурентоспособности ЛА.

*В четвертой главе* на основе выполненных исследований предложена итоговая методика выбора ЛА, базирующаяся на оценке их конкурентоспособности с учетом затрат на эксплуатацию. Представлены возможности применения пакета Microsoft Office для автоматизации оценки конкурентоспособности автомобилей на базе разработанных автором калькуляторов и макросов для программы Microsoft Excel. Приведены результаты технико-экономической оценки эффективности применения разработанной методики на примере выбора легковых автомобилей для таксомоторных перевозок в г. Санкт-Петербург в сравнении с использованием существующих.



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. Концепция усовершенствованной аналитической методики оценки конкурентоспособности ЛА.**

Усовершенствованная аналитическая методика оценки конкурентоспособности ЛА основывается на нижеследующих положениях.

1. Обеспечение объективного выбора ЛА из широкого спектра представленных на рынке и мало отличающихся по основным технико-экономическим показателям.

2. Учет конечной индивидуальной цели потребителя при выборе ЛА. Организации, эксплуатирующие АТС, применяют их для различных целей, далеко не всегда используют в основном производственном процессе, например, как таксопарки.

3. Наиболее полный учет условий применения ЛА у конкретного эксплуатанта.

4. Применение аналитического математического аппарата оценки при одновременном сведении субъективности выбора ЛА к минимуму. Применение экспертных методов закономерно не позволяет устойчиво давать достоверные оценки.

*Первое положение* на стадии выбора ЛА реализуется использованием прогнозной оценки изменения основных характеристик АТС в процессе его эксплуатации с учетом ухудшения параметров по мере старения в конкретных условиях применения потребителем. Минимальная разница в эксплуатационно-технических характеристиках или конструкции идентичных ЛА на протяжении длительного срока эксплуатации часто приводит к значительному отличию результатов их применения у потребителя и, как следствие, может определить выбор.

*Второе положение* реализуется применением предлагаемого автором способа оценки эффективности использования ЛА в условиях конкретного потребителя, основанного на сравнении итоговой удельной величины полных эксплуатационных затрат с вариантами затрат на аренду АТС. Предусмотрена возможность игнорирования данной оценки при условии приобретения ЛА, например, для представительских нужд. Для этого проведено исследование основных потребительских мотивов при приобретении ЛА, произведена их формализация и сформированы критерии учета при оценке АТС.

*Третье положение* реализуется за счет использования при оценке затрат полученных регрессионных зависимостей для определения прогнозных величин расходов топлива при эксплуатации ЛА в условиях конкретного потребителя, применением обоснованной структуры показателей оценки системы фирменного сервиса с максимальным учетом территориальных особенностей эксплуатанта, применением разработанных математических моделей расчета величин затрат на ТО на протяжении всего ЖЦ и остаточной стоимости автомобиля при его продаже.

Реализация *четвертого положения* достигается за счет применения в методике только аналитических методов оценки и разработанных математических моделей, формализацией критериев выбора и применением оригинального метода сведения единичных показателей в интегральный.

В совокупности все указанные положения обеспечивают уточнение расчетных зависимостей для определения прогнозных значений эксплуатационных затрат на всех стадиях жизненного цикла ЛА, объективно отображая их конкурентоспособность с учетом целевой функции методики выбора – повышение точности прогнозной оценки эффективности использования ЛА в конкретных условиях эксплуатации.

Предлагается оценивать конкурентоспособность АТС в конкретных условиях их применения и с учетом продолжительности всего планируемого периода использования владельцем, в то время как известные концептуальные подходы ограничиваются, как правило, оценкой новых образцов на фоне типовых условий эксплуатации. Подобный подход использован впервые и ранее никем не применялся. Он обеспечивает объективную оценку конкурентоспособности ЛА на стадии выбора в условиях имеющихся неопределенностей и сформированного исходного запроса потребителя.

## **2. Частная методика оценки конкурентоспособности ЛА по показателям потребительской привлекательности.**

Для максимально полного учета целей и задач потребителей ЛА и формализации оценки конкурентоспособности ЛА по показателям потребительской привлекательности был использован кластерный анализ, позволивший разделить потребителей на обособленные группы, обладающие схожими предпочтениями при выборе автомобиля. Проведен опрос более 170 посетителей дилерских центров Вологодской области. Для определения количества кластеров использован критерий информативности Байеса (ВІС), который всегда принимает отрицательные значения, причем выбирается то количество кластеров, при котором значения критерия Байеса достигают максимума. Проверка ВІС критерием показала четкое разграничение предпочтений по двум кластерам (таблица 1). Первый кластер представлен покупателями оценивающими престиж ЛА, выбор комплектации, цена на ЛА более 800–1500 т. руб. Это клиенты сервисных услуг дилеров, предпочтение ЛА иностранных производителей, интересуется безопасностью, показатели скоростных качеств, дизайн.

Доля этого «**престижного**» кластера в выборке – 60 %. Второй кластер – это покупатели, для которых важна цена (ценовой диапазон 300–800 т. руб). Для них характерно внимание к стоимости ТО, неважны дополнительные опции, приемлем консерватизм внешнего облика автомобиля. Доля этого «**утилитарного**» кластера в выборке – 40 %.

Результаты используются при формировании задания на выбор ЛА в соответствии с запросами конкретного потребителя и при упорядочивании критериев в рамках формирования итоговой оценки выбора с применением усовершенствованного метода нахождения Парето-оптимальных решений.

