

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

**ЧЕЧУЕВ ВАСИЛИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ**

**МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ПАРКА МАШИН  
КРУПНОЙ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

05.05.04 — Дорожные, строительные и  
подъемно-транспортные машины

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель —  
доктор техн. наук, профессор  
С.В. Репин

Санкт-Петербург — 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Принятые сокращения .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	6
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ПАРКОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН .....	11
1.1. Разработка требований к методике формирования оптимальных парков строительных машин .....	11
1.2. Анализ методов многокритериальной оптимизации, реализуемых на общедоступных программных средствах .....	14
1.3. Анализ исследований по расчету технико-экономических показателей, влияющих на процессы формирования парков строительных машин .....	16
1.4. Анализ исследований по ресурсу строительных машин .....	20
1.5. Анализ работ по формированию и оптимизации ПМ по различным критериям .....	23
1.6. Анализ практики применения лизинга и кредита при формировании парков машин .....	27
1.7. Цели и задачи диссертационной работы .....	34
Выводы по первой главе .....	35
ГЛАВА 2. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЗАМЫСЕЛ РАБОТЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПСМ .....	36
2.1 Научно-методический замысел работы .....	36
2.2 Анализ состояния парка строительных машин в России .....	39
2.3 Анализ производства и продажи транспортно-технологических машин в Россию .....	45
2.4 Исследование рейтинга потребительских качеств ТТМ .....	75
Выводы по второй главе .....	83
ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПСМ .....	87
3.1. Теоретические исследования. Разработка математической модели многопараметрической оптимизации ПСМ .....	87
3.2. Экспериментальные исследования .....	90
Выводы по третьей главе .....	124
ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРКА	

СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ВНЕДРЕНИЕ .....	126
4.1. Разработка методики оптимизации состава парка машин .....	126
4.2. Практическая реализация методики, внедрение, экономическая эффективность .....	137
Выводы по 4 главе .....	141
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ВЫВОДЫ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ .....	143
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	145
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	153
Приложение 1. Публикации Чечуева В.Е. ....	153
Приложение 2. Формульный вид таблицы Excel с расчетом целесообразности покупки машин со сроком эксплуатации и проведения капитального ремонта.....	155
Приложение 3. Терминология .....	156

## Принятые сокращения

БЭС	–	большой энциклопедический словарь
ГОСТ	–	государственный стандарт
ЕО	–	ежедневное обслуживание
ЖЦ	–	жизненный цикл
ЗЧ	–	запасная часть
ИТС	–	инженерно-техническая служба
КВ	–	капитальные вложения
Кг	–	коэффициент готовности
КР	–	капитальный ремонт
Кти	–	коэффициент технического использования
Кэ	–	коэффициент сохранения эффективности
МТО	–	материально-техническое обеспечение
МТС	–	материально-технические средства
НР	–	неплановый ремонт
ПО	–	программное обеспечение
ПМ	–	парк машин
ПС	–	предельное состояние
ПСМ	–	парк строительных машин
ПЭБ	–	производственно-эксплуатационная база
ПЭСМ	–	предприятие по эксплуатации строительных машин
РП	–	ремонтный пост
СЖО	–	система жизнеобеспечения
СМ	–	строительная машина
СО	–	сезонное обслуживание
СТЭ	–	система технической эксплуатации
ТО	–	техническое обслуживание
ТОБ	–	технический объект

ТОиР	–	техническое обслуживание и ремонт
ТР	–	текущий ремонт
ТС	–	техническое состояние
ТТМ	–	транспортно-технологические машины
ТЭ	–	техническая эксплуатация
УМ	–	управление механизации
УС	–	утилизационный сбор

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Актуальность темы исследования**

Последние годы наблюдается увеличение объёмов строительства, особенно транспортного. Так, в 2020-ом году количество объектов только дорожного строительства выросло на 14% [23]. Эти факты свидетельствуют об успешном выполнении постановлений Правительства и указов Президента Российской Федерации [15, 97].

Однако, в настоящее время наблюдается несоответствие между грандиозными планами строительства, в главной степени дорожного, и освоения Арктической зоны РФ, и высокой степенью износа парка строительных машин, составляющей 50%. Степень обновления парка строительной техники примерно в два раза меньше нормативной (12%), и поэтому парк строительных машин (ПСМ) остается старым, неэффективным, несущим большие издержки на эксплуатацию и ремонт [105, 106, 110].

Вследствие отсутствия инженерных методик оптимального формирования ПСМ каждое предприятие самостоятельно решает и вопросы формирования парков техники. Отсюда нерациональное расходование материальных ресурсов, низкий уровень работоспособности машин.

Поэтому разработка научных методов обоснования состава парка машин, позволяющих проводить реновацию с максимальной эффективностью и при минимальных капитальных вложениях, представляется особенно актуальной.

### **Степень разработанности темы**

Имеется большое количество трудов, посвященных вопросам реновации парков оборудования, разработано много различных методик. Так, теоретической базой формирования ПСМ и повышения его эффективности служат разработки ученых в областях: обновления парков машин (Л.Л. Вегер, Р.Н. Колегаев, Cohrs Н.Н.) [41, 119]; оптимизации сроков службы (Л.Л. Вегер, Р.М. Петухов, А.И. Селиванов, Y. Yamazaki, Craig D.A.) [65, 81, 120, 123]; эффективности применения машин (С.И. Абрамов, В.И. Баловнев, М.И. Грифф,

Е.И. Зайцев, В.С. Лукинский, С.Е. Канторер, А.П. Ковалев, S.K. Subramaniam, W. Miszczuk) [3, 21, 35, 40, 121, 124]; обеспечения работоспособности строительных машин (О.А. Бардышев, П.В. Дружинин, С.А. Евтюков, В.А. Зорин, Б.Г. Ким, Ю.А. Корытов, И.А. Луйк, С.Е. Максимов, С.Н. Николаев, А.Н. Новиков, С.В. Репин, А.В. Рубайлов, Shao-Fei Jiang) [6, 11, 24, 37, 49, 56, 122].

Наиболее полное решение задачи с точки зрения теоретической и практической значимости было получено учеными кафедры наземных транспортно-технологических машин СПбГАСУ и реализовано в программной среде Excel. Методика оптимизации ПМ подробно описана в монографии коллектива авторов кафедры наземных транспортно-технологических машин СПбГАСУ [56].

При все своих положительных качествах Методика имеет теоретический характер. Чтобы придать ей большее прикладное значение Методику следует доработать, включив в нее комплекс показателей управления парком машин, дополнив учетом влияния актуальных факторов на процессы формирования ПМ, таких как утилизационный сбор, меняющиеся темпы инфляции.

**Цель диссертационной работы** – разработка методики многопараметрической оптимизации ПСМ в меняющихся условиях эксплуатации, учитывающей условия формирования главной характеристики парка машин – наработки и обеспечивающей сравнительную оценку вариантов оптимизации ПСМ.

**Объект исследования** – парк строительных машин.

**Предмет исследования** – процессы формирования наработки ПСМ, показателей надежности и эффективности.

**Задачи диссертационной работы**

- анализ состояния, динамики и тенденций развития парка строительных машин в РФ.
- исследование рейтинга потребительских качеств строительных машин.

- разработка математической модели многопараметрической оптимизации ПСМ на основе показателей надежности и эффективности.
- разработка математической модели формирования операционного времени работы ПСМ.
- разработка математической модели расчета коэффициента сохранения эффективности, как основной целевой функции оптимизации ПСМ.
- разработка математических моделей процессов, описывающих условия эксплуатации и влияющих на формирование ПСМ.
- разработка методики многопараметрической оптимизации ПСМ.

#### **Научная новизна заключается в**

- получении результатов анализа состояния, динамики, тенденций развития парка строительных машин в РФ и рейтинга потребительских качеств строительных машин.
- разработке математической модели многопараметрической оптимизации ПСМ, учитывающей современные тенденции развития парка строительных машин в РФ, предусматривающая оптимизацию по целевым функциям различной направленности.
- разработке математической модели расчета операционного времени работы ПСМ, отражающей влияние различных видов эксплуатации.
- разработке математической модели расчета коэффициента сохранения эффективности, учитывающей операционное время работы машины на объектах, их характеристики и возраст.
- разработке математических моделей процессов, описывающих условия эксплуатации и влияющих на формирование ПСМ.
- разработке методики многопараметрической оптимизации ПСМ.

#### **Теоретическая значимость работы**

Теоретическая значимость заключается в разработке математической модели многопараметрической оптимизации ПСМ, учитывающей современные тенденции развития парка строительных машин в РФ и предусматрива-

ющей оптимизацию по целевым функциям, основанным на показателях надежности и эффективности.

### **Практическая значимость работы**

Практическая значимость заключается в разработке инженерной методики многопараметрической оптимизации ПСМ по заданной производственной программе и требуемой целевой функции с учетом современных тенденций развития парка строительных машин, реализуемой в программной среде Excel. Практическая значимость диссертационной работы подтверждена актами внедрения в ООО «Севердорстрой» и использования в учебном процессе в СПбГАСУ. Практические результаты исследования могут быть использованы строительными предприятиями в целях эффективного управления парками машин.

### **Методология и методы исследования**

Теоретические исследования выполнялись на основе применения методов математического моделирования процессов формирования и оптимизации ПСМ, в том числе статистических методов оценки динамики показателей состояния ПСМ и рынка строительной техники, методов нелинейного программирования динамических моделей.

### **Положения, выносимые на защиту**

- математическая модель многопараметрической оптимизации ПСМ, предусматривающая оптимизацию по целевым функциям, основанным на показателях надежности и эффективности.
- математическая модель расчета операционного времени работы ПСМ, отражающая влияние различных видов эксплуатации и срок службы машин.
- математическая модель расчета коэффициента сохранения эффективности, учитывающая операционное время работы машин, их характеристики и возраст.
- результаты анализа состояния, динамики, тенденций развития парка строительных машин в РФ и рейтинга потребительских качеств строительных

машин.

- математические модели процессов, описывающих условия эксплуатации и влияющих на формирование ПСМ.
- методика многопараметрической оптимизации ПСМ.

### **Степень достоверности**

Степень достоверности результатов исследований обеспечивается применением фундаментальных положений теории надежности, методов математического моделирования и современных вычислительных методов и подтверждается сходимостью результатов исследований с результатами других авторов.

**Область исследования** соответствует паспорту научной специальности 05.05.04 - Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, п. 2 - Методы моделирования, прогнозирования, исследований, расчета технологических параметров, проектирования, испытаний машин, комплектов и систем, исходя из условий их применения; п. 5 – Методы повышения долговечности, надежности и безопасности эксплуатации машин, машинных комплектов и систем.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационного исследования докладывались на 72-й, 73-й и 74-й научных конференциях профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета (г. Санкт-Петербург, СПбГАСУ, 2016, 2017, 2018 гг.); 69-й, 70-й, 73-й, 74-й межвузовских научно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы современного строительства» (г. Санкт-Петербург, СПбГАСУ, 2016, 2020, 2021 гг.); 71-й, 72-й всероссийских научно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы современного строительства» (г. Санкт-Петербург, СПбГАСУ, 2018, 2019 гг.); Contemporary Problems of Architecture and Construction. Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction (ICCPAC-2020), November 25-26,

2020, Saint Petersburg, Russia.

### **Публикации**

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 9 печатных работах на 3,88 п. л., в числе которых 4 статьи в рецензируемых журналах и изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, 1 статья в изданиях, индексируемых в базе данных Скопус, 3 статьи в сборниках тезисов и докладов научных конференций и других изданиях, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

### **Структура и объем диссертационной работы**

Работа состоит из: введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Диссертация изложена на 159 страницах основного текста, содержит 118 рисунков, 11 таблиц, 7 страниц приложений. Библиографический список литературы включает 126 наименований.

