

На правах рукописи



Амосов Никита Андреевич

**РАЗМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ  
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В РАМКАХ КОНТРАКТА ЖИЗНЕННОГО  
ЦИКЛА**

Специальность 2.9.1. – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте (технические науки)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО УрГУПС)

**Научный руководитель:** **Кузнецова Елена Юрьевна,**  
доктор экономических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра организации машиностроительного производства, профессор

**Официальные оппоненты:** **Ларин Олег Николаевич,**  
доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ)), кафедра цифровые технологии управления транспортными процессами, профессор  
**Копылова Олеся Александровна,**  
кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра логистики и управления транспортными системами

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет» (Оренбургский государственный университет, ОГУ)

Защита состоится 8 декабря 2023 года в 14 часов на заседании диссертационного совета 44.2.008.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС) в ауд. Б2-15 (зал диссертационных советов) по адресу: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу: [www.usurt.ru](http://www.usurt.ru).

Автореферат разослан «11» октября 2023 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по почте в адрес диссертационного совета 44.2.008.02

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат технических наук



И.А. Юшкова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В Российской Федерации увеличивается количество заключенных контрактов жизненного цикла (КЖЦ) на закупку транспортных средств. КЖЦ подразумевает осуществление исполнителем контракта производства и поставки транспортного средства заказчику, проведение технического обслуживания и утилизации транспортного средства после его выхода из эксплуатации. На практике в действующих КЖЦ заключительный этап не реализуется, что обостряет актуализацию вопроса утилизации транспортных средств. Отсутствие обязательств по реализации процесса утилизации транспортных средств в рамках контракта жизненного цикла обосновывается отсутствием системы как таковой и нехваткой утилизационных мощностей.

В России обязательная утилизация вышедших из эксплуатации транспортных средств не институционализирована законодательно. По данным Федеральной службы государственной статистики за 2021 г., в России насчитывалось 22,08 млн. легковых автомобилей в возрасте свыше 10 лет, что составляет более 40 % от общего их числа. Общественный транспорт в общей доле имеет около 37 % изношенного парка, по данным Росстата на 2021 год.

Решить проблему утилизации призвано создание единой утилизационной системы по обращению с отходами от вышедших из эксплуатации транспортных средств. Создание инфраструктуры по утилизации транспортных средств предлагается начать для общественного транспорта и легковых автомобилей, т.к. контракты жизненного цикла в большинстве случаев реализуются в рамках закупки общественного транспорта для крупнейших городов страны, а легковой автомобиль является самым массовым видом транспортных средств, который требует решения вопроса о срочной утилизации.

**Степень разработанности проблемы.** Вопросы управления жизненным циклом рассматриваются в работах А. В. Терентьева, Е.С. Кузнецова, А. А. Ковалева, А.В. Козлова и др. Проблемы реализации контракта жизненного цикла занимались отечественные ученые В. Б. Кондусова, М.М. Гязова, В.В. Гасилов, В.А. Максимов и др.

Вопросы организации рециклинга вышедших из эксплуатации транспортных средств и размещения утилизационных мощностей рассмотрены в работах Ю.В. Трофименко, Н.Н. Митрохина, А.П. Павлова, Б.Б. Бобовича, Э.А. Мамаева, А.Н. Рахмангулова, О.А. Копыловой, В. И. Рассохи, В. В. Сорокина, А. П. Пославского, К.Ю. Трофименко, Р.Л. Петрова, А.А. Акуловой, О.В. Москвичева и др.

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационного исследования является повышение объема утилизированных транспортных средств и доли рециклинга отходов транспортных средств на основе разработки методики определения рационального размещения объектов утилизационной системы для транспортных средств в рамках контракта жизненного цикла.

Для достижения цели исследования потребовалось решить следующие задачи:

1. проанализировать текущее состояние и выявить проблемы системы утилизации транспортных средств на территории Российской Федерации;

2. проанализировать действующие контракты жизненного цикла на закупку транспортных средств на предмет реализации всех этапов жизненного цикла;
3. разработать модель перехода транспортных средств по этапам жизненного цикла с учетом требований процесса утилизации;
4. разработать структурную модель управления утилизационными мощностями;
5. разработать методику размещения утилизационных мощностей.

**Объект исследования:** система утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств на территории Российской Федерации.

**Предмет исследования:** процесс организации и создания системы утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств на территории Российской Федерации.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

1. Вводится понятие «Вытягивающая модель взаимодействия заказчика и исполнителя по контракту жизненного цикла» как элемента инфраструктуры транспортной системы страны, позволяющая сформировать требования финального этапа жизненного цикла транспортных средств к предыдущим этапам жизненного цикла (п. 1 паспорта научной специальности 2.9.1. «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте»).

2. Предложена структурная модель управления утилизационными мощностями при включении действующих утилизаторов в единую утилизационную систему и создания недостающих утилизационных мощностей для эффективного функционирования всей системы (п. 1 паспорта научной специальности 2.9.1. «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте»).

3. Разработана методика рационального размещения объектов утилизационной системы вышедших из эксплуатации транспортных средств на территории Российской Федерации, основанная на принципе равнопотенциальной удаленности от городов наибольшего скопления, включающая использование 3 математических моделей: модели определения потенциалов городов наибольшего скопления, адаптированной под условия задачи модели Рейли для определения равнозначных потенциальных точек между городами наибольшего скопления и модели проверки возможности построения утилизационных центров по критерию наличия трудовых ресурсов (п. 10 паспорта научной специальности 2.9.1. «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте»).

**Теоретическая и практическая значимость исследования.** Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования состоит в развитии теоретической базы формирования инструментальных и организационных средств реализации заключительного этапа жизненного цикла транспортных средств. Результаты исследования направлены на получение новых методов нахождения рационального размещения утилизационных центров на территории Российской Федерации.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в возможном применении разработанного инструментария государственными органами власти при принятии

решения о формировании и размещении недостающих центров по утилизации транспортных средств, вышедших из эксплуатации.

**Методология и методы исследования.** Методологической основой работы является теория управления жизненным циклом и теория размещения применительно к транспортной отрасли. В работе использовались методы статистического анализа, теория центра масс, гравитационная модель Рейли.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. «Вытягивающая» модель жизненного цикла транспортных средств, предписывающая формирование требований этапа утилизации к предыдущим этапам жизненного цикла для его своевременной и эффективной реализации.

2. Структурная модель управления утилизационными мощностями при включении действующих утилизаторов в единую утилизационную систему и создания недостающих утилизационных мощностей для эффективного функционирования всей системы.

3. Методика размещения объектов системы утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств, которая основана на минимизации затрат на транспортировку отходов транспортных средств при учете критерия обеспеченности трудовыми ресурсами в малых и средних городах России.

**Степень достоверности результатов исследования** обеспечена применением надежных и апробированных методов, использованием достоверных исходных данных, аргументацией исключений и ограничений в процессе апробации этапов модели рационального размещения объектов утилизационной системы вышедших из эксплуатации транспортных средств на территории Российской Федерации.