Таблица 1

**Набор переменных кластерного анализа потребительских предпочтений**

Критерии	Степень важности критерия в рамках кластера		Точный критерий Фишера
	Кл. 1	Кл. 2	
<b>Ценовые параметры выбора</b>			
Диапазон цены от 800 до 1500 т. р.	0,521	0,000	<0,001
Диапазон цены от 300 до 800 т. р.	0,114	0,748	<0,001
Приоритет при выборе – цена	0,342	0,702	<0,001
<b>Позиционирование на рынке</b>			
Предпочтение иномаркам	0,922	0,684	0,001
Престижность марки	0,578	0,053	<0,001
Узнаваемость бренда	0,468	0,296	0,051
Приоритет при выборе – дизайн	0,331	0,067	<0,001
<b>Комплектация</b>			
Важность комплектации	0,964	0,650	<0,001
Отсутствие дополнительных опций	0,148	0,371	0,004
Наличие дополнительных опций удобства	0,647	0,393	0,004
Приоритет – скорость и динамика разгона	0,488	0,230	0,002
Консерватизм внешнего вида	0,000	0,370	<0,001
Качество отделки салона	0,158	0,297	0,074
<b>Безопасность</b>			
Приоритет при выборе – безопасность	0,22	0,332	0,033

Критерии	Степень важности критерия в рамках кластера		Точный критерий Фишера
	Кл. 1	Кл. 2	
Сервисное обслуживание			
Планируется использовать услуги дилеров	0,750	0,394	<0,001
Приоритет при выборе – стоимость обслуживания	0,174	0,357	0,022

В качестве базы для дальнейшей проработки были приняты потребительские предпочтения, характерные для «утилитарного» кластера, так как его приоритеты выбора наиболее хорошо согласуются с целями большинства предприятий, закупающих ЛА для массового использования в таксомоторных перевозках и для собственных нужд.

**3. Частные методика оценки ЛА по уровню приспособленности к поддержанию в исправном техническом состоянии в условиях действующей системы их фирменного сервиса, математические модели прогнозирования затрат на ТО и ремонт ЛА и оценки остаточной стоимости.**

3.1. Анализ методологических подходов к *оценке уровня приспособленности ЛА к поддержанию в исправном техническом состоянии с использованием системы фирменного сервиса* (СФС) позволил выявить ряд критериев для сравнения альтернативных вариантов автомобилей по этому показателю. Эти критерии предложено разделить на четыре группы:

1-я группа – общие параметры СФС: срок гарантии; периодичность ТО; наличие послегарантийного обслуживания. 2-я группа – экономические параметры СФС: дисконтированная стоимость обслуживания за срок эксплуатации у потребителя и доля дисконтированной стоимости обслуживания в его полной стоимости; наличие оригинальных запасных частей и их аналогов, стоимость и срок их доставки; стоимость нормо-часа обслуживания и ремонта. 3-я группа – параметры доступности СФС: количество дилерских центров в регионе использования, их территориальная доступность. 4-я группа – коммуникативные параметры: характеристики клиенториентированного сервиса (наличие индивидуальных условий ТО и ТР, «горячей линии»).

Установлено, что существенная разница по показателям СФС между ЛА одного типа и класса проявляется именно в стоимости и доступности запасных частей для текущего ремонта и восстановительного ремонта после

ДТП. Разница в цене для этих групп запасных частей между моделями автомобилей достигает 340–420 %, в то время, как стоимость расходных материалов и запасных частей для периодического технического обслуживания различается несущественно – по данным исследования не превышает 8–15 %. В связи с этим для сравнения ЛА по экономическим параметрам СФС предложено именно сопоставление стоимости и доступности запасных частей. Алгоритм применения метода приведен в таблице 2.

Таблица 2

**Алгоритм применения метода анализа ЛА по показательной группе запасных частей**

№ шага	Пошаговое описание метода оценки ЛА по экономическим параметрам
1.	Формирование показательной группы запасных частей для оценки по анализируемой группе из $k$ ЛА
2.	В зависимости от возможностей потребителя ЛА определяется их цена по одному источнику информации для каждого анализируемого ЛА. Для каждой $i$ позиции группы запчастей $j$ $k$ -го ЛА определяется стоимость $C_{z.o.i}$ , руб., наличие на складах $n_i$ , шт. и срок поставки $\tau_i$ , дней. Причем запасные части обрабатываются отдельно по оригинальным позициям и аналогам
3.	Формирование таблицы данных для анализа по каждому $k$ -ому ЛА
4.	<p>Для анализа группы оригинальных запасных частей сравниваемых ЛА предлагается следующая система (1):</p> $\begin{cases} \sum_{i=1}^j C_{z.o.i} \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^j n_i \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^j \tau_i \rightarrow \min \end{cases} \quad (1)$ <p>Фиксируются случаи обнаружения нарушений установленных минимальных критериев наличия запасных частей на складах</p>
5.	Для ее решения находится сумма стоимостей оригинальных запасных частей по всем позициям показательной группы для $k$ -го ЛА $\sum_{i=1}^j C_{z.o.i}$ , руб.
6.	Далее определяется суммарное наличие оригинальных запасных частей по всем позициям показательной группы для $k$ -го ЛА на складах фирм-поставщиков (в зависимости от пожеланий пользователя можно использовать не наличие на момент проведения анализа, а в том числе позиции со сроком доставки до например 3 дней) – $\sum_{i=1}^j n_i$ , шт.