## **ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ПАРКОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

### **1.1. Разработка требований к методике формирования оптимальных парков строительных машин**

С формирования парка машин (ПМ) и оборудования начинается создание любого производственного предприятия. Основным критерием оптимальности ПМ является его эффективность, которая определяется как отношение результата деятельности к затраченным ресурсам. В экономическом аспекте результатом выступает прибыль, а эффективность – уровнем рентабельности [56].

Существуют сотни методик формирования и оптимизации парков машин. И все они в конечном итоге направлены на повышение эффективности ПМ. Для сокращения объема анализируемых предшествующих работ рассмотрим

ограничения сферы исследований настоящей диссертации по указанной теме: «Методика формирования парка машин крупной дорожно-строительной организации».

Под термином «формирование парка машин» подразумевается выполнение расчета количественного и качественного состава ПМ, отвечающего предъявляемым требованиям, а именно:

- количественный состав должен обеспечивать выполнение заданного объема работ в планируемый период времени;
- качественный состав должен отвечать заданным критериям качества, выраженным конкретными вычисляемыми показателями, например, коэффициентом готовности, вероятностью безотказной работы, коэффициентом сохранения эффективности.

Количественный состав определяется производственной мощностью ПМ, выраженной в единицах объема выполненных работ в заданный период времени, например, куб.м/год, тонно-километры/год, машино-часы/год. Методика не распространяется на комплектование технологических комплексов машин.

Методика обеспечивает расчет оптимального количества однотипных машин определенной мощности (экскаваторов, бульдозеров и т.д.) для выполнения конкретного вида и объема работ в планируемый период времени. Объем работ, тип и размерная группа машин, период времени входят в состав вводимых данных.

Термин «крупная дорожно-строительная организация» подразумевает наличие большого объема работ для однотипных машин определенной мощности, достаточного для целесообразности применения разрабатываемой методики.

Под термином «методика» подразумевается последовательность действий по реализации выбранного метода оптимизации ПМ. На основании анализа подобных исследований разработаны следующие требования к Методике:

- методика должна носить инженерный характер и реализовываться стандартными общедоступными программными средствами инженерно-техническими работниками без специальных навыков программирования;
- все положения Методики должны содержать пояснения и примеры расчета;
- методика должна учитывать все возможные способы формирования ПМ, действующие нормативы, имеющиеся на рынке спецтехники марки машин;
- методика должна обеспечивать оптимизацию по нескольким критериям (целевым функциям), отвечающим специфике использования машин и запросам пользователей, величине капитальных вложений;
- методика должна обеспечивать динамическую оптимизацию, а это значит предоставлять возможность оперативной корректировки результатов оптимизации в изменяющихся условиях.
- методика должна показывать ключевые показатели сформированного или оптимизированного ПМ, такие как возрастная структура, критерии надежности, эффективности и другие, востребованные пользователями Методики.

Согласно разработанным требованиям к Методике намечен следующий план обзора предшествующих исследований:

- анализ методов многокритериальной оптимизации, реализуемых на общедоступных программных средствах.
- анализ работ по формированию и оптимизации ПМ по различным критериям.
- анализ действующих нормативных актов, влияющих на формирование ПМ.

## **1.2. Анализ методов многокритериальной оптимизации, реализуемых на общедоступных программных средствах**

Рассматриваемая задача оптимизации парка относится к классу так называемых экстремальных, сводящихся минимизации или максимизации искомой величины, определяемой при различных ограничениях. Впервые задачи связанные с отысканием максимальных и минимальных величин были поставлены еще в древности в трудах Евклида, Аполлония, Архимеда. В настоящее время в связи с развитием экономики теория решения экстремальных задач получила дальнейшее развитие.

Одной из первых книг в данном направлении была работа Л.В. Канторовича «Математические методы организации и планирования производства» (1939 г.) [36]. Сформулированный Л.В. Канторовичем принцип решения экстремального класса задач получил в дальнейшем название линейного программирования. Линейного потому, что математическая модель, описывающая искомую функцию, носит линейный характер. В дальнейших трудах была создана математическая теория оптимальных процессов, изложенные в работах Охоцимского Д.Е., Энеева Т.М., Понтрягина Л.С., Болтянского В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. и других [46].

Оптимизация – это выбор наилучшего решения из возможных. Математическая теория оптимизации включает в себя программирование, аналитические методы построения моделей и численные методы их решения, позволяющие получить наилучший вариант из множества возможных решений без их полного перебора и сравнения.

Чтобы воспользоваться методом оптимизации следует сформулировать рассматриваемую задачу на математическом языке, построив математическую модель оптимизации. Ввести ограничения, в пределах которых существует реальное математическое решение. Для решения составленной математической

модели в настоящее время используются специальные программные средства. К одному из наиболее часто используемых и рекомендуемых исследователями средств в области оптимизации относится Microsoft Excel. Данная математическая среда включает в себя уже составленные и вмонтированные в приложение математические средства решения задач оптимизации.

Несмотря на большое количество вводимых данных машин в нашей задаче математическая модель целевой функции капитальных вложений носит линейный характер. И поэтому может быть решена с использованием методов численного линейного программирования [120]. Многокритериальность оптимизации достигается использованием математических выражений вычисляемых величин, входящих общую математическую модель [123]. Средства решения задачи оптимизации в Excel позволяют любую из вычисляемых величин выбрать в качестве целевой функции, то есть критерия оптимизации. Сложная численная задача линейной оптимизации, которую Л.В. Канторович в 1939 году решал в течение недели, средствами Excel может быть решена в течение нескольких минут. Поэтому основная задача сводится к составлению математической модели оптимизации.

Имеется большое количество руководств по решению задач оптимизации средствами Excel, в которых на многочисленных примерах пошагово описано составление математических моделей, внесение ограничений и решение средствами Excel поставленных задач [46, 79, 116, 124]. Поэтому техническая сторона решения задач оптимизации не представляет особой сложности. Главная задача заключается в составлении математической модели оптимизации, включающей в себя математические выражения, описывающие:

- капитальные вложения в формирование ПМ;
- величины экономического характера – затраты, выручку, прибыль, рентабельность, срок окупаемости вложений;
- технические характеристики – наработку машин в функции возраста, показатели надежности и эффективности;

- цены на новые машины и со сроком эксплуатации, причем в функции времени;
- другие характеристики, связанные со спецификой эксплуатации машин (цена аренды, аванс и проценты по лизингу и кредиту, инфляция, утильсбор и т.д.).

Изучение и математическое описание приведенного и далеко не полного набора данных представляет собой ряд задач, подлежащих решению в настоящей работе.

### **1.3. Анализ исследований по расчету технико-экономических показателей, влияющих на процессы формирования парков строительных машин**

В процессе эксплуатации происходит износ машин и другие деградиационные процессы, ухудшающие их технико-экономические характеристики. Частичное восстановление параметров машин производится посредством системы ТОиР, но наступает момент времени, когда машина достигает предельного состояния (ПС) [18], при котором дальнейшая эксплуатация прекращается или объект направляется на капитальный ремонт (КР).

Один из основных показателей машин – это **ресурс**, что есть наработка, при которой машина достигает ПС. В нормативах приводится ресурс до КР и после него. Средняя величина ресурса СМ 6...10 тыс. часов до КР и до 8 тыс. часов после КР [60]. Причем величина ресурса зависит от условий эксплуатации машин [11]. Более подробные сведения по ресурсу приведены в следующем разделе.

Ресурс связан со **сроком службы**  $T_c$  в годах, который может быть рассчитан как частное от деления ресурса на годовую наработку машин. Срок службы машин нормируется согласно документу «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы» [62]. Так, большая часть СМ

причислена к четвертой амортизационной группе (АМ) со сроком службы от пяти до семи лет. Годовая наработка машин рассчитывается согласно Рекомендациям [72].

Следующий основной показатель – **годовая наработка машин**  $T_{\Gamma}$  (или годовой пробег для транспортных средств), которая постепенно снижается согласно экспоненциальному закону

$$T_{\Gamma}(t) = T_{\Gamma}(1) \cdot \exp(-\beta \cdot t), \quad (1.1)$$

где  $\beta$  – коэффициент старения машины по наработке (1/год),  $t$  – текущий срок службы с годами,  $T_{\Gamma}(1)$  – наработка в первый год эксплуатации [11, 56, 70]. Снижение наработки происходит, в основном, вследствие возрастания простоев в неплановых ремонтах, возникающих вследствие внезапных отказов. Соответственно растут и затраты на ремонт [56, 70] (рис. 1.1).

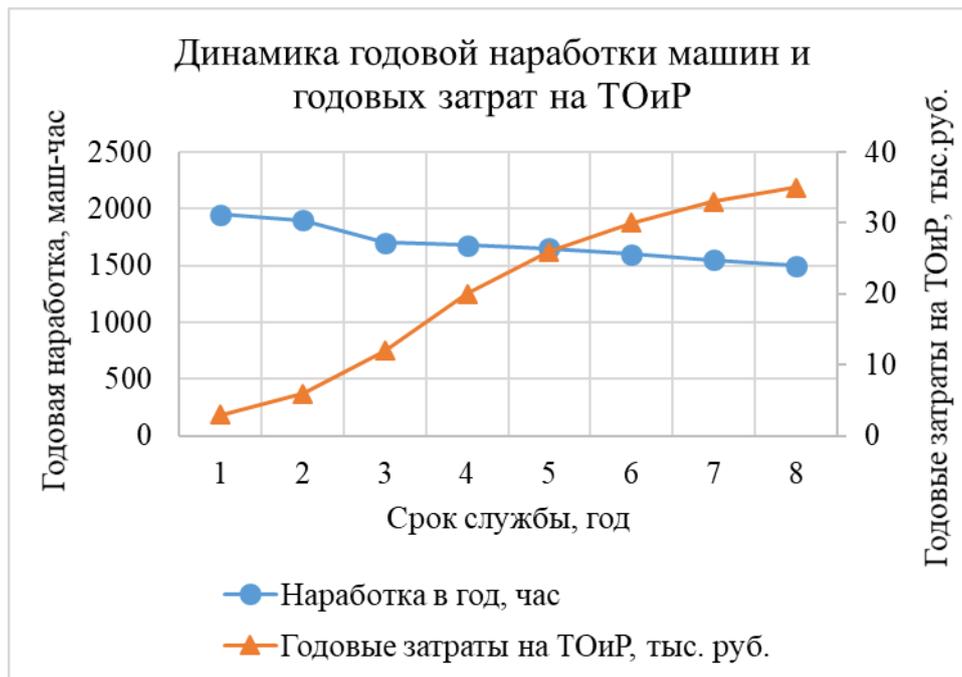


Рисунок 1.1 – Динамика некоторых показателей СМ [во44] (годовые затраты на ремонт представлены в ценах 1979 года)

В качестве следующего основного показателя следует указать **коэффициент готовности**  $K_{\Gamma}$ , вычисляемый по формуле [11, 56, 70]

$$K_{\Gamma}(t) = \exp(-\beta \cdot t) \quad (1.2)$$

и легко рассчитываемый по снижению годовой наработки. Именно  $K_g$  использовался в работе [56] при разработке методики оптимизации ПМ в качестве базового показателя надежности.