**Апробация работы.** Основные положения и промежуточные результаты диссертационного исследования докладывались на конференциях: Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта» (Екатеринбург, УрФУ, 2019), Всероссийская научно-практическая конференция «Российские регионы в фокусе перемен» (Екатеринбург, УрФУ, 2019), 15-я Международная конференция по промышленному производству и металлургии (Нижний Тагил, IOP Publishing, 2021), II Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта» (Екатеринбург, УрФУ, 2020), Всероссийская научно-практическая конференция «Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения» (Красноярск, СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2021), Международная научно-практическая конференция «Translogistics-2021» (Екатеринбург, Уральская логистическая ассоциация, 2021), III Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта» (Екатеринбург, УрФУ, 2021), Международная научно-практическая конференция «Иннолог» (Екатеринбург, Уральская логистическая ассоциация, 2022), Международная научно-практическая конференция «Железнодорожный транспорт и технологии» (Екатеринбург, УрГУПС, 2022).

**Публикации.** Основные положения и результаты диссертационной работы отражены в 14 печатных работах, в том числе в трех, входящих в «Перечень изданий, рекомендованных ВАК для публикации результатов научных исследований».

**Структура диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 129 наименований. Основная часть работы изложена на 132 страницах машинописного текста, включающих 18 рисунков и 28 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Введение** содержит обоснование актуальности темы исследования, степень ее разработанности, цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы.

**В первой главе** дана оценка управления заключительным этапом жизненного цикла транспортных средств на территории России на основе анализа статистических данных возрастной структуры парка транспортных средств и анализа зарубежного опыта.

Анализ возрастной структуры показал, что большое количество транспортных средств, эксплуатируемых на территории России, потенциально находится на стадии выхода из эксплуатации. На 2021 г. 41,3 % автобусов и 43,9 % легковых автомобилей находятся в эксплуатации более 10 лет. Наибольшее количество транспортных средств, относящихся к городскому электрическому транспорту, – в состоянии перехода на заключительный этап жизненного цикла. Трамвайные вагоны и вагоны метрополитена в своей структуре имеют 56 % и 31 % парка старше 25 лет.

В Европе более 95 % транспортных средств, вышедших из эксплуатации, перерабатываются на специальных предприятиях. В странах Европейского союза (ЕС) выделяют 3 основные системы управления процессом утилизации транспортных средств (таблица 1).

Таблица 1 – Системы управления процессом утилизации транспортных средств на территории стран Европейского союза

№ системы	Ответственный за исполнение утилизации транспортных средств	Принцип создания системы утилизации
1	Государство	За счет утилизационных отчислений производителей и импортеров транспортных средств государству
2	Некоммерческая организация	За счет утилизационных отчислений производителей и импортеров транспортных средств государству
3	Производитель транспортного средства	Каждый производитель и импортер транспортного средства создает систему за свой счет

В России утилизацией транспортных средств занимаются частные компании, которые чаще всего осуществляют утилизацию небольшого спектра компонентов и материалов, не обеспечивая комплексности рециклинга и утилизации.

Несвоевременная реализация процесса утилизации транспортных средств несет серьезную нагрузку на экологию. Современное развитие транспортной отрасли обязует страну иметь собственную национальную систему утилизации транспортных средств, вышедших из

эксплуатации. Важной задачей является рациональное размещение всех объектов данной системы для осуществления эффективной организации заключительного этапа жизненного цикла транспортных средств.

**Во второй главе** определены функции заключительного этапа жизненного цикла при поставке транспортного средства по контракту жизненного цикла.

В России ежегодно увеличивается количество заключенных контрактов жизненного цикла в области транспорта (согласно 44-ФЗ). В ходе исследования было проанализировано 10 действующих контрактов жизненного цикла на закупку общественного транспорта для ГУП «Мосгортранс» на общую стоимость 104,14 млрд. руб. При анализе действующих контрактов жизненного цикла на поставку транспортных средств было выявлено, что в документации прописаны требования к поставляемому транспортному средству, условия проведения технического обслуживания и ремонтов, а этап утилизации не затрагивается.

Причиной отсутствия требований к утилизации транспортного средства по истечению КЖЦ является то, что исполнитель контракта не имеет технической возможности реализовать заключительный этап жизненного цикла в связи с отсутствием у производителей утилизационных мощностей. Заключить договор со сторонней организацией у исполнителя КЖЦ нет возможности, т.к. в случае с транспортным средством необходимо будет заключить ряд договоров с большим количеством организаций, занимающихся утилизацией разных видов материалов. Предприятий по утилизации транспортных средств полного цикла не существует. Если на сегодняшний день в контракт жизненного цикла прописать обязательную утилизацию транспортного средства, то производители откажутся от данного контракта в связи с отсутствием технологической возможности реализации заключительного этапа жизненного цикла.

Сегодня в транспортной отрасли России работает «выталкивающая» модель организации взаимодействия между производителем и эксплуатантом, которая приводит к долгосрочному удержанию парка транспортных средств на стадии эксплуатации (рисунок 1).

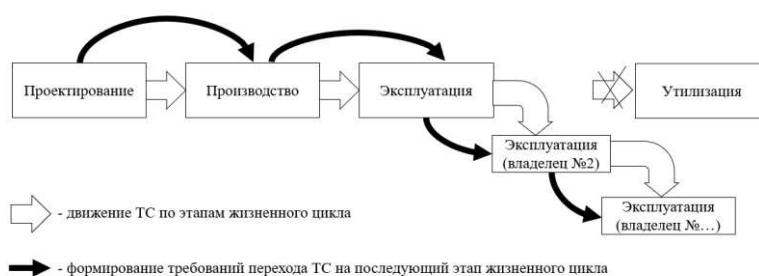


Рисунок 1 – «Выталкивающая» модель жизненного цикла транспортных средств

Заключительный этап при «выталкивающей» модели откладывается на длительное время, либо совсем не реализуется.

Подтверждением вышеприведённой информации являются созданные имитационные модели в программе AnyLogic на основании собранных данных с сервисов объявлений по продаже автомобилей. На рисунке 2 представлены имитационные модели перехода транспортных средств к последующему владельцу. По горизонтальной оси отображается номер владельца по счету. Вертикальная ось первой модели имеет разграничения по пробегу, а второй

модели – по сроку эксплуатации. Полученные разграничения образуют сетку, состоящую из областей в виде квадратов, характеризующих срок или пробег эксплуатации транспортного средства относительно номера владельца по счету. Области, имеющие в преобладании красный цвет, обозначают повышенное количество объявлений на данном этапе.

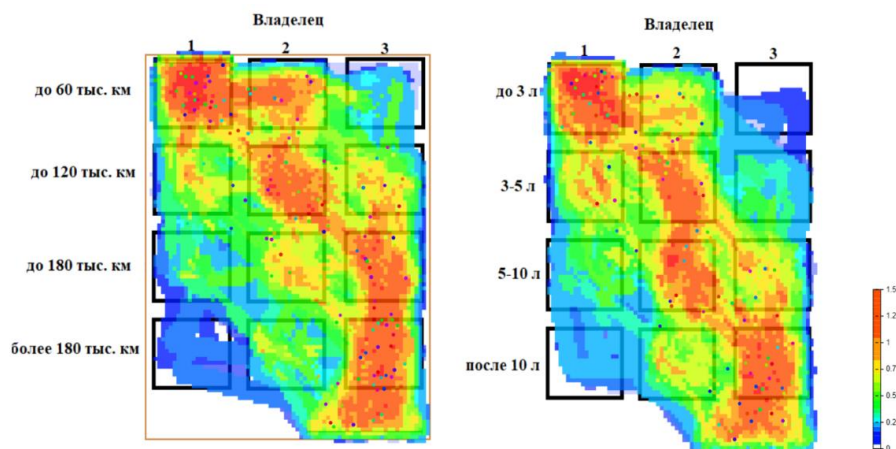


Рисунок 2 – Имитационные модели перехода транспортных средств по этапам жизненного цикла при «вытаскивающей» модели

С учетом наибольшего количества объявлений о продаже автомобилей со сроком эксплуатации более 10 лет и пробегом более 120 тыс. км. следует вывод, что действующие владельцы заинтересованы продать свое транспортное средство следующему владельцу, а не отправить его на утилизацию.