№ шага	Пошаговое описание метода оценки ЛА по экономическим параметрам
7.	Далее определяется суммарное время ожидания заказных позиций оригинальных запасных частей по показательной группе для $k$ -го ЛА на складах фирм-поставщиков (если все позиции имелись в наличии, сумма = 0) – $\sum_{i=1}^j \tau_i$ , дней
8.	Решается система (1) с установлением оптимального $k$ -го ЛА по стоимости, наличию и времени доставки для оригинальных запасных частей по показательной группе. Предлагается использовать усовершенствованный метод районирования. Детальное описание метода см. в п. 2.5.4
9.	<p>Для анализа группы запасных частей – аналогов сравниваемых ЛА предлагается следующая система (2):</p> $\left\{ \begin{array}{l} C_{\text{ср.а.з}} = \sum_{i=1}^j \frac{\sum_{k=1}^{m_i} C_{ik}}{m_i} \rightarrow \min \\ n_{\text{а.з}} = \sum_{i=1}^j \sum_{k=1}^{m_i} n_{ik} \rightarrow \max \\ \tau_{\text{ср.а.з}} = \sum_{i=1}^j \frac{\sum_{k=1}^{m_i} \tau_{ik}}{m_i} \rightarrow \min \\ n_{ik} \geq 10 \end{array} \right. \quad (2)$ <p>Фиксируются случаи обнаружения нарушений установленных минимальных критериев наличия запасных частей на складах и отсутствия или недостаточного наличия аналогов оригинальных запасных частей</p>
10.	Для ее решения находится сумма средних стоимостей запасных частей – аналогов по всем позициям показательной группы для $k$ -го ЛА $\sum_{i=1}^j \frac{\sum_{k=1}^{m_i} C_{ik}}{m_i}$ , руб.
11.	Далее определяется суммарное наличие запасных частей – аналогов по всем позициям показательной группы для $k$ -го ЛА на складах фирм-поставщиков с учетом $m_i$ вариантов запчастей-аналогов разных производителей – $\sum_{i=1}^j \sum_{k=1}^{m_i} n_{ik}$ , шт.
12.	Далее определяется суммарное среднее время ожидания заказных позиций запасных частей – аналогов по показательной группе для $k$ -го ЛА на складах фирм-поставщиков с учетом $m_i$ вариантов запчастей – аналогов разных производителей – $\sum_{i=1}^j \frac{\sum_{k=1}^{m_i} \tau_{ik}}{m_i}$ , дней
13.	Решается система (2) с установлением оптимального $k$ -го ЛА по стоимости, наличию и времени доставки запасных частей – аналогов по показательной группе. Предлагается использовать усовершенствованный метод районирования

№ шага	Пошаговое описание метода оценки ЛА по экономическим параметрам
14.	На выходе получаем два ранжированных списка ЛА: по оригинальным запасным частям и запасным частям – аналогам

В ходе апробации предложенного метода оценки ЛА по экономическим параметрам СФС уточнены следующие ограничения по его применению: анализ должен проводиться по индивидуально сформированной показательной группе запасных частей; по региону с учетом индивидуальных возможностей потребителя; учитывается стоимость запасных частей и наличие на складах фирм на момент его проведения, дисконтирование стоимости не производится; при наличии нескольких вариантов доставки оригинальных запчастей и различия в их цене берется позиция с минимальным сроком доставки или та, которая находится в наличии.

Пример оценки ЛА по показательной группе запасных частей приведен в таблице 3. В результате расчетов ЛА получили оценочные ранги от 1 до 4 в соответствии с уменьшением привлекательности для потребителя по критериям СФС.

Таблица 3

**Пример результатов расчетной оценки ЛА по показательной группе запасных частей**

Показатель (модели 2018)	Volkswagen Polo	Kia Rio	Skoda Rapid	Renault Logan
$\sum_{i=1}^j C_{3,0,i}$	76547	58601	58615	39926
$\sum_{i=1}^j n_i$	3659	500	120	1010
$\sum_{i=1}^j \tau_i$	70	35	123	37
Итоговый результат сведения	0,442	0,229	0,236	0,347
Ранг ЛА	1	4	3	2

Использование предложенной методики особенно результативно при оценке идентичных ЛА одного класса, когда сравнение по прочим характеристикам не дает показательных результатов.

3.2. Для расчета величины удельных эксплуатационных затрат необходима *оценка остаточной стоимости ЛА* при его продаже в состоянии, не достигшем предельного. В результате статистических исследований установлено, что эта величина достаточно широко варьируется для разных классов и моделей. Анализ существующих методик показал, что они дают достаточно приблизительные оценки. Для устранения этого недостатка и нахождения инструмента более точной прогнозной оценки был проведен анализ большого массива информации о ценах на вторичном рынке ЛА (по материалам БД портала auto.ru), определены основные факторы, оказывающие наибольшее влияние на остаточную стоимость ЛА.

В итоговую модель (3) снижения первоначальной стоимости  $Y$  на конкретный с момента выпуска год продажи (в долях от 1, где 1 – это полная потеря первоначальная стоимость ЛА) введены следующие действующие факторы:  $X_1$  – «европейский» ЛА (в этом случае  $X_1 = 1$ , иначе  $X_1 = 0$ );  $X_2$  – «азиатский» ЛА (в этом случае  $X_2 = 1$ , иначе  $X_2 = 0$ );  $X_3$  – ЛА класса В (в этом случае  $X_3 = 1$ , иначе  $X_3 = 0$ );  $X_4$  – ЛА класса С (в этом случае  $X_4 = 1$ , иначе  $X_4 = 0$ );  $X_5$  – ЛА, подвергнутый «рестайлингу» (в этом случае  $X_5 = 1$ , иначе  $X_5 = 0$ );  $X_6$  – за период использования была смена продаваемой модели на новую (в этом случае  $X_6 = 1$ , иначе  $X_6 = 0$ );  $X_7$  – год с момента покупки ( $X_7 = 1, 2, \dots$ ),  $X_8$  – год с момента покупки в квадрате.