В диссертационной работе Тайсаева К.К. [91] в качестве критерия формирования парков автобусов был применен **коэффициент сохранения эффективности**  $K_э$ . Однако, методика его расчета не показана в работе. Следует отметить, что при изучении литературных и других информационных источников не удалось обнаружить методики расчета  $K_э$ . В ГОСТе 27.002-2015 «Надежность в технике. Термины и определения» дано определение  $K_э$ , как «отношение значения показателя эффективности использования объекта по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают» и указано, что «для каждого конкретного типа объектов содержание понятия эффективности и точный смысл показателя эффективности задаются в документации на объект».

Сравнивая определения  $K_э$  и  $K_g$  ( $K_g$  – «вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается» [ГОСТ 27.002–2015]), можно сделать вывод, что  $K_э$  представляет собой на относительную эффективность объекта и коррелируется с  $K_g$ . И вот почему:

- планируемые периоды времени, «в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается», это периоды плановых мероприятий ТОиР, значит, на снижение  $K_g$  оказывают влияние только внезапные отказы, и  $K_g$  будет равен 1 при отсутствии таковых;

- максимальная эффективность технического объекта будет иметь место именно при отсутствии внезапных отказов, значит и  $K_g$  и  $K_э$  будут равны 1 в этом случае;

- по мере нарастания количества внезапных отказов возрастают

непроизводительные простои машин, падает Кг, выручка от их использования и, соответственно, эффективность и вместе с ней Кэ.

Понятие **эффективности** ПМ и ее связи с надежностью рассмотрено в работах [3, 4, 7, 8, 11, 21, 30, 35, 40, 56] и многих других. Наиболее наглядно взаимосвязь надежности и эффективности показана в монографии С.В. Репина, С.А. Евтюкова и др. [56], причем приведены методики расчета и Кг и эффективности машин. Поэтому, основываясь на этой работе, вполне возможно составить математическую модель расчета Кэ.

Эффективность в ее экономическом понимании в работе [56, 122] оценивается в виде рентабельности, определяемой как отношение прибыли от эксплуатации ПМ к затратам. Прибыль представляется произведением выручки на наработку (формула 1.1), а затраты произведением себестоимости машино-часа на наработку. Для удобства анализа составляющих эффективности затраты рассматриваются в виде суммы издержек владения и эксплуатации. Все описанные величины фигурируют в математической модели оптимизации ПМ и могут использоваться как целевые функции.

### **Выводы по разделу**

1. На процессы формирования ПМ наибольшее влияние оказывают следующие технические показатели – ресурс, срок службы, годовая наработка и экономические – прибыль, выручка, затраты.

2. В процессе расходования ресурса постепенно снижается наработка по экспоненциальному закону, а вместе с ней и прибыль, затраты же возрастают.

3. В качестве экономической оценки эффективности ПМ целесообразно использовать уровень рентабельности.

4. Снижение годовой наработки и эффективности оценивается коэффициентами готовности и сохранения эффективности соответственно.

5. Отсутствует методика расчета коэффициента сохранения эффективности, поэтому требуется разработка математической модели его расчета.

## 1.4. Анализ исследований по ресурсу строительных машин

Срок службы машин определяется их ресурсом. Это одно из основных понятий, характеризующих надежность машин. Согласно ГОСТ 27.002-2015. «Надежность в технике. Термины и определения» ресурс – это «суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до момента достижения предельного состояния», «остаточный ресурс – суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до момента достижения предельного состояния» [18].

При эксплуатации объектов повышенной опасности рассматривают также «назначенный ресурс машины или оборудования – суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация машины или оборудования должна быть прекращена независимо от технического состояния» [61].

Величина ресурса утверждена нормативами [60] и должна быть обеспечена предприятиями-изготовителями техники (таблица 1.1).

Таблица 1.1. Показатели ресурса СМ [60]

Типы техники	Нормативные сроки работы (м/ч)				До списания изделия
	нового изделия с начала эксплуатации		капитально отремонтированного изделия после очередного кап. ремонта		
	до среднего ремонта	до кап. ремонта	до среднего ремонта	до кап. ремонта	
1	2	3	4	5	6
<b>Средства механизации дорожных, землеройных и других строительных работ</b>					
Бульдозеры на тракторах 1,4-25 тс, бульдозеры с рыхлителями	-	3000	-	2400	7800
Снегоочиститель шнекороторный	-	3800	-	3200	9800
Машины землеройные	1300	2500	1100	2000	6500
Экскаваторы одноковшовые 2,0 куб.м	-	10000	-	-	18000
Бетономешалки и камнедробилки	-	3600	-	3200	9800

Компрессорные станции	-	2600	-	2200	9200 или 15 лет
Вышки строительные	-		-	-	12 лет
Автобитумовозы	-	5500	-	4400	9900
Автогудронаторы	-	3200	-	2600	8400
Мотоперфораторы	-	850	-	-	1500
Лебедки тракторные	-	2200	-	1900	7900
Конвейеры и транспортеры	-	3400	-	3400	9800
<b>Машины грузоподъемные и подъемно-транспортные</b>					
Краны автомобильные:	-	7200	-	5800	18800
грузоподъемность, т					
3-5,9	-	6000	-	4800	15600
6-15,9	-	5000	-	4000	13000
16 и выше					
Электропогрузчики	-	1200	-	1200	3600 или 7 лет
0,5-2,25 т					
Автопогрузчики	-	3000	-	2600	8400
3-10 т					
Гидрокраны автомобильные	-	6000	-	4800	15600
Краны пневмоколесные	-	7200	-	5700	18000

Ресурс машин зависит от качества из производства, уровня технической эксплуатации, условий использования. Так, исследования надежности СМ показывают, что фактически отработываемый машинами ресурс в зависимости от условий работы может отличаться в два раза [11] (таблица 1.2).

Таблица 1.2. Ресурс машин в зависимости от режима работы, маш.-ч.

Режим работы	Бульдозер	Автогрейдер	Экскаватор	Погрузчик
Легкий	12000	15000	15000	12000
Средний	10000	10000	10000	10000
Тяжелый	8000	8000	8000	8000

На практике эксплуатации СМ, часто превышают указанные выше значения ресурса. Так, отечественные экскаваторы нарабатывают до 20000 и более час., некоторые импортные до 30000 часов [56]. Однако, согласно мнению специалистов, изложенного на форуме <https://forum.exkavator.ru/showthread.php?page=2&t=5978>, предельный срок использования импортных экскаваторов до капитального ремонта составляет

7000...10000 часов, что соответствует действующим нормативам. В условиях Севера, в тяжелом режиме работы, наработка до предельного состояния ограничивается шестью-восемью тысячами часов [60].

В расчетах технико-экономических показателей машин важное значение имеет амортизация. «Амортизация – процесс переноса основными фондами своей стоимости на выпускаемую продукцию с целью их простого воспроизводства. Основная цель амортизации – это накопление средств, необходимых для последующего полного восстановления (реновацию) основных производственных фондов (ОПФ). Амортизация в денежной форме выражает износ основных фондов и начисляется на издержки производства (себестоимость) на основе амортизационных норм. Норма амортизации – это размер годовых амортизационных отчислений, выраженный в процентах от полной первоначальной стоимости ОПФ. Нормы амортизации устанавливаются в соответствии с паспортными данными о нормативных сроках службы каждого элемента ОПФ и могут быть рассчитаны по формуле

$$N_a = ((\Phi_{п} - \Phi_{л}) / T) * 100\% , \quad (1.3)$$

где  $N_a$  – норма амортизации, %;  $\Phi_{п}$  – первоначальная (балансовая) стоимость основных фондов, руб.;  $\Phi_{л}$  – ликвидационная стоимость, руб.;  $T$  – срок службы основных фондов, лет» [35].

Амортизация напрямую связана со сроком службы машин и отражает степень расходования ресурса в денежном выражении. С 1 января 1991 года по 1 января 2002 года применялись Единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР, утв. Постановлением Совмина СССР от 22.10.1990 № 1072. С 1 января 2002 года вместо термина «нормы амортизационных отчислений» применяется термин «амортизационная группа» (АГ). Амортизационная группа ОПФ устанавливается согласно «Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы» [38]. Согласно этому документу СМ принадлежат, как уже указывалось выше, к четвертой АГ и имеют «сроки полезного

использования» (СПИ) свыше 5 лет до 7 лет включительно.

Правильно отмечено в [38], что «ныне действующая Классификация, в целом, более выгодна налогоплательщикам, так как ее сроки полезного использования в среднем на 30% короче, в сравнении с существовавшими ранее Едиными нормами (что приводит к более быстрому списанию на расходы)».

В действительности сроки службы СМ значительно превышают указанные выше СПИ. Так, например, рынок экскаваторов изобилует предложениями о продаже машин возраста 20 лет и более (<https://exkavator.ru/trade/zemlerojnaya-tehnika/gusenichnye-ekskavatory/jcb/jcbjs205/>).

### **Выводы по разделу**

1. Величина ресурса, определяющая сроки эксплуатации СМ, составляет 6...10 тыс. часов до КР и до 8 тыс. часов после КР.
2. Для каждого вида машин рекомендованы свои значения ресурса, которые зависят также от условий эксплуатации.
3. Известно использование отдельных СМ с наработкой, значительно превышающей значения ресурса.
4. При составлении модели оптимизации ПМ к значению назначенного ресурса (см. Приложение 3. Терминология) для каждого вида машин следует подходить дифференцированно.

## **1.5. Анализ работ по формированию и оптимизации ПМ по различным критериям**

Как указывалось выше, в обзоре будем рассматривать работы, направленные на формирование ПМ заданной производственной мощности.

Из обзора исключаются исследования по:

- Выбору марок машин;
- Созданию технологических комплексов машин.

Под термином «формирование» понимается комплекс мероприятий по созданию нового парка машин, а под термином «реновация» – комплекс мероприятий по обновлению парка машин с целью получения новых его качеств, например, производственной мощности, показателей надежности.

На основании анализа работ [7, 8, 13, 25, 56] известны следующие способы формирования и реновации парков:

- покупка новых и со сроком эксплуатации машин;
- продажа машин со сроком эксплуатации или списание техники, послужившей свой срок;
- обновление машин путем проведения восстановительного ремонта;
- приобретение техники возможно за собственные средства, в лизинг и с использованием кредита;
- краткосрочная аренда техники.

Известны способы пополнения ПМ за счёт безвозмездной передачи техники или взаимозачёта за выполнение услуг. Последние два варианта в настоящей работе не рассматриваются.

Критерии оптимизации ПМ:

- минимум удельных затрат на эксплуатацию машин [4, 95, 100, 102, 104];
- минимум удельных затрат на выполнение строительных работ [69];
- максимуму коэффициента сохранения эффективности [91];
- максимуму прибыли и уровня рентабельности [7, 35, 104];
- максимуму коэффициента готовности [8, 30, 13].

Из всех приведенных выше критериев оптимизации наиболее информативным представляется коэффициент сохранения эффективности (Кэ), исследованию которого посвящена диссертация Тайсаева К.К. «Методика оценки коэффициента эффективности автобусов» 2021 г. [91]. Кэ, являясь одним из комплексных показателей надежности по ГОСТ 27.002-2015. «Надежность в технике. Термины и определения» [18], помимо уровня

надежности машин, позволяет оценивать и экономические характеристики применения техники. Однако, в работе Тайсаева К.К., несмотря на весомое обоснование целесообразности применения Кэ для оптимизации ПМ и глубокое исследование статистических данных эксплуатации автобусов, методика оценки Кэ изложена лишь декларативно. Анализ найденных исследований по надежности машин [21, 30, 37, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 54, 56, 64, 69, 90, 102, 104] показал, что определению Кэ не уделено должное внимание ни в расчетах надежности машин, ни в методиках оптимизации ПМ. Более того, не найдено примеров расчета Кэ. Поэтому разработка методики его оценки является актуальной проблемой.