Предлагается использование «вытягивающей» модели (рисунок 3), которая предписывает формирование требований этапа утилизации к предыдущим этапам жизненного цикла для его своевременной и эффективной реализации.



Рисунок 3 – «Вытягивающая» модель жизненного цикла транспортных средств

Требования заключительного этапа жизненного цикла к этапам проектирования и производства транспортного средства заключается в том, чтобы при проектировании реализовывался принцип «равной долговечности», а производитель при производстве транспортного средства использовал материалы, детали и узлы, которые возможно безопасно и удобно утилизировать.

Основным требованием этапа утилизации к этапу эксплуатации транспортного средства при «вытягивающей» модели будет являться осуществление выхода транспортного средства из



этапа эксплуатации после достижения регламентированного временного периода или объема пройденных километров (пробега) транспортным средством в зависимости от того, какой критерий будет достигнут первым.

Для осуществления этапа утилизации в транспортной отрасли предполагается создание единой утилизационной системы (ЕУС) во главе с единым оператором. Единым оператором должна выступить созданная организация Публично-правовая компания «Оператор системы утилизации транспортных средств» (ППК «ОСУТС»), которая будет выполнять функции планирования и распределения отходов от транспортных средств между утилизационными мощностями по видам отходов и технологиям обращения. ППК «ОСУТС» призвана исключить возможность недозагруженности одних предприятий и перезагруженности других. Осуществление процесса утилизации транспортных средств по КЖЦ входит в обязанности его исполнителя; после передачи транспортных средств в пункты сбора ЕУС за организацию процесса утилизации транспортных средств ответственен единый оператор системы утилизации. На рисунке 4 представлен процесс реализации КЖЦ «to be».

Обеспечение выполнения процесса утилизации компонентов транспортных средств по КЖЦ при «вытягивающей» модели гарантируется исполнением обязанностей сторонами контракта, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Обязанности сторон контракта жизненного цикла при «вытягивающей» модели

№	Ответственный	Этапы жизненного цикла транспортных средств	Обязанности
1.	Исполнитель	Проектирование, производство	Проектирование и производство транспортных средств из материалов, поддающихся дальнейшей переработке
2.	ППК «ОСУТС»	Проектирование, производство	Сотрудничество с производителями в области принятия конструкторских решений для обеспечения дальнейшего процесса утилизации
3.	Заказчик	Эксплуатация	Принятие транспортных средств в эксплуатацию. Эксплуатация транспортных средств строго по плану-графику
4.	Исполнитель	Эксплуатация	Проведение планового технического осмотра в указанный срок
5.	Исполнитель	Эксплуатация	Передача замененных деталей по регламентируемому техническому обслуживанию в ППК «ОСУТС»
6.	ППК «ОСУТС»	Эксплуатация	Изъятие комплектующих для транспортных средств на дальнейшую утилизацию
7.	ППК «ОСУТС»	Эксплуатация	Утилизация комплектующих для транспортных средств
8.	Исполнитель	Переход от эксплуатации к заключительному этапу ЖЦ	Изъятие транспортных средств у заказчика после выхода из эксплуатации и его передача в пункт сбора ППК «ОСУТС» для дальнейшей утилизации
9.	ППК «ОСУТС»	Переход от эксплуатации к заключительному этапу ЖЦ	Принятие транспортных средств, вышедших из эксплуатации, от исполнителя КЖЦ
10.	ППК «ОСУТС»	Заключительный этап ЖЦ	Утилизация транспортных средств

# TO BE

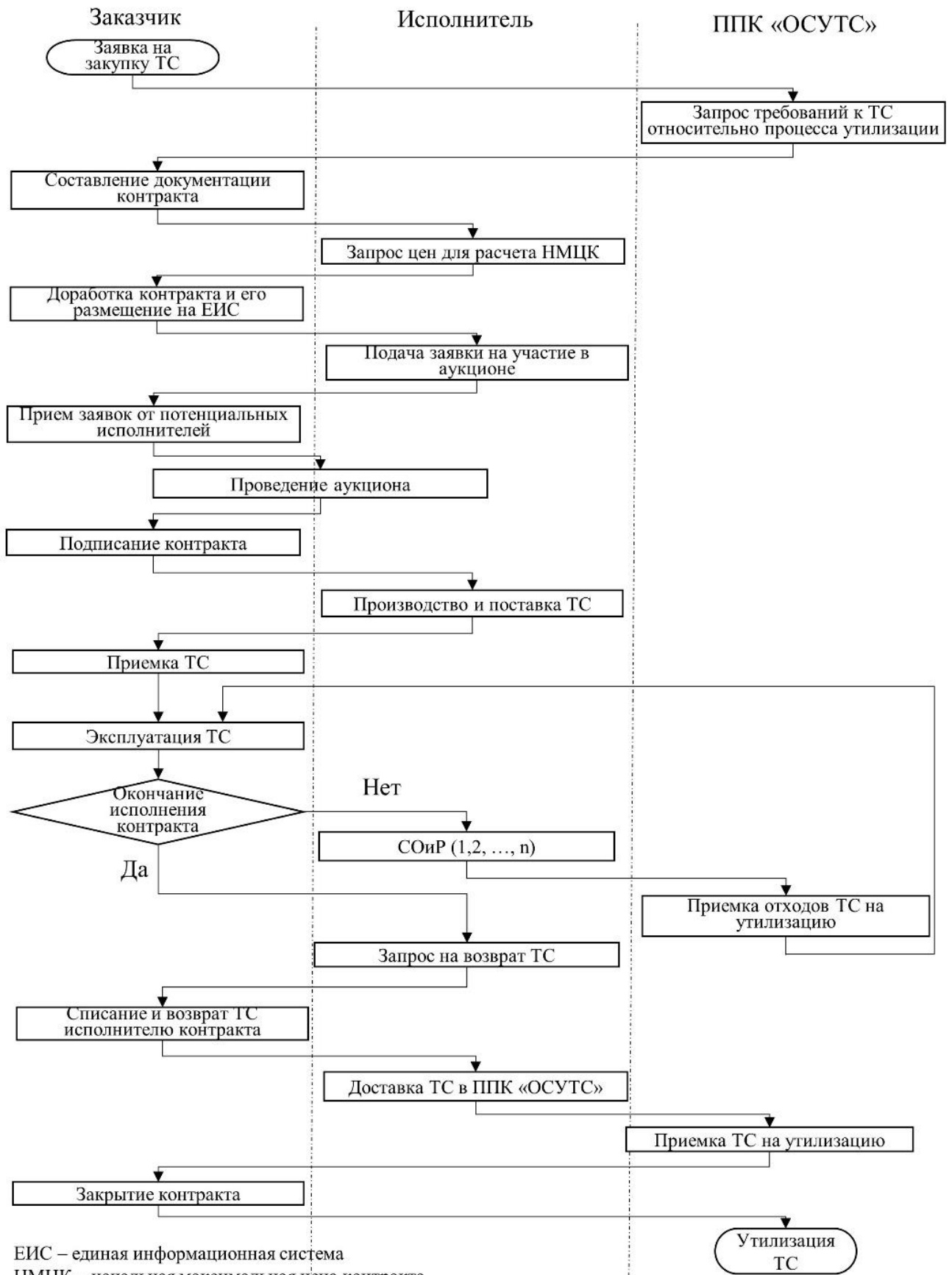


Рисунок 4 – Процесс реализации КЖЦ «to be»