Полученная математическая модель влияния указанных исследуемых факторов на зависимость остаточной стоимости ЛА от его возраста (в долях от первоначальной стоимости) имеет вид:

$$Y = |0,64 - X_1 \times 0,057 + X_2 \times 0,0037 + X_3 \times 0,049 + X_4 \times 0,047 + X_5 \times 0,059 + X_6 \times 0,047 - X_7 \times 0,512 + X_8 \times 0,049| \quad (3)$$

Показано, что ускоряет потерю стоимости ЛА возраст, принадлежность к «европейским» маркам, классу «С», наличие «рестайлинга» и смены модели в процессе ЖЦ, замедляет потерю стоимости отнесение ЛА к «азиатским» маркам и классу «В». Действующие ограничения: модель построена на статистике цен бывших в употреблении ЛА классов «В», «С», «D» в Европейской части РФ на базе объявлений о продаже без учета снижения цены в результате торга. Особенности оснащения и комплектации не учитывались. ЛА, требующие кузовного ремонта, игнорировались. Значение показателя коэффициента детерминации  $R^2$  для итоговой модели составило 0,822 при 8 объясняющих переменных. Полученная величина при условии большой вариации действующих на рынке факторов представляется достаточной и позволяет с большой точностью определять на стадии выбора ориентировочную остаточную стоимость ЛА. График изменения остаточной



стоимости то возраста для некоторых ЛА, построенный на основе использования предложенной модели, приведен на рисунке 1.

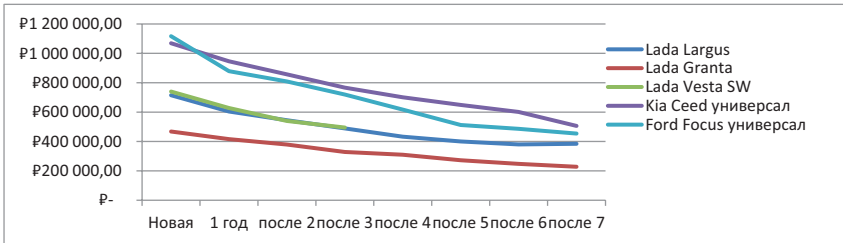


Рисунок 1 – Динамика изменения остаточной стоимости ЛА в зависимости от их возраста.

3.3. Для *оценки прогнозной величины затрат на ТО ЛА* ( $Q_{ТО}$ , руб.) в зависимости от пробега ( $L$ , км) и срока нахождения в эксплуатации ( $n$ , лет) предложена следующая математическая оптимизационная модель  $\min Q_{ТО}(n, L)$ , представленная на рисунке 2.

*Описание переменных:*  $V_{MM}$  – объем масла в ДВС, литров;  $L$  – общий пробег ЛА, км;  $t_{ТО}$  – пробег между ТО, км,  $n$  – лет в эксплуатации, годы,  $n_{св}$  – количество свечей в ДВС, штук,  $t_{св}$  – периодичность замены свечей, км,  $V_{ож}$  – объем охлаждающей жидкости в ДВС, литров,  $t_{ож}$  – периодичность замены охлаждающей жидкости, км,  $t_{ТФб}$  – периодичность замены бензинового топл. фильтра, км,  $t_{ТФд}$  – периодичность замены дизельного топл. фильтра, км,  $V_{ММКПП}$  – объем масла в МКПП, литров,  $t_{ММКПП}$  – периодичность замены масла в МКПП, км,  $V_{МАКПП}$  – объем масла в АКПП, литров,  $t_{МАКПП}$  – периодичность замены масла в АКПП, км,  $t_{КОЛД}$  – ср. наработка колодок дискового тормоза, км,  $t_{ДИСК}$  – ср. наработка тормозных дисков, км,  $t_{КОЛЬ}$  – ср. наработка колодок барабанного тормоза, км,  $t_{БАРАБ}$  – ср. наработка тормозных барабанов, км,  $V_{ТЖ}$  – объем тормозной жидкости в ЛА, литров,  $t_{ТЖ}$  – интервал замены ТЖ, км,  $V_{МАТР}$  – средний объем масла в агрегатах трансмиссии, литров,  $t_{МАТР}$  – ср. наработка масла в агрегатах трансмиссии, км,  $t_{РВСП}$  – ср. наработка ремня вспомогательных агрегатов, км,  $t_{ГРМ}$  – ср. наработка ремня ГРМ, км,  $t_{ЦГРМ}$  – ср. наработка цепи ГРМ, км.

*Описание постоянных:*  $Q_{MM}$  – ср. цена 1 литра моторного масла, руб;  $Q_{мф}$  – ср. цена масляного фильтра ДВС, руб;  $Q_{вф}$  – ср. цена воздушного фильтра ДВС, руб;  $Q_{св}$  – ср. цена свечи зажигания, руб;  $Q_{ож}$  – ср. цена 1 литра охлаждающей жидкости, руб;  $Q_{ТФд}$  – ср. цена топливного фильтра дизельного ДВС, руб;  $Q_{ТФб}$  – ср. цена топливного фильтра бензинового ДВС, руб;  $Q_{сф}$  – ср. цена салонного фильтра, руб;  $Q_{ММКПП}$  – ср. цена 1 литра масла в МКПП, руб;

$Q_{\text{МАКПП}}$  – ср. цена 1 литра масла в АКПП, руб;  $Q_{\text{ФАКПП}}$  – ср. цена фильтров в АКПП, руб;  $Q_{\text{РМАКПП}}$  – ср. цена расходных материалов для АКПП, руб;  $Q_{\text{КОЛД}}$  – ср. цена колодок для дискового тормоза, руб;  $Q_{\text{ДИСК}}$  – ср. цена 2 тормозных дисков, руб;  $Q_{\text{КОЛЬ}}$  – ср. цена колодок для барабанного тормоза, руб;  $Q_{\text{БАРАБ}}$  – ср. цена 2 тормозных барабанов, руб;  $Q_{\text{ТЖ}}$  – ср. цена 1 литра тормозной жидкости, руб;  $Q_{\text{МАТР}}$  – ср. цена 1 литра масла в агрегатах трансмиссии, руб;  $Q_{\text{РВСП}}$  – ср. цена ремня вспомогательных агрегатов, руб;  $Q_{\text{РОЛВСП}}$  – ср. цена роликов ремня вспомогательных агрегатов, руб;  $Q_{\text{РГРМ}}$  – ср. цена ремня ГРМ, руб;  $Q_{\text{РОЛГРМ}}$  – ср. цена роликов ремня ГРМ, руб;  $Q_{\text{ЦГРМ}}$  – ср. цена цепи ГРМ, руб;  $Q_{\text{КЦГРМ}}$  – ср. цена комплектующих для замены цепи ГРМ, руб. Для автоматизации применения модели разработан калькулятор в среде Microsoft Excel.