Особого внимания заслуживает монография 2017 г. авторов кафедры наземных транспортно-технологических машин СПбГАСУ [56], в которой описана многокритериальная модель оптимизации ПМ, включающая в себя все приведенные выше критерии, кроме коэффициента сохранения эффективности. Также, в программе оптимизации, выполненной в Excel, применены все возможные способы реновации ПМ. На данный момент времени это наиболее полное прикладное исследование в рассматриваемой области, отвечающие большинству требований к Методике, сформулированных выше в разделе 1.1. И оно принято за основу, на которой будет базироваться разрабатываемая математическая модель оптимизации ПМ.

Доработка методики оптимизации [56] будет направлена на развитие следующих положений, сформулированных выше в разделе 1.1:

- в качестве базовых технико-экономических критериев формирования ПМ будут использованы коэффициент сохранения эффективности Кэ, как показатель надежности, и уровень рентабельности, как экономический показатель, в отличие от прототипа, в котором данную функцию выполнял коэффициент готовности.
- разработка ключевых показателей сформированного или оптимизированного ПМ, таких как возрастная структура, критерии

надежности, эффективности и другие, востребованные пользователями Методики.

- учет действующих нормативов и тенденций на рынке спецтехники, не учтенных в базовой Методике, а именно, утилизационный сбор, инфляция.

Применение указанных нововведений повысит научную значимость и практическую ценность Методики.

### **Выводы по разделу**

1. Для построения новой математической модели оптимизации следует изучить:

- предложения рынка по цене новых и со сроком эксплуатации машин;
- установить динамику цены машин и расходования ресурса в функции срока службы;
- оценить затраты и степень восстановления ресурса машин путем проведения восстановительного ремонта;
- оценить достоинства и недостатки приобретение техники за собственные средства, в лизинг и с использованием кредита;
- установить условия аренды техники.

2. Для построения новой математической модели оптимизации следует разработать:

- методику определения коэффициента сохранения эффективности  $K_{\varepsilon}$ ;
- математические модели влияния утилизационного сбора и инфляции на процессы формирования ПМ;
- модули программы оптимизации ПМ для расчета ключевых показателей сформированного или оптимизированного ПМ, таких как возрастная структура, критерии надежности, эффективности и другие, востребованные пользователями Методики.

## **1.6. Анализ практики применения лизинга и кредита при формировании парков машин**

**Основные понятия по лизингу.** «Лизинг (англ. leasing от англ. to lease — сдать в аренду) — вид финансовых услуг, форма кредитования для приобретения основных средств предприятиями и других товаров физическими и юридическими лицами. Лизинг — это совокупность экономических и правовых отношений, возникающих в связи с реализацией сделки лизинга, в том числе приобретением предмета лизинга (ст.2 закона о лизинге. По сути, лизинг — это долгосрочная аренда имущества с последующим правом выкупа, обладающая некоторыми налоговыми преференциями» [59, 99].

### **Предмет лизинга**

Предметом лизинга могут быть любые непотребляемые вещи. Т. е. в лизинг могут быть проданы: предприятия и другие имущественные комплексы, здания, сооружения, оборудование, транспортные средства и другое движимое и недвижимое имущество.

Лизингодатель обязуется приобрести в собственность определённое лизингополучателем имущество у указанного им продавца и предоставить лизингополучателю это имущество за плату во временное пользование, с правом выкупа и без него.

«Лизинговая деятельность является перспективным видом бизнеса и это связано со следующим:

- мировой опыт показывает, что на долю лизинга в новых инвестициях в оборудование приходится 15-20%, а в некоторых странах, как США, Великобритания, Ирландия, более 30%.
- лизинг является одним из основных источников активизации инвестиционной деятельности, что так важно для нашей экономики.
- разработан и утвержден ряд законодательных и нормативных актов,

регулирующих лизинговую деятельность, по мере возможности, создаются благоприятные условия для его развития. Приняты: Федеральный закон «О финансовой аренде (лизинге)» №164-ФЗ. и 25 глава Налогового Кодекса РФ.

- переориентацией банков с рынка ценных бумаг на инвестиции в производство. При этом лизинг является более привлекательным финансовым механизмом, чем кредит, т. к. используется исключительно для покупки основных средств, которое, к тому же, выступает обеспечением сделки.
- большой потенциальный спрос на лизинговые услуги объясняется потребностью предприятий в обновлении основных фондов без ощутимых первоначальных затрат» [59].

«Осуществляя капиталовложения посредством лизинга, его участники получают три основных вида инвестиционных налоговых льгот.

1. Налоговый щит арендной платы, получаемый арендатором. В системе налогообложения арендные (лизинговые) платежи рассматриваются как операционные (текущие) расходы и включаются в себестоимость продукции (услуг), тем самым, уменьшая налогооблагаемую базу арендатора.

2. Величина налогового щита определяется как сумма арендных платежей, умноженная на ставку налогов с прибыли арендатора.

3. Относя проценты по кредиту на себестоимость продукции (услуг), лизингодатель уменьшает налогооблагаемую базу налогов, уплачиваемых из прибыли. Величина этого щита определяется как сумма процентов по кредиту на приобретение сдаваемого в аренду имущества, умноженная на ставку налогов с прибыли лизингодателя» [59].

Существуют неоспоримые достоинства лизинга (<https://poluchenie-kreditov.ru/spetstehnika-v-lizing>).

1. До тех пор, пока действует договор, все обязательства, касающиеся ухода и обслуживания спецтехники или автомобиля, лежат на

лизингодателе;

2. Если у предприятия «темные дыры» в кредитной истории, то ему все равно оформят лизинг, просто в этом случае, любые издержки будут покрыты страховой компанией;
3. Во время сделки на спецтехнику по лизингу практически всегда можно договориться с лизинговой компанией о более удобном графике платежей;
4. Приобретая спецтехнику в лизинг, арендатор может ей пользоваться и заработать на то, чтобы вносить ежемесячные платежные суммы.

Финансовую аренду (лизинг) регулируют Гражданский кодекс РФ (ст. 665, 666) [20], Федеральный закон от 29 октября 1998 года «О финансовой аренде (лизинге)» [99], а также многочисленные подзаконные акты.

В 2020 году единым куратором рынка лизинга в РФ стал Банк России. Это сделано, в том числе, и для пресечения мошенничества в сфере лизинга.

Журнал Construction Equipment (<https://www.constructionequipment.com/issue>) проводит «исследования западноевропейских потребителей строительной техники с целью обновления информации о путях приобретения машин. Исследования свидетельствуют, что потребители предпочитают покупать машины – как новые, так и бывшие в эксплуатации. В некоторых случаях руководители предпочитают брать технику в аренду. Имеется определенный рост использования лизинга» [75].

«Уровень развития лизинговых отношений считается своеобразным показателем динамичности всей экономики государства и гибкости его хозяйственного механизма. Так, в США лизинг является важнейшим инвестиционным инструментом, на долю которого на протяжении многих лет приходится более 40% инвестиций в машины и оборудование. В большинстве промышленно развитых стран этот показатель превышает 25%» [109].

«В России удельный вес инвестиций в лизинг постоянно повышается,

правда с определенными колебаниями, и период с 2002 по 2019 г. достигал 23,4 %. В строительных организациях г. Санкт-Петербурга около трети импортной техники приобретается в лизинг. Лизинг представляется одним из перспективных методов обновления парка строительных машин в России» [110].

Как известно, существует несколько видов лизинга, которые можно отнести к двум основным видам:

- оперативному лизингу.
- финансовому лизингу (финансовой аренде).

#### **Краткая характеристика оперативного лизинга (с точки зрения лизингополучателя)**

«Срок договора оперативного (операционного) лизинга существенно меньше срока полезного использования объекта лизинга. Обычно предметом лизинга являются уже имеющиеся в распоряжении лизингодателя активы. По окончании договора объект лизинга либо возвращается лизингодателю и может быть передан в лизинг повторно, либо выкупается лизингополучателем по остаточной стоимости. По экономической сущности такой лизинг является разновидностью аренды» [59]. Поскольку в Российской Федерации оперативный лизинг законодательно не регулируется, контракты по нему заключаются в виде договоров аренды. Ввиду того, что лизинговая ставка по оперативному лизингу обычно выше, чем по финансовому, в дальнейшем будем рассматривать только финансовый лизинг.

#### **«Преимущества финансового лизинга (финансовой аренды):**

- возможность отнесения затрат по лизингу на стоимость продукции;
- возможность приобретения дорогостоящих основных средств, при минимальном использовании собственного капитала;
- возможность применения механизма ускоренной амортизации, что позволяет сократить налогооблагаемую прибыль за счет более быстрого списания стоимости лизингового имущества на себестоимость продукции;

- за счет ускоренной амортизации есть экономия по затратам, связанным с уплатой налога на имущество;

- затраты на приобретение оборудования равномерно распределяются на весь срок действия договора, что позволяет снизить проблемы лимита оборотных средств;

- ввиду того, что заемный капитал не привлекается – в балансе предприятия поддерживается оптимальное соотношение собственного и заемного капиталов, позволяющее рассчитывать привлечение других кредитов;

- в отличие от схемы приобретения оборудования в кредит (рассрочку) лизингополучатель имеет возможность зачесть НДС ежемесячно (ежеквартально), по мере уплаты лизинговых платежей, а не в конце сделки» [109].

**«Недостатки финансового лизинга.** Отрицательным фактором финансового лизинга является то, что нет возможности передать технику, которая находится в финансовом лизинге, в аренду или в лизинг другой организации. Это запрещается инструкциями, положением и лизинговыми договорами» [109].

Одной из особенностей лизинга в США является отсутствие разделения понятий «аренда» и «лизинг». «Четкое деление на оперативную и финансовую аренду прослеживается в бухгалтерских стандартах финансовой отчетности: американском FASB-13 и европейском международном стандарте IAS 17» [115] (рис. 1).

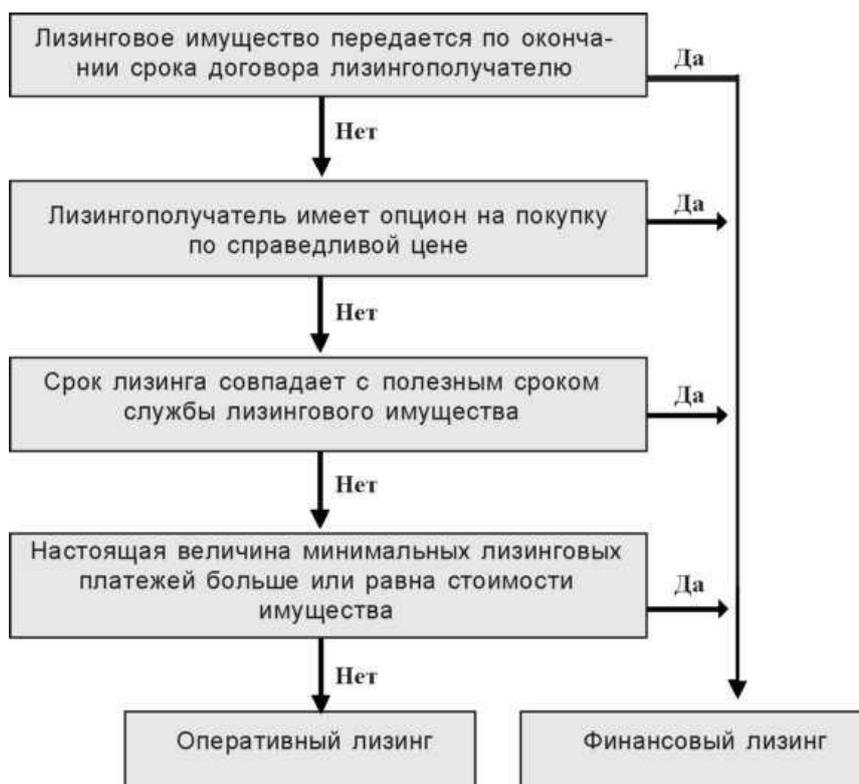


Рисунок 1.2 – Деление аренды на финансовую и оперативную в соответствии с европейским международным стандартом IAS 17 [115]

Ниже приведено сравнение экономических показателей различных вариантов приобретения основных средств [59, 25] (рис.1.3).