Для расширения закупаемых транспортных средств по контракту жизненного цикла следует внести изменения в 44-ФЗ. Существующая редакция 44-ФЗ и Постановление правительства РФ №1087 не позволяет закупать транспортные средства в классическом исполнении: по контракту жизненного цикла закупаемые транспортные средства на сегодняшний день должны характеризоваться как «новые машины» (по ч. 16 ст. 34 ФЗ-44).

В третьей главе представлена структурная модель управления утилизационными мощностями, выявлены перспективы развития единой утилизационной системы и описаны методы создания недостающих утилизационных предприятий.

Первоначально ЕУС целесообразно создать для утилизации автобусов, трамвайных вагонов, троллейбусов, вагонов метрополитена и легковых автомобилей.

Структурная модель управления утилизационными мощностями состоит из двух этапов, представлена на рисунке 5.

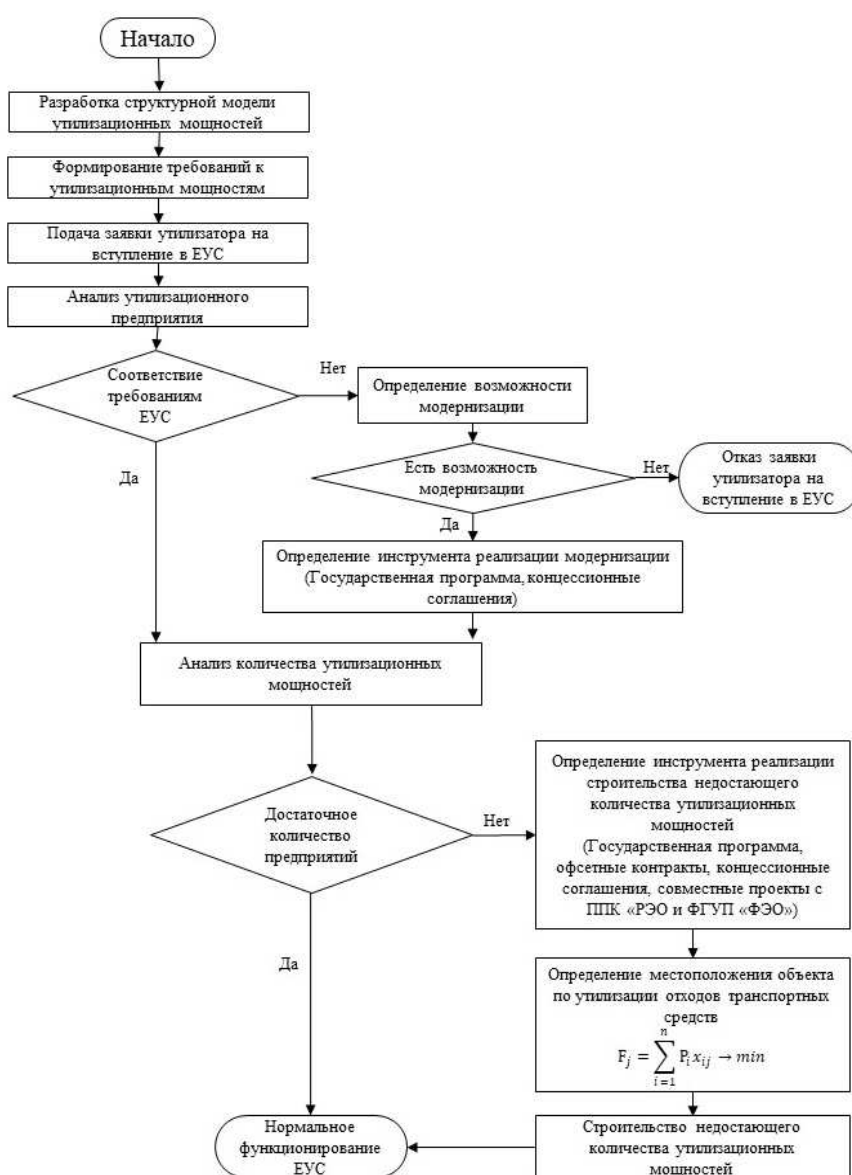


Рисунок 5 – Структурная модель управления утилизационными мощностями

На первом этапе происходит подписание соглашения сотрудничества между действующими утилизаторами и ППК «ОСУТС». Если утилизатор не соответствует требованиям ЕУС, то определяется возможность модернизации данного производства до необходимого уровня ЕУС. При подтверждении возможности модернизации предприятия по обращению с отходами до необходимого уровня будет представляться ряд методов для финансирования.

Основная цель 2 этапа заключается в оценке количества утилизационных мощностей для утилизации всех видов материалов транспортных средств, входящих в ЕУС в конкретный период времени. Если анализ количества утилизационных мощностей указывает на их недостаточное количество, то следует создать новые производства.

Следующие этапы управления утилизационными мощностями будут заключаться в постепенном включении всех видов транспортных средств в утилизационную систему, путем дозагрузки действующих утилизационных мощностей и создании недостающих мощностей на наиболее рациональной территории размещения.

Создание недостающих утилизационных предприятий для осуществления задач ЕУС по утилизации отходов транспортных средств может быть выполнено как за счет государственного бюджета, так и за счет привлечения частного бизнеса: применения офсетных контрактов и концессионных соглашений.

Создание ЕУС для утилизации отходов транспортных средств осуществима только в случае интеграции с двумя другими операторами (ППК «РЭО» и ФГУП «ФЭО») по утилизации. Необходимо разграничить зоны ответственностей между ППК «РЭО», ФГУП «ФЭО» и ППК «ОСУТС». ФГУП «ФЭО» будет заниматься утилизацией отходов I и II классов. Некоторые виды отходов транспортных средств могут быть утилизированы на предприятиях, контролируемых ППК «РЭО» (например, электронное и электрическое оборудование). Взаимосвязь утилизационных операторов также рассматривается и в связи с финансовыми сборами производителей и импортеров для утилизации отходов.

Утилизация отходов транспортных средств должна быть системной. Часть отходов может приносить доход для покрытия убыточных процессов. Подсчитано, что использование шредированных отходов в производстве стали способно сэкономить около 8550 руб. на 1 тонну, что составляет 17 % от средней стоимости стали на рынке. Создание ЕУС позволит утилизировать более 95 % всех транспортных средств, вышедших из эксплуатации с долей рециклинга отходов не менее 85 %.