$$Q_{\text{ТО}}(n, L) = \begin{cases} Q_{\text{ММ}} V_{\text{ММ}} \frac{L}{t_{\text{ТО}}} + Q_{\text{МФ}} \frac{L}{t_{\text{ТО}}} + Q_{\text{ВФ}} \frac{L}{t_{\text{ТО}}}, & \text{если } L > nt_{\text{ТО}} \\ Q_{\text{ММ}} V_{\text{ММ}} n + Q_{\text{МФ}} n + Q_{\text{ВФ}} n, & \text{если } L < nt_{\text{ТО}} \\ Q_{\text{СВ}} n_{\text{СВ}} \frac{L}{t_{\text{СВ}}}, & \text{если бензиновый ДВС и если } L > t_{\text{СВ}} \\ Q_{\text{ОЖ}} V_{\text{ОЖ}} \frac{L}{t_{\text{ОЖ}}}, & \text{если } L > t_{\text{ОЖ}} \\ Q_{\text{ТФд}} \frac{L}{t_{\text{ТФд}}}, & \text{если дизельный ДВС} \\ Q_{\text{ТФб}} \frac{L}{t_{\text{ТФб}}}, & \text{если бензиновый ДВС} \\ Q_{\text{СФ}} \frac{L}{t_{\text{ТО}}} \\ Q_{\text{ммкпп}} V_{\text{ммкпп}} \frac{L}{t_{\text{ммкпп}}}, & \text{если на ЛА МКПП} \\ Q_{\text{макпп}} V_{\text{амкпп}} \frac{L}{t_{\text{амкпп}}} + Q_{\text{факпп}} \frac{L}{t_{\text{амкпп}}} + Q_{\text{рмакпп}} \frac{L}{t_{\text{амкпп}}}, & \text{если на ЛА АКПП (4)} \\ 2(Q_{\text{колд}} \frac{L}{t_{\text{колд}}} + Q_{\text{диск}} \frac{L}{t_{\text{диск}}}), & \text{если ЛА с дисковыми тормозами} \\ Q_{\text{колд}} \frac{L}{t_{\text{колд}}} + Q_{\text{диск}} \frac{L}{t_{\text{диск}}} + Q_{\text{коль}} \frac{L}{t_{\text{коль}}} + Q_{\text{бараб}} \frac{L}{t_{\text{бараб}}}, & \text{если ЛА с дисковыми} \\ & \text{и барабанными тормозами} \\ Q_{\text{ТЖ}} V_{\text{ТЖ}} \frac{L}{t_{\text{ТЖ}}}, & \text{если } L > nt_{\text{ТО}} \\ Q_{\text{ТЖ}} V_{\text{ТЖ}} \frac{n}{2}, & \text{если } L < nt_{\text{ТО}} \\ Q_{\text{МАТР}} V_{\text{МАТР}} \frac{L}{t_{\text{МАТР}}}, & \text{если ЛА полноприводный} \\ Q_{\text{РВСП}} \frac{L}{t_{\text{РВСП}}} + Q_{\text{РОЛВСП}} \frac{L}{t_{\text{РВСП}}} \\ Q_{\text{РГРМ}} \frac{L}{t_{\text{РГРМ}}} + Q_{\text{РОЛГРМ}} \frac{L}{t_{\text{РГРМ}}}, & \text{если ГРМ ДВС с ременным приводом и } L > 6t_{\text{ТО}} \\ Q_{\text{РГРМ}} \frac{n}{6} + Q_{\text{РОЛГРМ}} \frac{n}{6}, & \text{если ГРМ ДВС с ременным приводом и } L < 6t_{\text{ТО}} \text{ или } L < nt_{\text{ТО}} \\ Q_{\text{ЦГРМ}} \frac{L}{t_{\text{ЦГРМ}}} + Q_{\text{КЦГРМ}} \frac{L}{t_{\text{ЦГРМ}}}, & \text{если ГРМ ДВС с цепным приводом} \end{cases}$$

Рисунок 2, начало

при действующих ограничениях

$$\left. \begin{array}{l}
 \frac{L}{t_{\text{ГО}}} = 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{СВ}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{СВ}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{СВ}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{ОЖ}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{ОЖ}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{ОЖ}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{ТФб}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{ТФб}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{ТФб}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{ММКПП}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{ММКПП}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{ММКПП}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{АМКПП}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{АМКПП}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{АМКПП}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{ДИСК}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{ДИСК}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{ДИСК}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{БАРАБ}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{БАРАБ}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{БАРАБ}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{КОЛЬ}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{КОЛЬ}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{КОЛЬ}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{КОЛД}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{КОЛД}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{КОЛД}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{ТЖ}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{ТЖ}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{ТЖ}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{МАТР}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{МАТР}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{МАТР}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.} \\
 \text{если } \frac{L}{t_{\text{РВСП}}} < 1, \text{ то } \frac{L}{t_{\text{РВСП}}} = 0, \frac{L}{t_{\text{РВСП}}} = 0, \text{ или } 1, \text{ или } 2, \text{ или } 3 \text{ и т. д.}
 \end{array} \right\}$$

Рисунок 2, окончание – Математическая оптимизационная модель  $\min Q_{\text{ТО}}(n, L)$

Предложенные частные методики оценки и математические модели расчета критериев СФС представляются удобно применимыми на практике и обеспечивают получение информативных и достоверных данных для последующего итогового сравнения ЛА. Эти сведения позволяют объективно оценить приспособленность сравниваемых ЛА к поддержанию исправного технического состояния в конкретном регионе применения и возможные затраты на его восстановление даже для максимально близких по технико-экономическим характеристикам моделей.