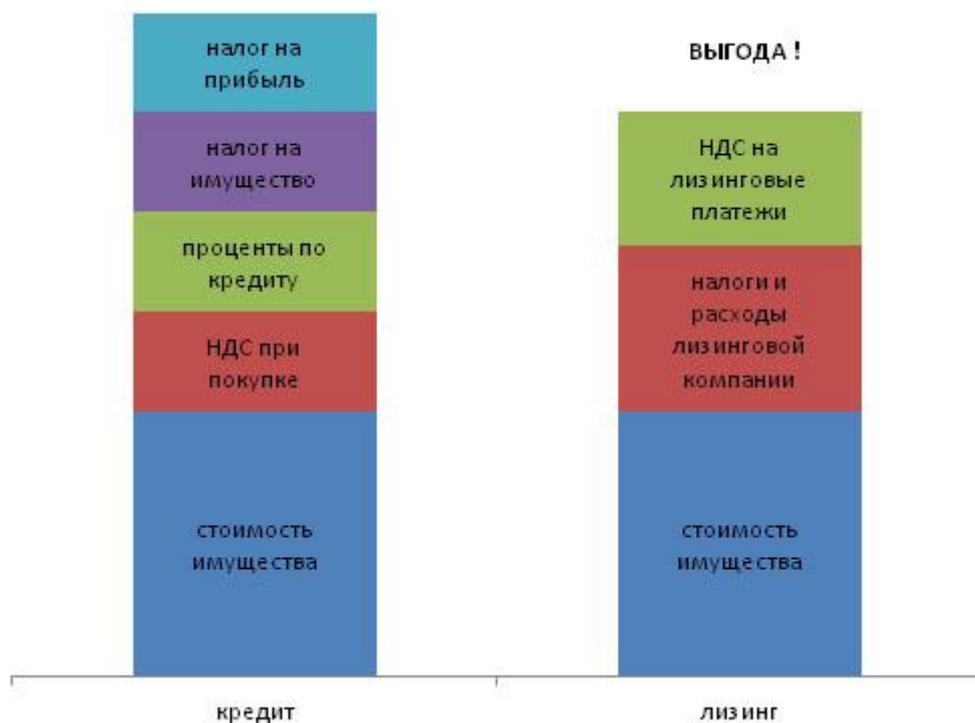


Рисунок 1.3 – Выгода лизинга для лизингополучателя по сравнению с кредитом схематично [59]

Анализ показывает [59], что при начальных стартовых вложениях в лизинг и кредит можно приобрести в три раза больше оборудования, чем за собственные средства. Значит и прибыль будет больше с три раза (за вычетом лизинговых и кредитных платежей). В работе [75] показано, что использование лизинга и кредита при формировании парков ТТМ может в разы повысить кумулятивную прибыль от эксплуатации техники (рис. 1.4).

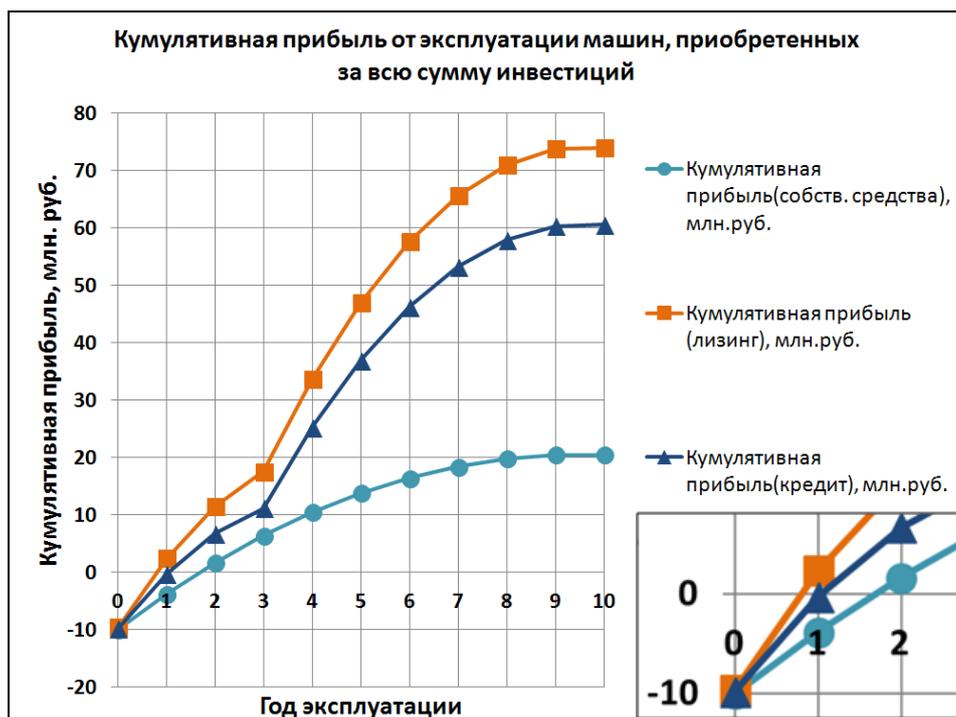


Рисунок 1.4 – Результаты расчета кумулятивной прибыли при формировании парка машин

Однако, выполненный анализ исследований области лизинга не показал последних изменений, произошедших за последние два-три года под влиянием значительных экономических и политических событий. Эти изменения (например, утилизационный сбор), как показали наши дальнейшие исследования, создали новые перспективы формирования парков машин и потребовали снесения корректировок в соответствующие методики.

## 1.7. Цели и задачи диссертационной работы

Цель – разработка методики многопараметрической оптимизации ПСМ в меняющихся условиях эксплуатации, учитывающей условия формирования главной характеристики парка машин – наработки и обеспечивающей сравнительную оценку вариантов оптимизации ПСМ.

Задачи:

- анализ состояния, динамики и тенденций развития парка строительных машин в РФ.
- исследование рейтинга потребительских качеств строительных

машин.

- разработка математической модели многопараметрической оптимизации ПСМ на основе показателей надежности и эффективности.
- разработка математической модели формирования операционного времени работы ПСМ.
- разработка математической модели расчета коэффициента сохранения эффективности, как основной целевой функции оптимизации ПСМ.
- разработка математических моделей процессов, описывающих условия эксплуатации и влияющих на формирование ПСМ.
- разработка методики многопараметрической оптимизации ПСМ.

### **Выводы по первой главе**

1. На процессы формирования ПМ наибольшее влияние оказывают следующие технические показатели – ресурс, срок службы, годовая наработка и экономические – прибыль, выручка, затраты.
2. В процессе расходования ресурса постепенно снижается наработка по экспоненциальному закону, а вместе с ней и прибыль, затраты же возрастают.
3. В качестве экономической оценки эффективности ПМ целесообразно использовать уровень рентабельности.
4. Снижение годовой наработки и эффективности оценивается коэффициентами готовности и сохранения эффективности соответственно.
5. Отсутствует методика расчета коэффициента сохранения эффективности, поэтому требуется разработка математической модели его расчета.

## **ГЛАВА 2. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЗАМЫСЕЛ РАБОТЫ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПСМ**

Научно-методический замысел работы представляет собой алгоритм действий по достижению поставленной цели диссертационной работы и позволяет в развернутом виде представить последовательность решения задач исследований.

Под внешней средой подразумевается состояние рынка производства и предложения строительной техники, действующие постановления правительства в рассматриваемой сфере, интересы потребителей.

### **2.1 Научно-методический замысел работы**

ПСМ представляет собой сложную техническую систему, обладающую набором внутренних свойств и взаимодействующую со внешней средой. Внутренние свойства ПСМ характеризуются структурой по номенклатуре и сроку службы и техническим состоянием. Внешняя среда для ПСМ является источником: пополнения парка; запросов на выполнение работ; информации о предпочтениях потребителей. Поэтому процесс оптимизации структуры ПСМ определяется большой совокупностью показателей и требует поиска эффективных решений по достаточно большому количеству критериев эффективности.

Из множества парков машин оптимальным будет парк, который может обеспечить выполнение заданных объемов работ при наилучшем значении критерия оптимизации. В зависимости от типов машин, условий эксплуатации, запросов потребителей критерии могут быть различными. Поэтому рассматриваемая задача является многокритериальной.

Разрабатываемая методика относится к крупной дорожно-строительной организации, под которой подразумевается предприятие с количеством машин

одного наименования не менее 10 единиц (например, экскаваторов, самосвалов). Количество таких организаций в России несколько тысяч. Методика применима и ко всем строительным организациям, а также и транспортным. Методику можно применять и на менее крупных предприятиях, но экономический эффект будет не столь ощутим.

Учет специфики применения машин базируется на большом количестве переменных факторов, влияющих на величину критериев оптимизации. Поэтому имеем дело с многофакторной задачей (рис. 2.1).

Концепция научного подхода к определению оптимальной структуры ПСМ строится на базовом алгоритме дискретного целочисленного линейного программирования для задач, относящихся типу многопараметрических, детерминированных, статических. Метод решения – сплошной поиск, позволяющий найти глобальное решение на всем интервале, если существует несколько локальных экстремумов. Алгоритм указанного типа задач реализуется встроенными средствами развитых вычислительных систем, таких как MS Excel.