Перспектива развития ЕУС заключается в том, что предполагается создание системы по организации работы утилизационных мощностей, необходимых для осуществления всего спектра технологий по обращению с отходами от транспортных средств. Единый оператор по утилизации транспортных средств (ППК «ОСУТС») создаст возможность реализации многоступенчатого технологического процесса путем распределения и передачи отходов транспортных средств в соответствующие утилизационные мощности.

**В четвертой главе** представлена методика размещения объектов утилизационной системы на территории России.

Для утилизации транспортных средств, вышедших из эксплуатации, предполагается создание утилизационных мощностей разного технологического назначения по группам материалов (таблица 3). Методика размещения объектов утилизационной системы основана на минимизации затрат на транспортировку отходов транспортных средств.

Утилизационные мощности общего назначения первоначально должны быть размещены в крупнейших городах страны и обеспечивать доступность для большинства граждан и компаний страны. Они имеют самую низкую производительность – 15-20 легковых автомобилей в сутки. По расчетам для своевременной утилизации легковых автомобилей на территории Российской Федерации необходимо иметь не менее 481 разборного пункта.

Промежуточные утилизационные мощности высокопроизводительны относительно остальных технологий обращения с отходами транспортных средств. Производительность операции дробления может иметь производительность до 400 тонн в час. На сегодняшний день на территории России функционирует 5 крупных шредеров (в Германии около 40 установок, в Англии – 30). Для обеспечения переработки вышедших из эксплуатации только легковых транспортных средств и загруженности всех остальных технологических процессов необходимо использовать не менее 11 шредерных установок с производительностью 60 т./ч.

Размещение утилизационных мощностей промежуточного назначения может быть реализовано в городах наибольшего скопления, что сократит издержки на транспортировку отходов транспортных средств до утилизационных мощностей специального назначения. Второй вариант размещения заключается в совместном расположении с утилизационными мощностями специального назначения.

Таблица 3 – Разграничения технологий обращения с отходами транспортных средств, вышедших из эксплуатации, на общие, промежуточные и специальные

№	Название участков	Описание технологии обращения с отходами ТС	Назначение утилизационных мощностей
1.	Пункт сбора	Сбор ТС, вышедших из эксплуатации	Общее
2.	Участок по первичной обработке ТС	- слив жидкостей; - демонтаж компонентов.	
3.	Участок по резке и прессованию	- резка; - прессование.	
4.	Цех по шредированию и сепарации	- дробление; - сепарация.	Промежуточное
5.1	Утилизационные центры по рециклингу	Перепроизводство материалов: - нефтепродукты; - аккумуляторы; - стекло; - пластик; - текстиль; - переплавка металла.	Специальное
5.2	Утилизационные центры по утилизации (ликвидации)	Утилизация (сжигание)	
5.3	Утилизационные центры по консервации	Консервация	

Недостающие утилизационные мощности специального назначения размещаются за пределами крупных городов с целью предотвращения ухудшения экологической нагрузки.

Определение рационального местоположения утилизационных мощностей специального назначения сводится к тому, чтобы определить населенный пункт, расположенный равнопотенциально между крупными городами, куда будут направляться компоненты транспортных средств для дальнейшей утилизации. На рисунке 6 представлен алгоритм определения рационального местоположения утилизационных мощностей.

Термин «потенциал» обозначает необходимый объем перевозок транспортных средств в шт.-км. для осуществления процесса утилизации. Потенциал конкретного города выражается в числовом значении: чем ниже потенциал города, тем он предпочтительнее с точки зрения размещения утилизирующих мощностей вблизи этого города относительно остальных. Определение местоположения утилизационных мощностей специального назначения по предлагаемой методике состоит из 4 этапов.

Первый этап направлен на группировку городов с численностью населения более 1 млн. человек. Группировка городов осуществляется по принадлежности к федеральным округам, каждая группа не должна содержать менее 2 городов. В Центральном федеральном округе рассматривается только один город – Воронеж, т.к. для обеспечения условия развития регионов страны следует ввести ограничение, которое исключает строительство недостающих утилизационных мощностей вблизи городов федерального значения. В таком случае город Воронеж будет относиться к группе близлежащего федерального округа (таблица 4).

Таблица 4 – Группировка городов с численностью населения более 1 млн. человек

Группа	Города
1	Воронеж – Волгоград - Ростов-на-Дону
2	Нижний Новгород – Казань - Самара
3	Уфа-Пермь - Екатеринбург - Челябинск
4	Омск-Новосибирск – Красноярск

Исключениями в соотношении городов по группам являются города Уфа и Пермь, т.к. если данные города отнести к группе №2, то первичный анализ полученной геометрической фигуры показывает, что территория размещения рационального местоположения утилизационного центра будет проходить вблизи г. Казани, что противоречит введенному ограничению. Также г. Уфа и г. Пермь находятся ближе к городам группы 3, поэтому перечисленные города являются исключением и будут относиться к центру №3.

Второй этап заключается в нахождении общего потенциала каждого города с численностью населения более 1 млн. человек.