#### 4. Математическая модель расходования топлива легковым автомобилем с учетом его основных конструктивных параметров и особенностей эксплуатации конкретным потребителем.

Заводские (базовые) нормы расхода топлива, не соответствуют эксплуатационным и не дают информативности при оценке ЛА. С другой стороны, практика эксплуатации больших автопарков говорит о существенной разнице топливной экономичности идентичных ЛА, работающих в близких условиях. **Целью экспериментальных исследований** стало определение

наиболее значимых конструктивных параметров ЛА и степени их влияния на расходование топлива, оценка связи степени экономичности автомобиля и средней скорости при его использовании. Определение этих зависимостей позволяет на стадии оценки ЛА прогнозировать расход ими топлива в конкретных условиях эксплуатации потребителем. Методологической основой исследований послужил многофакторный корреляционный и регрессионный анализ.

На рисунке 3 приведены аппроксимирующие кривые для значений зависимости расхода топлива  $Q_x$  от средней скорости движения  $V_{cp}$  ЛА различных модификаций и комплектаций. Наглядно видно, что для одного и того же значения средней скорости расходы топлива существенно различаются.

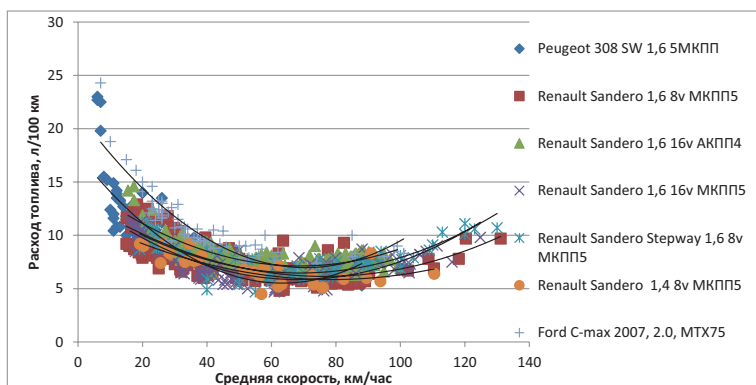


Рисунок 3 – Зависимости расхода топлива ЛА от средней скорости движения

Основная полная математическая модель влияния конструктивных факторов на зависимость топливной экономичности ЛА от средней скорости движения имеет вид:

$$Q_x = a_0 + a_1 V_{cp} + a_2 PR3 + a_3 PR4 + a_4 PR5 + a_5 PR6 + a_6 PR7 + a_7 \sqrt{V_{cp}} + a_8 \sqrt[3]{V_{cp}} + a_9 \ln V_{cp}, \frac{\text{л}}{100 \text{ км}}, \quad (5)$$

где  $Q_x$  – расход топлива, л/100 км;  $V_{cp}$  – средняя скорость, км/час;  $PR3$  – объем двигателя, см<sup>3</sup>;  $PR4$  – диаметр колеса, мм;  $PR5$  – ширина шины, мм;  $PR6$  – площадь лобового сечения, м<sup>2</sup>;  $PR7$  – величина  $C_x$  (коэффициент аэродинамического сопротивления).

Аналитическая модель, построенная на основе  $n = 796$  измерений расхода топлива при коэффициенте детерминации  $R^2 = 0,799$ , представляется показательной и достоверной, уравнение модели статистически значимо.

В конечном итоге получено следующее уравнение:

$$Q_x = -996,07 + 2,483V_{cp} + 0,002PR3 + 0,922PR4 - 0,064PR5 - 6,864PR6 + 110,78PR7 - 236,6517\sqrt{V_{cp}} + 727,8193\sqrt[3]{V_{cp}} - 183,836 \ln V_{cp}, \text{ л / 100 км,} \quad (6)$$

Сравнение результатов расчетов по этой модели, данных телематического контроля и заводских норм наглядно свидетельствует о возможности практического применения полученной модели при оценке ЛА. По результатам апробации средняя ошибка результатов моделирования относительно опытных данных эксплуатации составила  $\Delta = 2,97\%$ . Это обеспечивает прогнозную оценку расхода топлива на стадии выбора модели ЛА.

### **5. Методика выбора потребителем ЛА на основе оценки их конкурентоспособности с учетом прогнозного определения величины эксплуатационных затрат.**

Концепция методики выбора оптимальной модели ЛА базируется на уточненном расчете величин эксплуатационных затрат на протяжении всего срока эксплуатации у потребителя и учета дополнительных критериев оценки, раскрытых выше. Для реализации этого разработаны соответствующие математические модели, частные методики и предложены новые критерии оценки.

В качестве апробации разработанной методики оценки был произведен выбор оптимальной модели для осуществления перевозок такси в условиях г. Санкт-Петербург при сроке эксплуатации 3 года и 150 т.км. пробега.

1 этап. Анализ уровня конкурентоспособности по нормативным показателям. Все ЛА представлены в продаже у официальных дилеров. В связи с отсутствием особых требований к автомобилю для перевозок такси (кроме нанесения особой цветографической схемы) можно считать этот этап пройденным всеми ЛА группы.

2 этап. Анализ уровня конкурентоспособности по технико-экономическим показателям. В соответствии с разработанными алгоритмами произведем расчеты всех параметров и отобразим их в таблице 4 (частично).