Результатом оптимизации является количество единиц техники поступающих в парк или выводимых из него принятыми вариантами реновации ПСМ

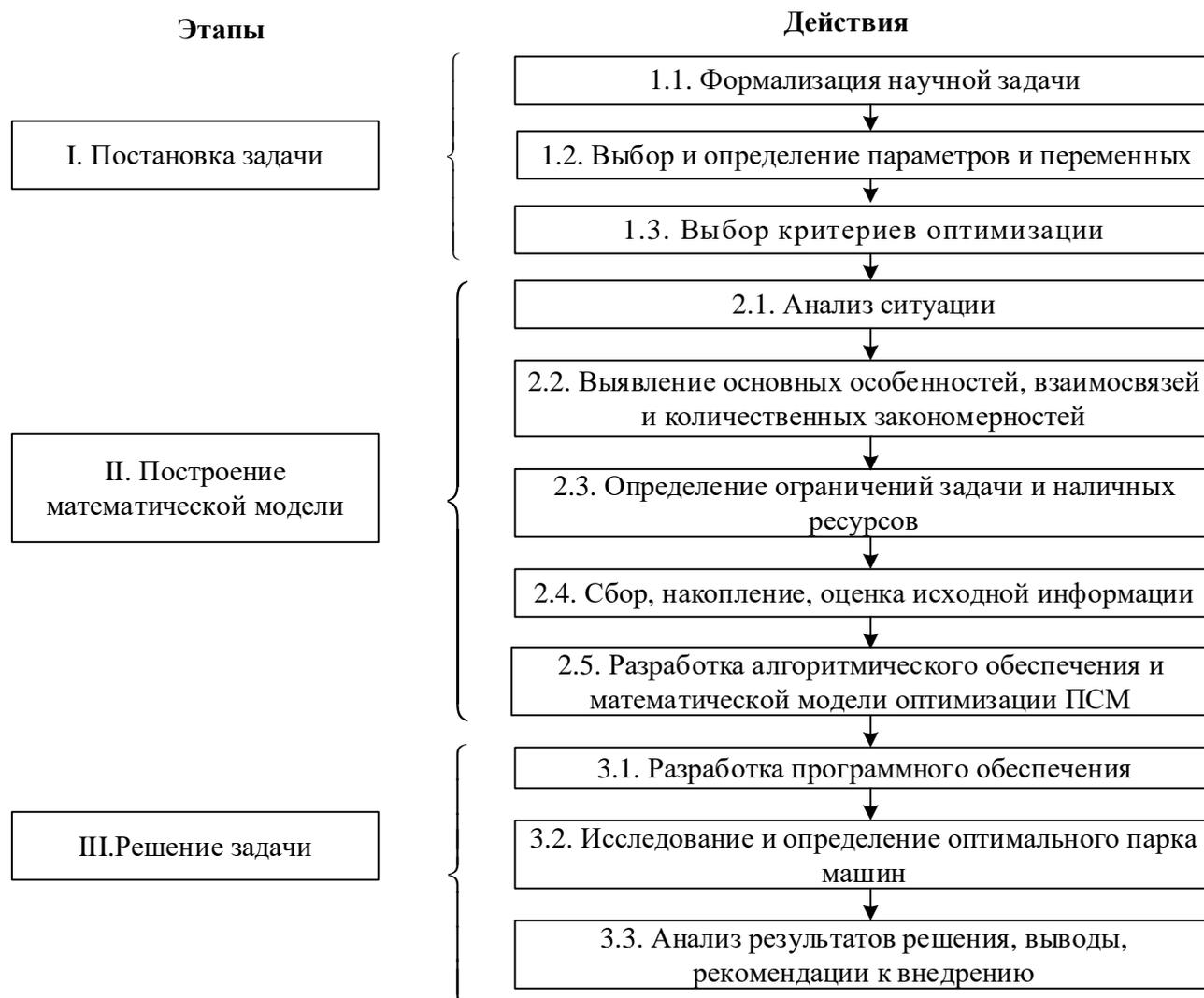


Рис. 2.1. Научно-методический замысел работы

ПСМ представляет собой сложную техническую систему, обладающую набором внутренних свойств и взаимодействующую со внешней средой. Внутренние свойства ПСМ характеризуются структурой по номенклатуре и сроку службы и техническим состоянием. Внешняя среда для ПСМ является источником: пополнения парка; запросов на выполнение работ; информации о предпочтениях потребителей. Поэтому процесс оптимизации структуры ПСМ определяется большой совокупностью показателей и требует поиска эффективных решений по достаточно большому количеству критериев или признаков эффективности.

Из множества парков машин оптимальным будет парк, который может обеспечить выполнение заданных объемов работ при наилучшем значении критерия оптимизации. В зависимости от типов машин, условий эксплуатации, запросов потребителей критерии могут быть различными. Поэтому рассматриваемая задача является многокритериальной.

В названии диссертации указано, что методика относится к крупной дорожно-строительной организации, под которой подразумевается предприятие с количеством машин одного наименования не менее 10 единиц (например, экскаваторов, самосвалов). Количество таких организаций в России несколько тысяч. Методика применима и ко всем строительным организациям, а также и транспортным. Методику можно применять и на менее крупных предприятиях, но экономический эффект будет не столь ощутим.

## **2.2 Анализ состояния парка строительных машин в России**

Анализ статистических данных [77] показывает, что объем работ в строительстве в денежном выражении с начала 21 века растет практически линейно в среднем на 5,2 % в год с 2010 года (рис. 2.1.). Причем величина основных фондов строительства (ОФС) за этот период возрастала примерно с тем же темпом (рис. 2.2).

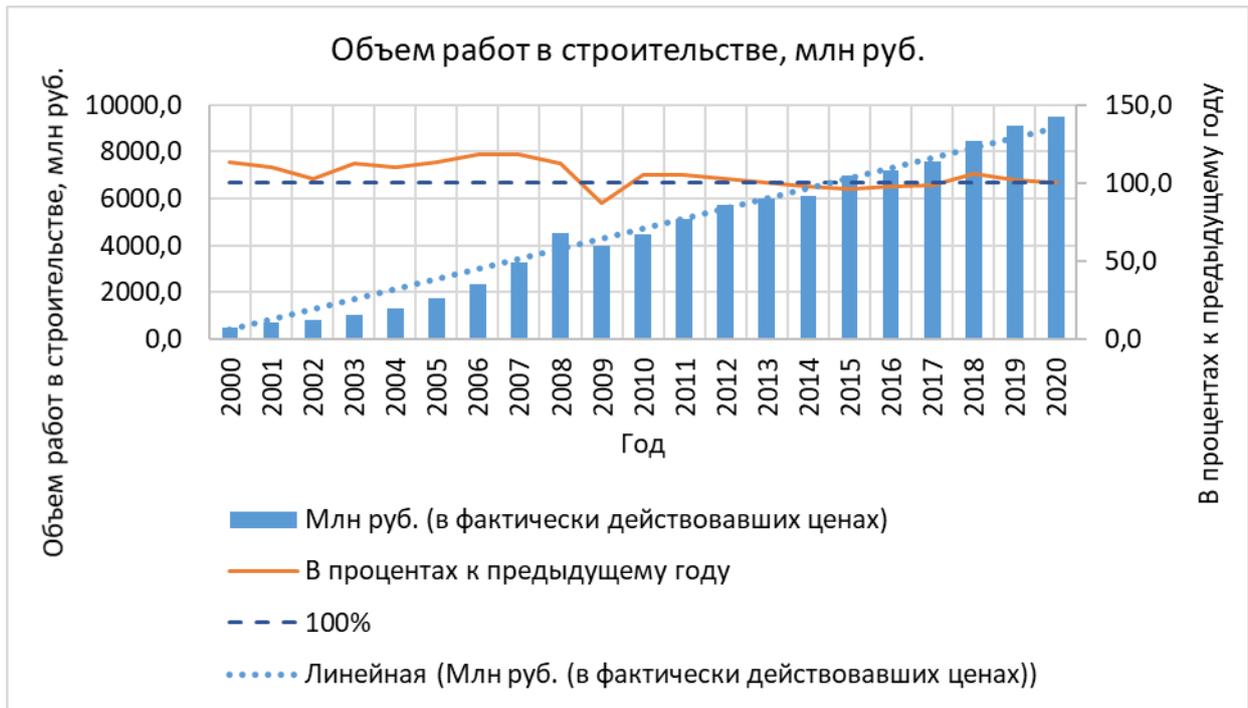


Рисунок 2.1 – Динамика объема строительных работ в России [77]

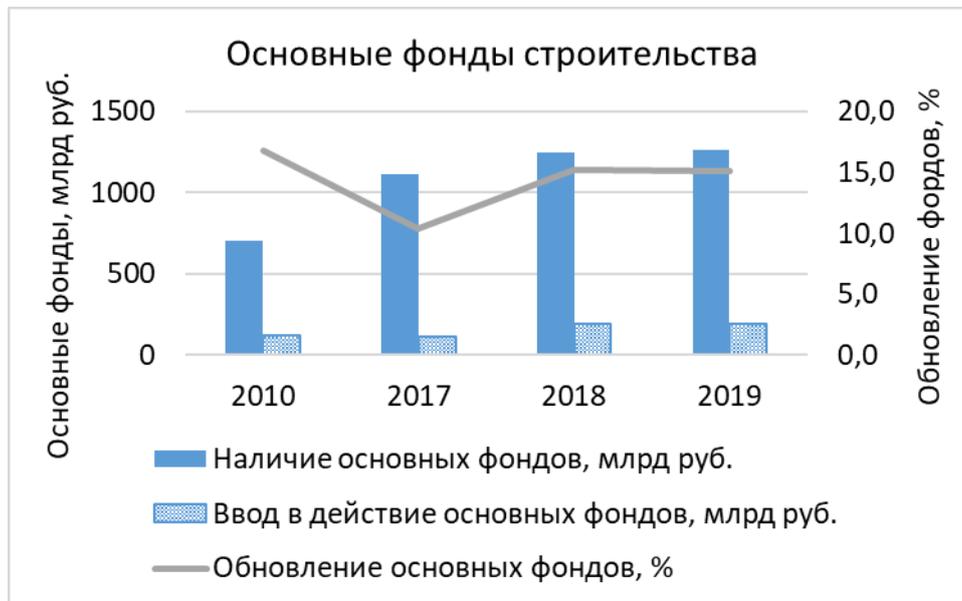


Рисунок 2.2 – Динамика основных фондов строительства в России [77]

Хотя величина обновления ОФС составляла в среднем 15%, их степень износа колебалась в районе 50% при удельном весе полностью изношенных фондов порядка 15%, с возрастанием с 2010 по 2019 год с 11,7 до 19,3 % (рис. 2.3).

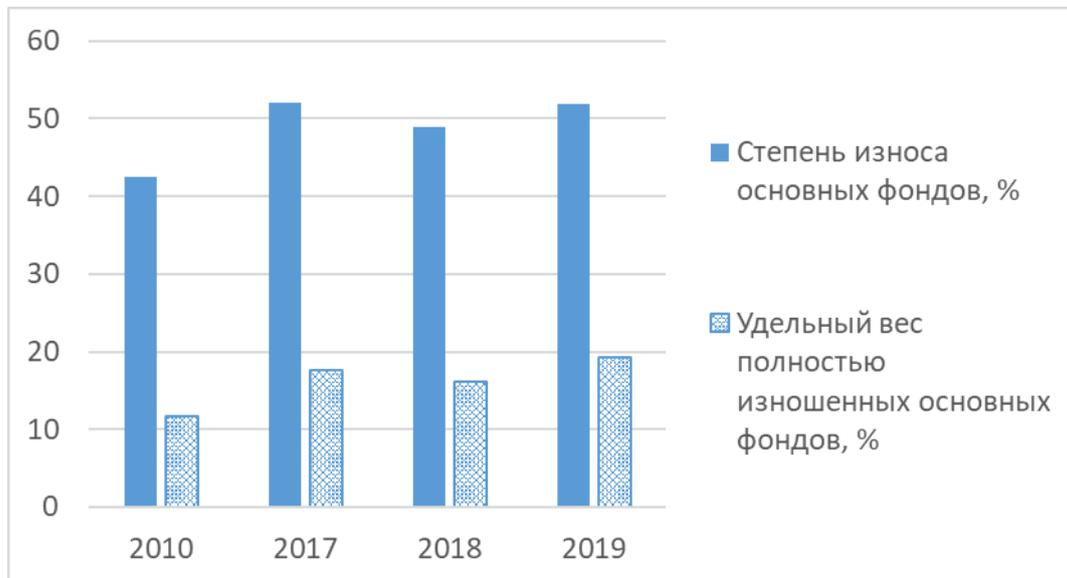


Рисунок 2.3 – Степень износа основных фондов строительства в России [77]

В структуре ОФС на долю СМ (транспортные средства и машины и оборудование) приходится 64% по данным на конец 2019 года [77] (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Структура основных фондов строительства в России [77]

Однако, несмотря на рост ОФС в денежном выражении общее количество основных строительных машин (СМ) сократилось в период с 2010 по 2019 год с 55600 до 34050 единиц (рис. 2.5). Причем с 2001 года по настоящее время имеет место трехкратное сокращения парка указанных СМ, с 1990 – пятнадцатикратное. Количество СМ зарубежного производства составляет около 51% из общего количества типов машин, приведенных на рис. 2.6.