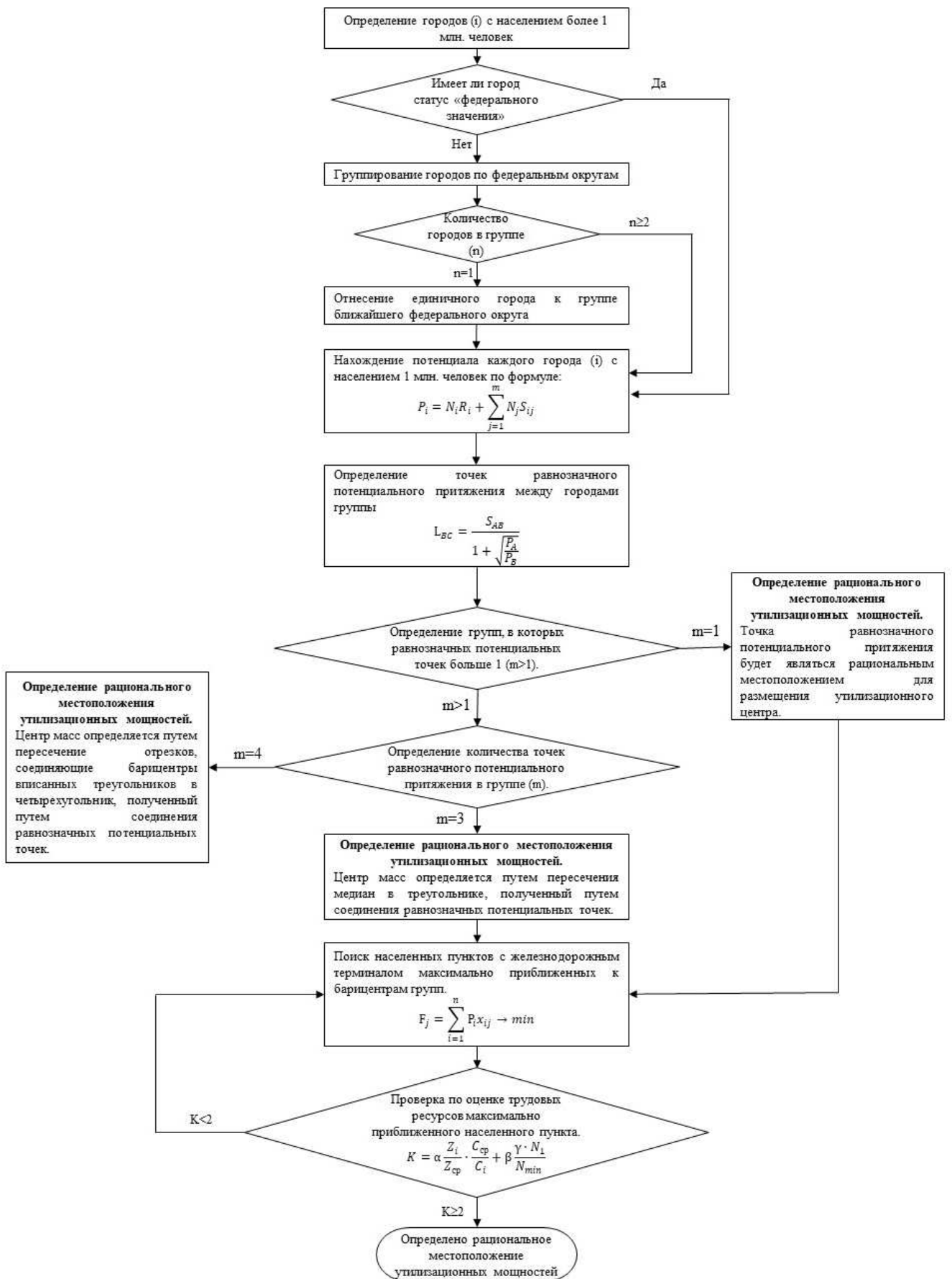


Рисунок 6 – Алгоритм определения рационального местоположения утилизационных мощностей

Математическая модель определения потенциалов городов наибольшего скопления транспортных средств:

$$P_i = N_i R_i + \sum_{j=1}^m N_j S_{ij}, \quad (1)$$

где  $P_i$  – потенциал  $i$ -го города, шт.-км.;  
 $N_i$  – количество транспортных средств в  $i$ -ом городе, шт.;  
 $N_j$  – количество транспортных средств в  $j$ -ом городе, шт.;  
 $R_i$  – самая отдаленная точка от центра « $i$ » города, км.;  
 $S_{ij}$  – расстояние от города, потенциал которого рассчитывается, к городу, относительно которого рассчитывается потенциал, км.;  
 $i$  – номер города, потенциал которого рассчитывается;  
 $j=1, \dots, m$  – множество городов, относительно которых рассчитывается потенциал.  
 Третий этап заключается в определении точки равнозначного потенциального притяжения города к городу в группе. Точка равнозначного потенциального притяжения города к городу в группе определяется адаптированной математической моделью Рейли.

Точка равнозначного потенциального притяжения города к городу в группе:

$$L_{BC} = \frac{S_{AB}}{1 + \sqrt{\frac{P_A}{P_B}}}, \quad (2)$$

где  $L_{BC}$  – расстояние от города  $B$  до расположения равнозначной потенциальной точки  $C$  на отрезке, соединяющий два города  $A$  и  $B$  в группе, км.;

$S_{AB}$  – расстояние между двумя населенными пунктами в группе, км.;

$P_A, P_B$  – потенциалы общих близлежащих городов, шт.-км.

В качестве примера рассмотрим группу №3 (Пермь – Уфа – Екатеринбург – Челябинск). Равнозначные потенциальные точки относительно потенциалов городов группы будут находиться на отрезках, соединяющих эти города. В таблице 5 приведены данные по расчету равнозначных потенциальных точек в группе №3.

Таблица 5 – Данные по расчету равнозначных потенциальных точек в группе №3

Наименование равнозначной потенциальной точки	Расстояние между двумя населенными пунктами в группе ( $S_{AB}$ ), км.	Потенциал города «А» ( $P_A$ ), шт.-км. · 10 <sup>10</sup>	Потенциал города «В» ( $P_B$ ), шт.-км. · 10 <sup>10</sup>	Расстояние от города «В» до точки «С» ( $L_{BC}$ ), км.
Уфа – Пермь	368	1,12	1,11	183,9
Екатеринбург – Пермь	294	1,26	1,11	142,5
Челябинск – Екатеринбург	192	1,34	1,26	94,6
Челябинск – Уфа	353	1,34	1,12	168,5

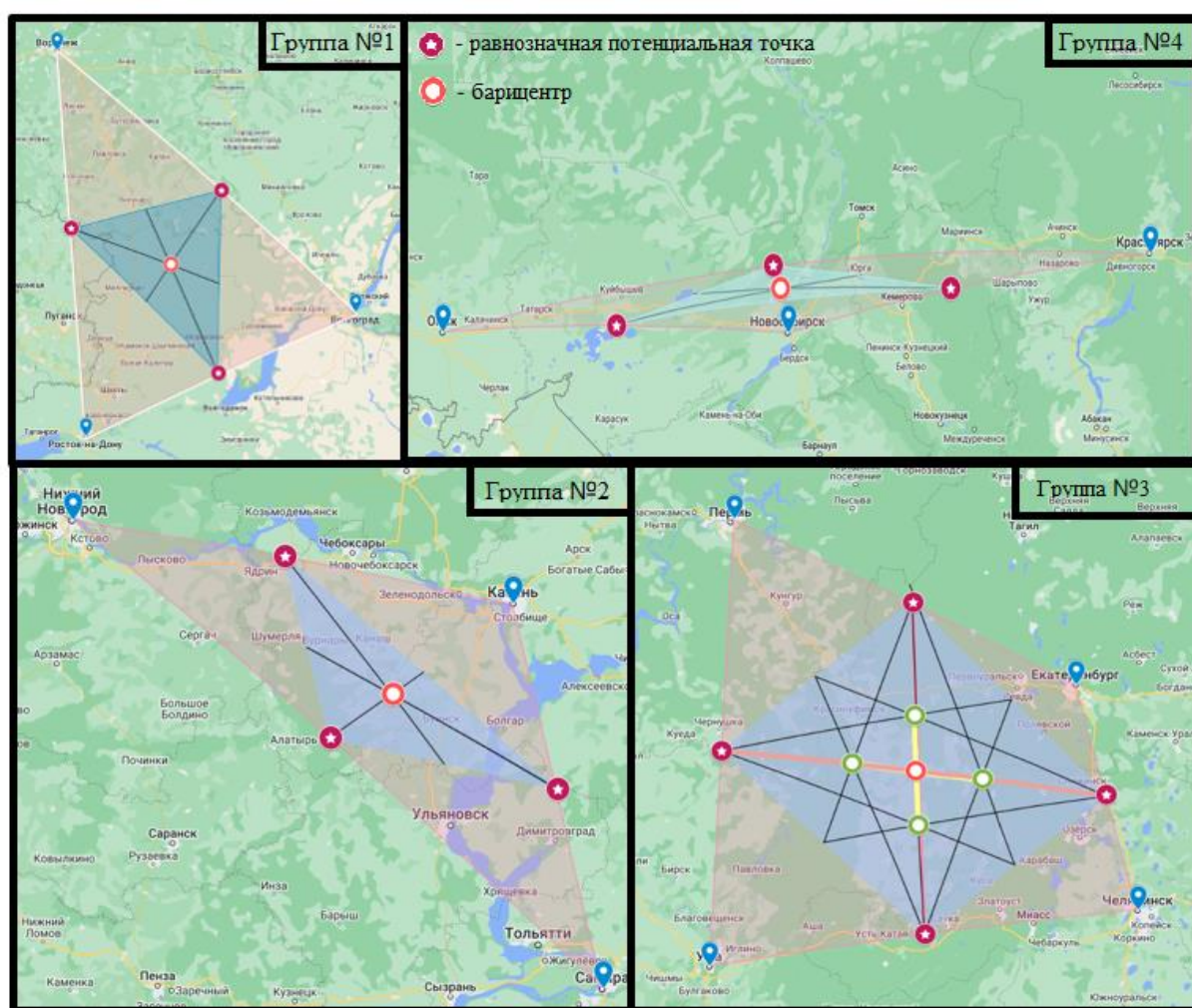


В дальнейшем будет рассматриваться треугольник, полученный путем соединения равнозначных потенциальных точек.