*Таблица 4*

#### **Расчетные показатели ЛА для сравнения по технико-экономическим критериям**

Показатель	Обозначение	Volkswagen Polo	Kia Rio	Skoda Rapid	Renault Logan
Стоимость автомобиля	Савт, руб	700000	729000	866000	577000

Окончание табл. 4

Показатель	Обозначение	Volkswagen Polo	Kia Rio	Skoda Rapid	Renault Logan
Затраты на техническое обслуживание	ЗТО, руб	77950	78250	83050	86600
Расчетная норма расхода топлива, (24 км/час)	$N_{PT}$ , л/100 км	9,94	10,54	8,25	8,31
Итоговые суммарные	$Z_{сумм}$ , руб	1498587	1581662	1560978	1279270
Удельные затраты	$Z_{уд}$ , руб/км	9,99	10,54	10,41	8,53
Удельный альтернативный доход	$D_{альт}$ , руб/км	18,01	17,46	17,59	19,47
Полезный эффект от эксплуатации ЛА на всем ЖЦ	$P_{\Sigma}$	2701413	2618338	2639023	2920730
Затраты на топливо	$Z_{топл}$	681387	722517	565537,5	568965
Затраты на ТО и ремонт	$Z_{тр}$	77950	78250	83050	86600
Стоимости продажи автомобиля оценочная по модели	$D_{пр}$	381853	520573	472407	314756
Совокупные затраты на достижение полезного эффекта на всем ЖЦ ЛА	$Z_{\Sigma}$	437894	353249	250290,5	408674
Интегральный показатель по ТЭП	$\kappa_{ТЭП}$	6,17	7,41	10,54	7,15

Результаты рассчитанных оценочных показателей по разработанной методике приведены в таблице 5.

Таблица 5

## Оценочные показатели сравниваемых ЛА

Показатель	Обозначение	Volkswagen Polo 2018	Kia Rio 2018	Skoda Rapid 2018	Renault Logan 2018
Стоимость нормо-часа ТО и Р, руб	C4	1800	1800	2450	1900
Удельные эксплуатационные затраты $Z_{уд}$ , руб/км	C1	9,99	10,54	10,41	8,53
Интегральный показатель по технико-экономическим показателям $K_{ГЭП}$	C2	6,17	7,41	10,54	7,15
Частный критерий по интервалу ТО и гарантийному сроку $WL_k$	C6	0,4722	0,5833	0,4722	0,4722
Ранг по частной методике оценки ориг. з/ч	C5	1	4	3	2
Ранг по частной методике оценки з/ч аналогов	C3	3	1	4	2
Результат сведения показателей		0,250	0290	0,286	0,287
Итоговый ранг ЛА		4	1	3	2

Для определения итоговой оценки ЛА по рассчитанным единичным и комплексным показателям применим усовершенствованный метод районирования. Условие оценки в данном примере запишем так:  $C1 \geq C2 \geq C3 \geq C4 \geq C5 \geq C6$ . Вопрос расстановки зависит от условий конкурентной среды и возможностей самого эксплуатанта, в общем случае используются результаты оценки конкурентоспособности ЛА по показателям потребительской привлекательности (см. раздел 2).

В итоге получим оптимальный вариант ЛА, имеющий по оценке 1-й ранг. Показательно, что, не смотря на чуть более низкое значение величины удельных затрат Skoda Rapid против Kia Rio (10,41 и 10,54 руб/км), именно отличие по показателям СФС обусловили выбор последнего ЛА. Потребитель получает выгоду в разнице стоимости ЛА – 137 т. р., кроме того при последующей эксплуатации разница в стоимости нормо-часа ТО 650 руб. в пользу Kia, как и в случае возникновения неисправностей (стоимость запасных частей показательной группы меньше на 38 %). При условии

продажи 5-летнего ЛА в случае с Kia можно рассчитывать на остаточную стоимость в размере 71 % от первоначальной, а в случае Skoda – 51% за счет большей потери стоимости на рынке (это 76 т. р. разницы). Только экономия за счет разницы первоначальных цен и изменения стоимости за 5 лет при выборе Kia Rio составит  $137 + 76 = 213$  т. р. Применяв альтернативную предлагаемой методику оценки и выбрав по ней Skoda Rapid вместо Kia Rio в случае ВР после ДТП получим в среднем в 3 раза большие сроки ожидания оригинальных запасных частей и на 32 % для запасных частей-аналогов при практически в 4 раза меньшем их наличии на складах поставщиков. Конечно же, это отразится на непроизводительных простоях и общей эффективности работы парка.

### **III. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

1. Усовершенствованная методика оценки конкурентоспособности ЛА не опирается на одни лишь экспертные методы, а использует разработанный математический и технико-экономический аппарат и обеспечивает более объективную оценку, чем существующие на данный момент методы. Разработан алгоритм ее проведения и представлены указания по применению.

2. Проведено исследование и формализация факторов, определяющих основные потребительские предпочтения при выборе ЛА. Предложена кластеризация потребителей, разработаны итоговые критерии оценки ЛА в соответствии с отнесением к одному из кластеров, позволяющие произвести формальную оценку ЛА без применения экспертных методов.

3. Обоснована принципиальная невозможность использования на стадии выбора новых ЛА традиционных критериев оценки их приспособленности к поддержанию исправного технического состояния. Предложена система комплексных групп показателей для оценки СФС ЛА. Разработаны частные методики оценки СФС ЛА в регионе применения и приспособленности к поддержанию исправного технического состояния на основании анализа доступности показательных групп запасных частей. Разработана математическая модель оценки затрат на ТО ЛА, позволяющая на стадии их выбора получать достаточные по точности и достоверности оценки.

4. Установлены значимые параметры, определяющие различия по топливной экономичности разных моделей ЛА, мало отличающихся по своим техническим характеристикам. Разработана математическая модель расхода топлива в установленных характерных условиях движения только лишь на основе использования ТХ ЛА.