Среднее количество СМ с истекшим сроком службы (иными словами полностью изношенных) составляет 50% (рис. 2.7), что несколько расходится с другими данными Росстата [77], представленными на рис. 2.3. По сравнению с 1990 годом количество СМ с истекшим сроком службы утроилось (рис. 2.6).

Рассматривая весь парк СМ РФ (рис. 2.8) можно увидеть наметившуюся тенденцию некоторого снижения количества техники с истекшим сроком службы и с 2005 года, это снижение составило примерно 10%, что явно недостаточно. Из диаграммы на рис. 2.8 видна причина старения парка машин – низкий процент его обновления.

Как известно, коэффициентом обновления основных фондов принято считать отношение стоимости приобретенных основных средств к стоимости имеющихся на конец отчетной даты. Для развивающейся экономики он должен превышать коэффициент выбытия, равный, соответственно, стоимости выбывших основных средств к стоимости имеющихся на конец отчетной даты [34].

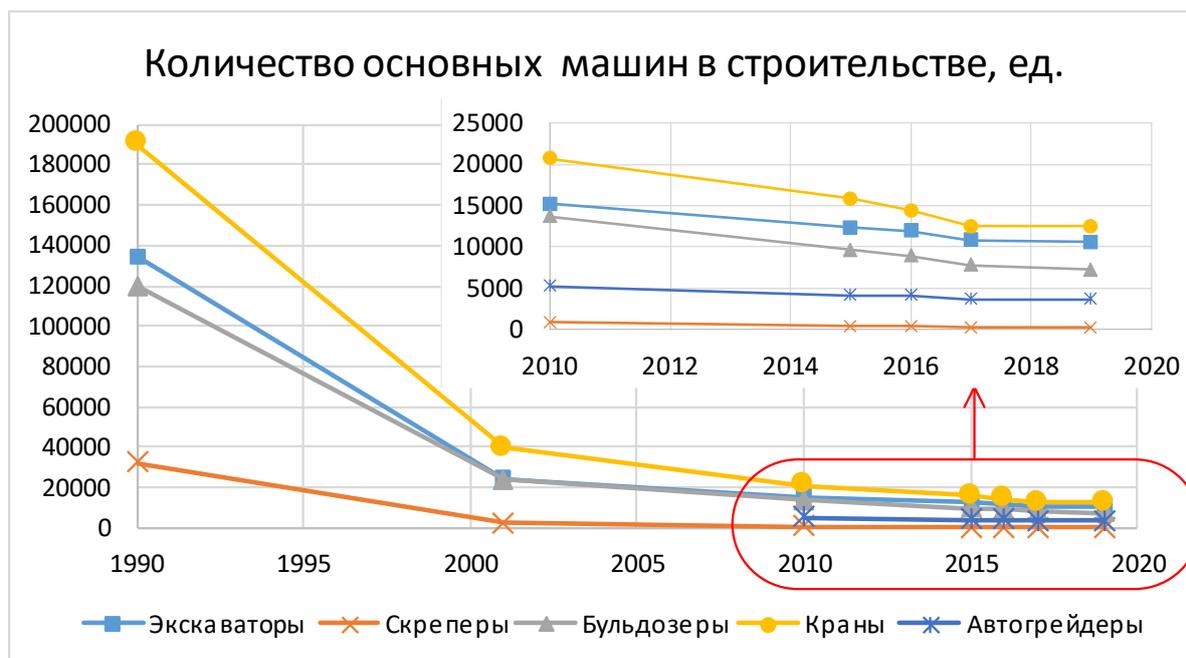


Рисунок 2.5— Динамика количества основных машин в строительстве [77]

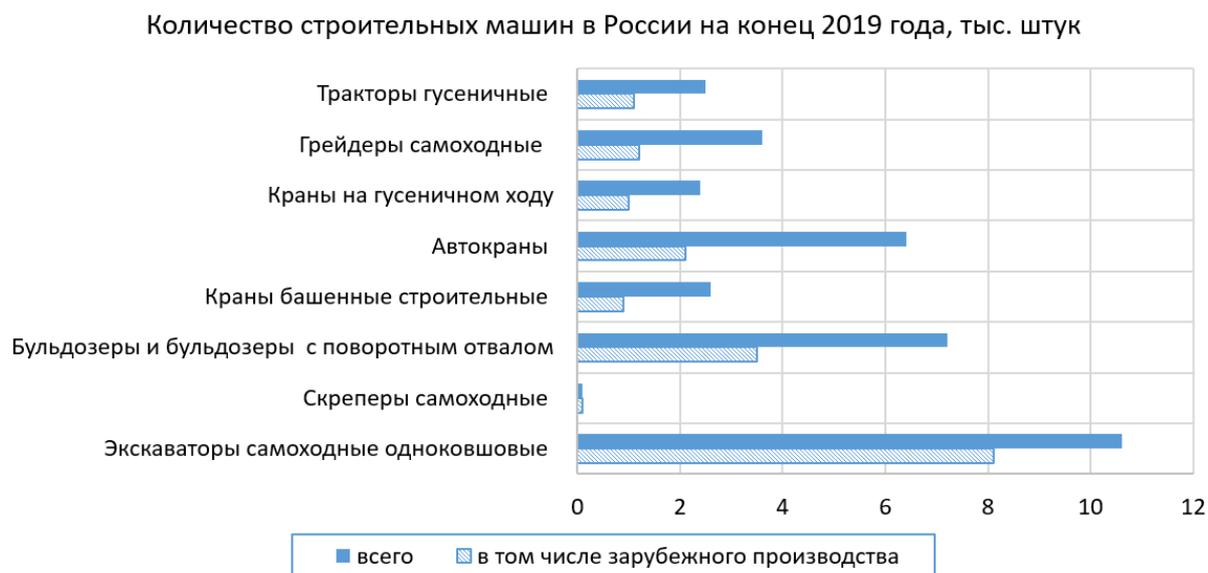


Рисунок 2.6 – Структура парка строительных машин в России на конец 2019 года [77]

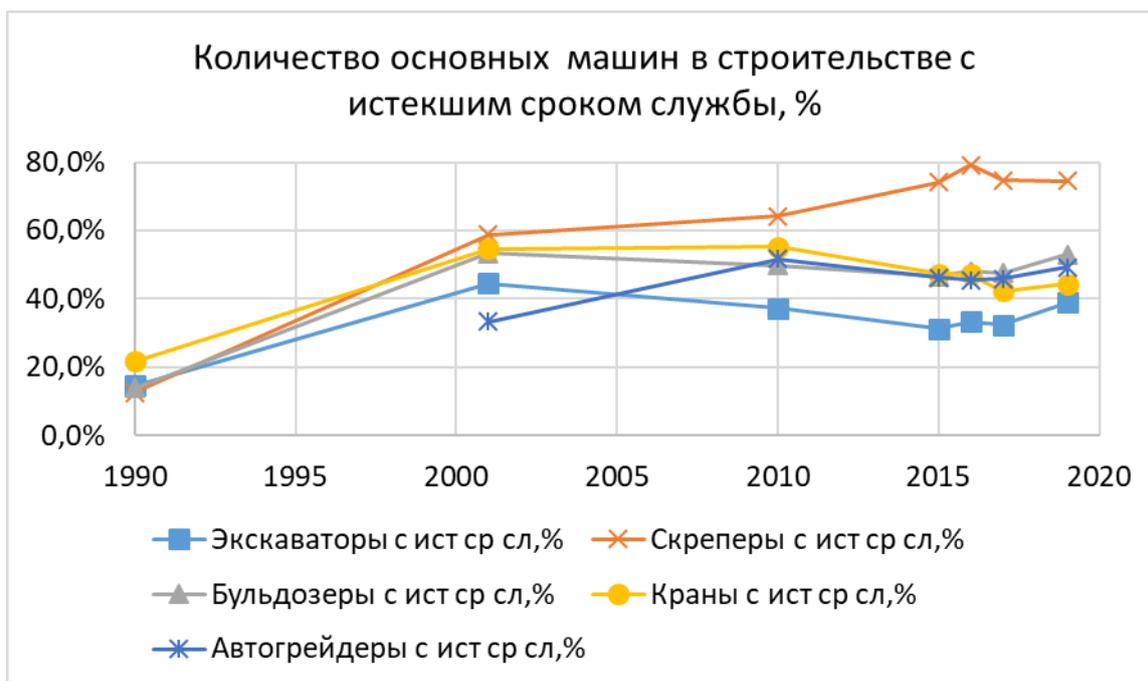


Рисунок 2.7 – Количество СМ с истекшим сроком службы [77]

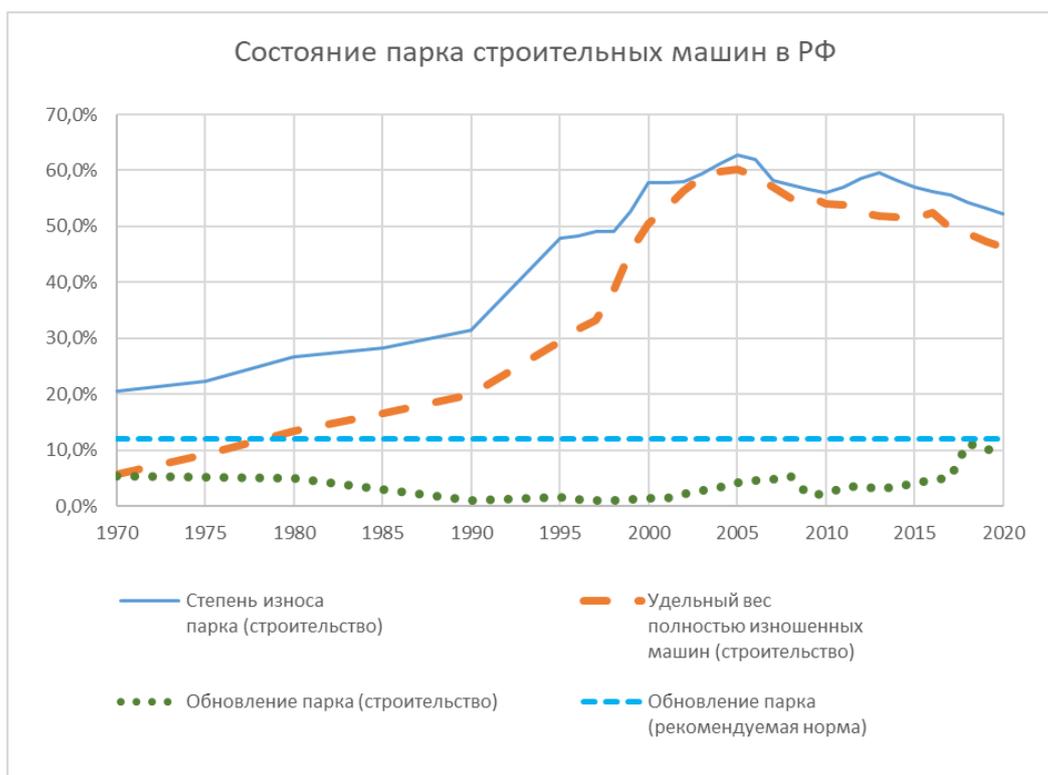


Рисунок 2.8 – Состояние парка СМ в России [77]

Следует отметить, что выглядит парадоксально, как обеспечивается неизменный рост объема строительных работ (см. рис.2.1) при сокращающемся

парке СМ и возрастающем проценте его износа.