Четвертый этап. Определение барицентра и поиск наиболее приближенных железнодорожных транспортных пунктов к полученному барицентру.

Рациональным местоположением утилизационного центра в каждой группе будет являться город, максимально территориально приближенный к барицентру группы и имеющий железнодорожный грузовой терминал. Барицентр в данном случае является равноудаленной точкой от городов в группе относительно массы потенциала каждого города.

Барицентр находится с помощью построений. В геометрической фигуре «треугольник» центр масс находится на пересечении медиан. На рисунке 7 изображены построения для нахождения барицентров групп №2 и №3.



Заключением 4 этапа является поиск населенных пунктов с железнодорожным транспортным терминалом, максимально приближенных к барицентрам групп. В таблице 6 приведены города, приближенные к барицентрам групп, имеющие железнодорожные транспортные пункты.

Таблица 6 – Города, приближенные к барицентрам групп, имеющие железнодорожные транспортные пункты

№	Группа городов	Города максимально приближенные к барицентру группы, имеющие железнодорожный транспортный пункт	Города, занимающие второе место по приближенности к барицентру группы, имеющие железнодорожные транспортные пункты	Отношение расстояния между ближайшими городами до барицентра группы
1	Воронеж – Волгоград – Ростов-на-Дону	Россошь	Лиховской	0,70
2	Нижний Новгород – Казань – Самара	Канаш	Чебоксары	0,26
3	Уфа-Пермь – Екатеринбург – Челябинск	Красноуфимск	Миасс	0,40
4	Омск – Новосибирск – Красноярск	Томск	Кемерово	0,83

В 4 группе города Томск и Кемерово не подходят под условие развития малых и средних городов. Близлежащим средним городом относительно барицентра группы №4 является Ленинск-Кузнецкий. Рациональным местоположением построения утилизационного центра для группы №4 будет г. Ленинск-Кузнецкий с численностью населения 93288 человек.

С помощью описанной методики были выявлены города, которые относят к моногородам России (Россошь, Канаш и Ленинск-Кузнецкий).

Целевая функция определения рационального местоположения:

$$F_j = \sum_{i=1}^n P_i x_{ij} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $P_i$  – потенциал «i» города, шт.-км.;

$i$  – номер города с населением более 1 млн. человек;

$j$  – номер города, потенциально подходящий под требования для размещения утилизационных центров;

$x_{ij}$  – расстояние от «i» города с населением более 1 млн. человек к «j» городу, который потенциально подходит под требования для размещения утилизационных центров, км.

Заключительным этапом является проверка возможности создания утилизационных центров в выявленных городах с помощью оценки параметра трудовых ресурсов этих городов через расчет коэффициента трудовых ресурсов «K».

Формула расчета коэффициента трудовых ресурсов «K»:

$$K = \alpha \frac{Z_i}{Z_{cp}} \cdot \frac{C_{cp}}{C_i} + \beta \frac{Y \cdot N_1}{N_{min}}, \quad (4)$$

где  $Z_i$  – модальная заработная плата регионе «i», руб.;

$Z_{cp}$  – средняя заработная плата по региону, руб.;

$C_i$  – средняя стоимость квадратного метра жилья в регионе, руб.;

$C_{cp}$  – средняя стоимость квадратного метра жилья в России, руб.;

$\gamma$  – коэффициент запаса;

$N_1$  – количество безработных человек за 2021 г., чел.;

$N_{min}$  – необходимое количество работников утилизационного центра, чел.;

$\alpha, \beta$  – поправочные коэффициенты.

Количество безработных человек:

$$N_1 = N_i \cdot \mu \cdot \lambda, \quad (5)$$

$N_i$  – количество человек, проживающих в городе «i», чел.;

$\mu$  – уровень безработицы в регионе;

$\lambda$  – доля рабочей силы в возрасте 22 лет и старше с высшим или средним образованием в регионе.

Коэффициент запаса:

$$\gamma = \frac{D_2 + D_3 + D_4}{D_1}, \quad (6)$$

где  $D_1$  – уровень безработицы населения в регионе за 2021 г.;

$D_2$  – уровень безработицы населения в регионе за 2020 г.;

$D_3$  – уровень безработицы населения в регионе за 2019 г.;

$D_4$  – уровень безработицы населения в регионе за 2018 г..

Ограничения при  $\alpha=1, \beta=1$ :

$$\frac{Z_i}{Z_{cp}} \cdot \frac{C_{cp}}{C_i} > 1; \frac{\gamma \cdot N_1}{N_{min}} > 1; K > 2, \quad (7)$$

В случае применения поправочных коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  вводятся два новых ограничения:

$$\alpha + \beta = 1; K > 1, \quad (8)$$

Расчет показателя «К» для построения утилизационного центра с численностью 1500 человек в г. Канаш составляет 3,14, что подтверждает целесообразность создания утилизационного центра для группы №2 в г. Канаш. При расчете оба слагаемых больше 1, что удовлетворяет условию по ограничениям. Расчетный показатель «К» превышает минимальное значение, что говорит о надежности обеспечения предприятия по утилизации трудовыми ресурсами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К основным результатам диссертационного исследования относятся следующие положения.

1. Проведенный анализ возрастной структуры парка транспортных средств и системы утилизации выявил, что на территории Российской Федерации 43,9 % легковых автомобилей, 41,3 % автобусов, 56 % трамвайных вагонов и 31 % вагонов метрополитена находятся на стадии выхода из эксплуатации, при этом количества утилизационных мощностей для своевременной утилизации недостаточно.

2. В результате расчетов установлено, что для обеспечения нормального функционирования единой утилизационной системы на данном этапе необходимо иметь 481 пункт приема и разборки транспортных средств, а также 11 шредерных предприятий с средней

производительностью 60 т./ч. Количество утилизационных мощностей специального назначения будет рассчитано после включения действующих утилизаторов в единую утилизационную систему.

3. Анализ практики применения КЖЦ показал, что действующие контракты включают в себя выполнение обязательств только по двум этапам жизненного цикла (производство и техническое обслуживание). Этап проектирования отсутствует в связи с существующей готовой проектной документацией. В действующих КЖЦ отсутствует требование по утилизации транспортных средств после их выхода из эксплуатации. Нормативно-правовая база (ФЗ №44 и Постановление РФ №1087 от 28.11.2013 г.), регламентирующая КЖЦ, не позволяет заключать КЖЦ на поставку транспортных средств в классическом исполнении, что сдерживает применение контрактов данного вида.