5. Разработан метод обработки данных о значениях расходов топлива и средних скоростях движения, полученных от систем мониторинга транспорта. Доказана возможность использования этих удаленно получаемых сведений для прогнозирования условий работы транспортных средств



и разработки эксплуатационных норм расхода топлива в процессе выбора оптимальных моделей ЛА для конкретного эксплуатанта.

6. Проведено статистическое исследование по стоимости ЛА на вторичном рынке. Обоснованы критерии, оказывающие наибольшее влияние на остаточную стоимость ЛА, проведен многофакторный регрессионный анализ и разработана математическая модель, позволяющая с достаточной точностью определять на стадии выбора ЛА его остаточную стоимость с целью прогнозного расчета величины эксплуатационных затрат на протяжении всего срока эксплуатации.

7. На основании предложенных математических моделей расчета стоимости ТО и Р, расхода топлива, остаточной стоимости и обоснованных критериев оценки потребительской привлекательности ЛА и эффективности СФС разработана методика выбора автомобилей на основе оценки эксплуатационных затрат на протяжении всего срока эксплуатации.

8. Проведена технико-экономическая оценка эффективности внедрения предложенной методики на примере выбора ЛА для таксомоторных перевозок в г. Санкт-Петербург. Достигается экономический эффект в 213 т. р. на один ЛА по сравнению с выбором, проведенным на основе традиционных подходов.

#### **IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов ВАК РФ:**

1. *Смирнов П.И.* К вопросу выбора оптимальной модели подвижного состава на основе прогнозирования величин эксплуатационных затрат // Журнал «АГЗК + АТ», 2018. Т. 17. № 9. С. 416–419.

2. *Смирнов П.И., Тимофеев А.П., Новокшианов Ф.А.* Использование телематических данных от коммерческих автомобилей для снижения величины удельных затрат на топливо // Журнал «АГЗК + АТ», 2018. Т. 17. № 10. С. 453–461.

3. *Смирнов П.И.* Метод определения расхода топлива автомобилей на основе анализа телематических данных // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Том 12. №76. С. 69–75.

4. *Смирнов П.И., Тимофеев А.П., Новокшианов Ф.А.* Использование телематических данных получаемых от грузовых автомобилей для прогнозного определения норм расхода топлива // Журнал «Грузовик», 2018. № 12. С. 32–37.

#### **Монографии**

5. *Смирнов П.И.* Конкурентоспособность легковых автомобилей: теория и практика оценки: монография / П.И. Смирнов; М-во образ.и науки РФ, Вологод. гос. ун-т. – Вологда: ВоГУ, 2018. –71 с.

6. *Смирнов П.И.* Конкурентоспособность автомобиля: теория и практика оценки: монография / П.И. Смирнов. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 140 с.

## Публикации в изданиях, индексируемых в Scopus

7. P. I. Smirnov and O. N. Picalev, "The Application of Transport Telematics for the Organization of an Innovative System for the Organization of the Technical Maintenance of Vehicles, „2019 International Science and Technology Conference “EastConf“, Vladivostok, Russia, 2019, pp. 1–8

### Прочие публикации

8. Автоматизированная система оценки уровня конкурентоспособности легковых автомобилей. Смирнов П.И., Пикалев О.Н. В сборнике: современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2017). Сборник статей IX международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Е.В. Агеев. 2017. С. 202–205.

9. Экспериментальное исследование зависимостей расхода топлива от средней скорости движения легкового автомобиля. Смирнов П.И. В сборнике: современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2017). Сборник статей IX международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Е.В. Агеев. 2017. С. 205–207.

10. Сравнительная оценка стоимости эксплуатации легковых автомобилей на основе расчета стоимости транспортной работы по расходу топлива. Смирнов П.И. В сборнике: автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования. Материалы XI международной научно-технической конференции. 2016. С. 146–150.

11. Интегральный показатель оценки конкурентоспособности автомобилей на основе анализа системы сервисного обслуживания. Смирнов П.И., Пикалев О.Н. В сборнике: академическая наука – проблемы и достижения. Материалы VII международной научно-практической конференции. 2015. С. 218–220.

12. Сравнительная оценка автомобилей класса «В» с помощью комплексной методики определения уровня конкурентоспособности легковых автомобилей Смирнов П.И., Пикалев О.Н. В сборнике: современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015). Сборник статей VII международной научно-технической конференции. Е.В. Агеев. 2015. С. 230–234.

13. Метод оценки конкурентоспособности автомобилей на основе определения их потребительской привлекательности. Смирнов П.И., Пикалев О.Н. Современные материалы, техника и технологии. 2015. № 2 (2). С. 160–163.

14. Применение кластерного анализа для определения мотивов поведения и потребительских предпочтений при выборе автомобиля. Смирнов П.И., Пикалев О.Н. В сборнике: 21 век: фундаментальная наука и технологии. Материалы v международной научно-практической конференции. 2014. С. 117–120.

15. Оценка конкурентоспособности легковых автомобилей на основе расчета эксплуатационных затрат, как элемент повышения эффективности системы менеджмента автотранспортного предприятия. Смирнов П.И. В сборнике: поколение будущего: взгляд молодых ученых – 2013. Материалы международной молодежной научной конференции в 6-х томах. 2013. С. 266–269.

16. Нормативные показатели как критерий оценки конкурентоспособности легкового автомобиля. Смирнов П.И., Пикалев О.Н. В сборнике: вузовская наука – региону. Материалы восьмой всероссийской научно-технической конференции: в 2 томах. Ответственный редактор: А.А. Плеханов. 2010. С. 252–254.

---

Компьютерная верстка *М. В. Смирновой*

Подписано к печати 12.10.2020. Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ . Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 1,5. Тираж 120 экз. Заказ 94.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.

190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, д. 4. Отпечатано на МФУ.

198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