4. Предложена «Вытягивающая» модель взаимодействия заказчика и исполнителя по контракту жизненного цикла как элемента инфраструктуры транспортной системы страны, позволяющая сформировать требования финального этапа жизненного цикла транспортных средств к предыдущим этапам жизненного цикла. «Вытягивающую» модель предлагается применить при закупке общественного транспорта по контракту жизненного цикла.

5. ППК «ОСУТС» в КЖЦ при «вытягивающей» модели организации взаимодействия исполнителя и заказчика позволит управлять жизненным циклом закупаемого транспорта, а также реализовать все этапы жизненного цикла.

6. Разработана структурная модель управления утилизационными мощностями, позволяющая включать действующие утилизационные мощности в единую утилизационную систему и создавать новые необходимые предприятия для осуществления своевременной утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств. В результате нормального функционирования единой утилизационной системы будут достигнуты целевые показатели по утилизации, рециклингу и захоронению на полигоне отходов вышедших из эксплуатации транспортных средств. Не менее 95 % отходов транспортных средств должны быть утилизированы, из которых не менее 85 % будут подвержены процессу рециклинга, а 10 % могут быть утилизированы в качестве вторичных энергетических ресурсов. Не более 5 % отходов транспортных средств от общей массы будут переданы на захоронение и консервацию. Выполнение целевых показателей ожидается до 2035 года.

7. Предложены инструменты создания недостающих утилизационных мощностей: офсетные контракты, концессионные соглашения, создание утилизационных мощностей на основе ППК «РЭО» в рамках обеспечения задач национального проекта «Экология» и государственной программы по достижению национальной цели развития России до 2030 года «Комфортная и безопасная среда для жизни».

8. Разработана методика размещения объектов утилизационной системы, которая основана на минимизации затрат на транспортировку отходов транспортных средств. В методику размещения входит математическая модель по нахождению потенциала города, отражающего количество и дальность нахождения транспортных средств в других городах и количество транспортных средств в данном городе. В методике используется адаптированная

гравитационная модель Рейли под требуемые условия задачи. Заключительным этапом определения размещения утилизационного объекта является оценка параметра трудовых ресурсов по математической модели расчета коэффициента «К», значение которого должно быть больше 2 по принятым ограничениям. По разработанной методике определено, что строительство недостающих утилизационных мощностей на территории Российской Федерации следует осуществлять в четырех городах – Росошь, Канаш, Красноуфимск и Ленинск-Кузнецкий.

**Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы** заключаются в развитии единой утилизационной системы для рециклинга и утилизации всех видов вышедших из эксплуатации транспортных средств и стоимостной оценке создания и строительства утилизационных мощностей. Также предлагается адаптировать предложенную «вытягивающую» модель в сегменте рынка B2B.

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов для опубликования основных научных результатов диссертаций:**

1. Амосов, Н. А. Применение контрактов жизненного цикла в транспортной отрасли: проблемы и перспективы / Н. А. Амосов, Е. Ю. Кузнецова // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1(53). – С. 92–101. – DOI 10.20291/2079-0392-2022-1-92-101.

2. Амосов, Н. А. Организация единой утилизационной системы для транспортных средств на территории России / Н. А. Амосов, Е. Ю. Кузнецова // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2(54). – С. 93–107. – DOI 10.20291/2079-0392-2022-2-93-107.

3. Амосов, Н. А. "Вытягивающая" модель взаимодействия участников контракта жизненного цикла транспортных средств / Н. А. Амосов, Е. Ю. Кузнецова // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2022. – Т. 19. – № 4(86). – С. 524–535. – DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-4-524-535.

**В изданиях, входящих в международные базы данных Scopus:**

4. Comprehensive Disposal of Decommissioned Vehicles / E. Kuznetsova, V. Parshina, A. Markina, N. Amosov // Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 54. – P. 362–369. – DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.083.

5. Optimization of Locating of Recycling Facilities for Vehicles in the Region / E. Kuznetsova, A. Markina, N. Amosov, V. Parshina // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – Vol. 1115. – P. 218–232. – DOI 10.1007/978-3-030-37916-2\_23.

6. Peculiarities of the foreign manufactures cars recycling in Russia / E. Y. Kuznetsova, N. A. Amosov, O. O. Podoliak, M. A. Zykova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Sevastopol, 2020. – P. 052013. – DOI 10.1088/1757-899X/971/5/052013.

7. Utilization aspects in a life cycle contract (the example of public transport in Russia) / N. A. Amosov, E. Y. Kuznetsova, M. A. Prilutskaya, G. R. Kukushkina // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – P. 012098. – DOI 10.1088/1757-899X/966/1/012098.

**Другие публикации по теме диссертационного исследования.**

8. Амосов, Н.А. Перспектива утилизации транспортных средств, вышедших из эксплуатации, в системе экотехнопарков / Н.А. Амосов, А. А. Блажкун // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта : сборник статей, Екатеринбург, 03 декабря 2021 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2022. – С. 128–129.

9. Амосов, Н.А. Начальный этап создания единой утилизационной системы транспортных средств / Н.А. Амосов, Е. Ю. Кузнецова, И. М. Еналеева-Бандура // Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 22 октября 2021 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2021. – С. 56–60.

10. Амосов, Н.А. Развитие транзитных путей и утилизационная система транспортных средств / Н. А. Амосов // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта: сборник статей, Екатеринбург, 16 декабря 2020 года / Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2021. – С. 57–59.

11. Амосов Н.А. Применение контракта жизненного цикла в транспортной отрасли / Н.А. Амосов, Е. Ю. Кузнецова // Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 22 октября 2021 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2021. – С. 168–172.

12. Амосов, Н.А. Электромобили в утилизационной системе транспорта / Н. А. Амосов, Е.Ю. Кузнецова // Современная техника и технологии в электроэнергетике и на транспорте: задачи, проблемы, решения : сборник трудов IV Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции научных, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов, Челябинск, 20 февраля 2020 года / Южно-Уральский технологический университет. – Челябинск: Южно-Уральский технологический университет, 2020. – С. 106–111.

13. Амосов, Н.А. Проблемы управления жизненным циклом транспортных средств в концепции устойчивого развития / Н. А. Амосов, Т. Албаша, Е. Ю. Кузнецова // Российские

регионы в фокусе перемен : Сборник докладов XIV Международной конференции, Екатеринбург, 14–16 ноября 2019 года. – Екатеринбург: ООО "Издательство УМЦ УПИ", 2020. – С. 20–24.

14. Амосов, Н.А. Система вторичного использования отходов транспортных средств / Н. А. Амосов, Е. Ю. Кузнецова // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта, Екатеринбург, 06 декабря 2019 года / Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2020. – С. 97–99.

#### **ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРА**

Основные положения и результаты исследований получены автором самостоятельно. Личный вклад автора в работах [1, 2, 3] заключается в следующем: формирование понятия «вытягивающая модель взаимодействия заказчика и исполнителя по контракту жизненного цикла»; предложение структурной модели управления утилизационными мощностями единой утилизационной системы; разработка методики размещения объектов единой утилизационной системы по их назначению.

Амосов Никита Андреевич

**РАЗМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ  
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В РАМКАХ КОНТРАКТА ЖИЗНЕННОГО  
ЦИКЛА**

Специальность 2.9.1. – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте (технические науки)

Подписано в печать 06.10.2023. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 1,4 Заказ 852 Тираж 100 экз.

УрГУПС

620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66