В возрастной структуре парка СМ (рис. 2.9) преобладают машины интервала 21-30 лет (около 40%).

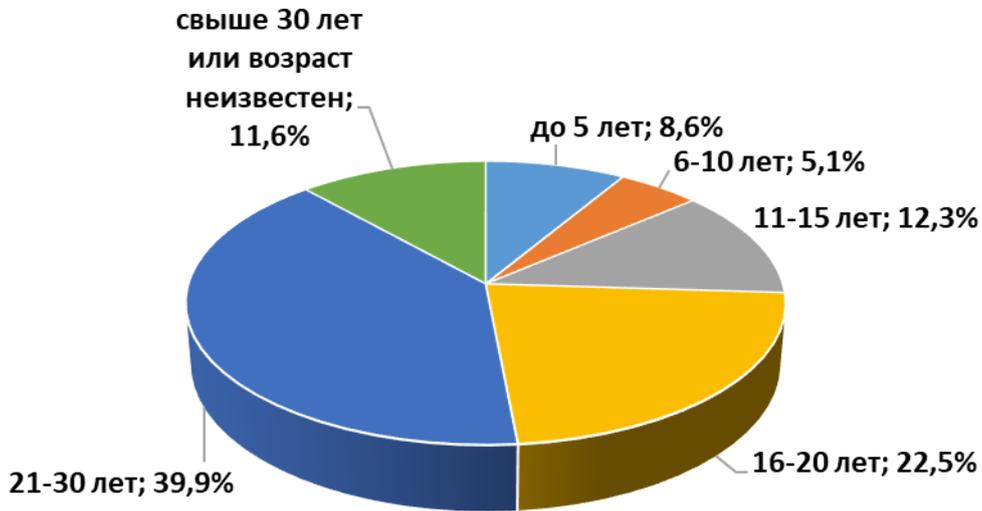


Рисунок 2.9 – Возрастная структура парка СМ [Ро77]

## 2.3 Анализ производства и продажи транспортно-технологических машин в Россию

### 2.3.1 Производство спецтехники в России

Производство спецтехники в России с 1991 года снижалось, и только в последние три года наметился рост выпуска некоторых видов СМ (рис. 2.10, 2.11) [6, 28, 29].

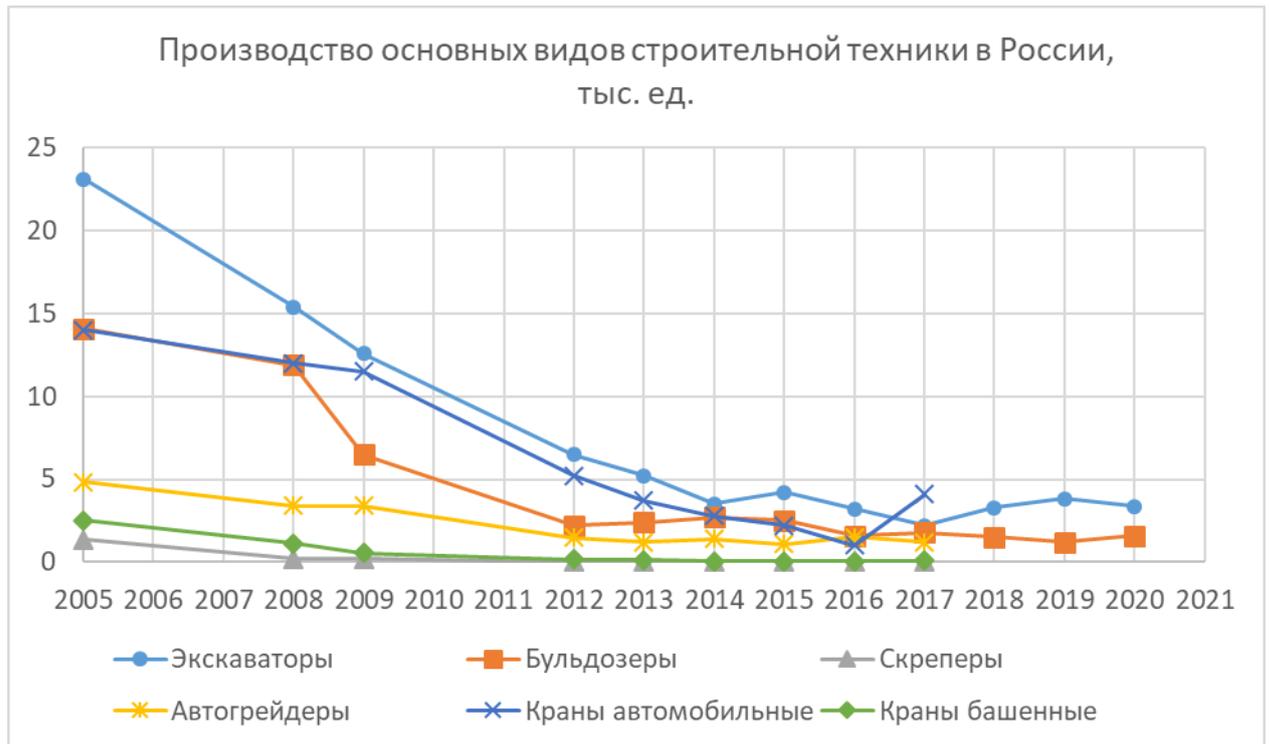


Рисунок 2.10 – Производство основных видов строительной техники в России

Согласно данным агентства Russian Automotive Market Research (RAMR), за 2020 год в России выпущено 64,2 тыс. ед. спецтехники, что на 5,5% меньше результата 2019 года [29] (рис. 2.11). Объемы выпуска коммунальной техники в 2020 г. снизились на 17,7% к АППГ. Производство автосамосвалов, автокранов и экскаваторов сократилось на 7,8% , 8,1% и 9% соответственно. Производство автомобилей скорой медицинской помощи, напротив, показало значительный рост: объемы выпуска СМП увеличились в 2,4 раза.

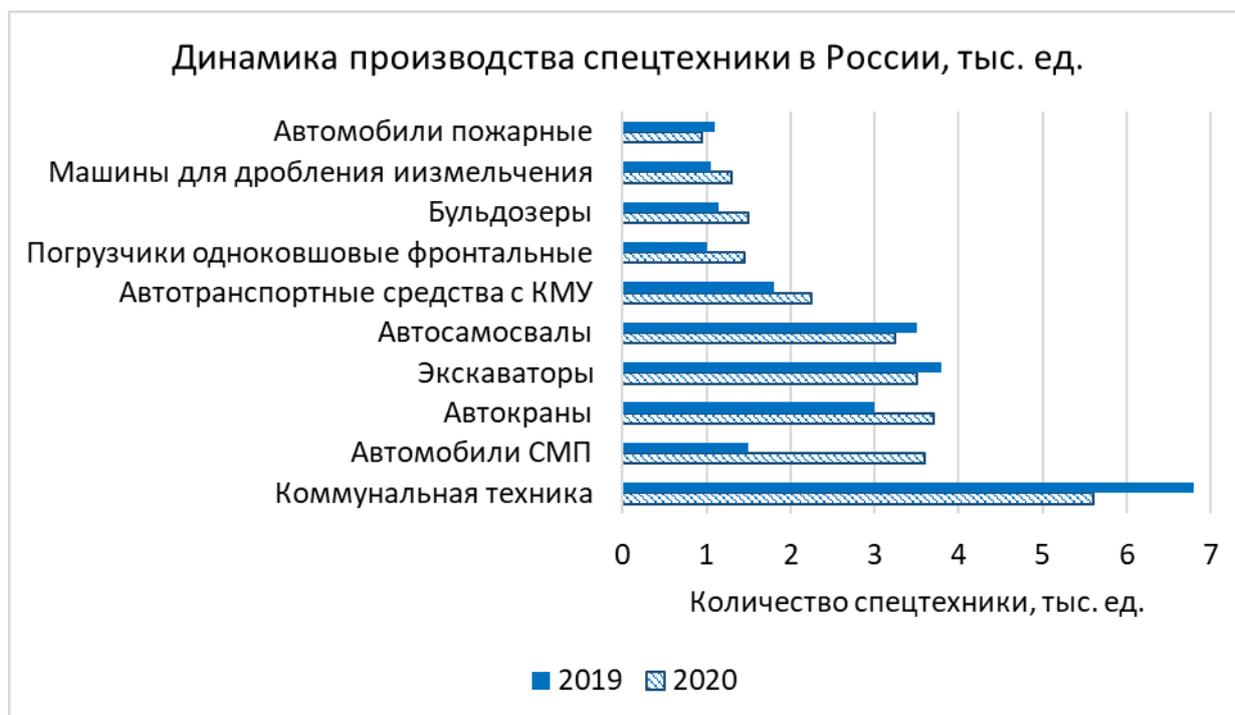


Рисунок 2.11 – Анализ производства спецтехники в России в 2019-2020 годах

По данным портала «Росспецмаш» в первом полугодии 2020 «года сокращение производства отечественной строительно-дорожной техники составило 8%, а объем выпуска машин – 19 млрд руб. Ослабление курса рубля привело к увеличению цены импортных комплектующих. Заводы столкнулись с проблемой нехватки компонентов, не имеющих аналогов на территории РФ, в связи с приостановкой производства на предприятиях в странах Европейского союза и Азии в первом полугодии» [68].

На динамику во втором полугодии 2020 года «повлиял фактор отложенного спроса после отмены ограничений из-за коронавируса. Кроме того, в первом квартале еще не была запущена программа льготного лизинга специализированной техники (после запуска она эффективно простимулировала платежеспособный спрос на внутреннем рынке). В конце 2020 года перед предприятиями специализированного машиностроения остро встала проблема беспрецедентного роста цен на металл (на 35%, а по некоторым видам продукции металлургических компаний – на 50%), которые

продолжают расти. Решением этой проблемы может стать введение плавающей экспортной пошлины на металлопрокат с целью обеспечения внутренних цен на металл на 20% ниже, чем на мировых биржах» [68].

«В Ассоциации «Росспецмаш» считают, «что рост цен на металл можно также частично компенсировать путем расширения действующих мер господдержки потребителей спецтехники: программ льготного лизинга и кредитования, субсидирования скидок на технику. Источником дополнительного финансирования программ может стать индексация ставок утилизационного сбора на специализированную технику, что принесет дополнительные доходы в федеральный бюджет РФ, позволит поддержать участников рынка и обеспечить положительную динамику отечественного производства. Если не принять этих мер, заводы из-за негативного действия роста цен на металл и других внешних факторов, влияющих на себестоимость производства (девальвация рубля, удорожание услуг естественных монополий и др.), будут вынуждены увеличить цены на свою продукцию в 2021 году на 10-20%. Это приведет к существенному сокращению производства и продаж техники, сокращению персонала и к значительному снижению инвестиций в новые проекты. В случае, если правительством будут утверждены предложения Ассоциации «Росспецмаш» по поддержке отечественного специализированного машиностроения, удастся избежать резкого увеличения цен на технику и сдержать их на уровне индекса дефлятора 5%» [68].

По данным агентства RAMR, в апреле 2021 года в России выпущено 4,0 тыс. ед. спецтехники, что на 60% больше, чем в апреле 2020 года. По итогам первых четырех месяцев текущего года производство спецтехники составило 13,4 тыс. ед. (+35% к январю-апрелю 2020 г.). В январе-апреле 2021 года производство всех типов спецтехники, входящих в TOP-5, увеличилось. Наибольший рост показало производство экскаваторов (+98%) [12] (рис.2.12).

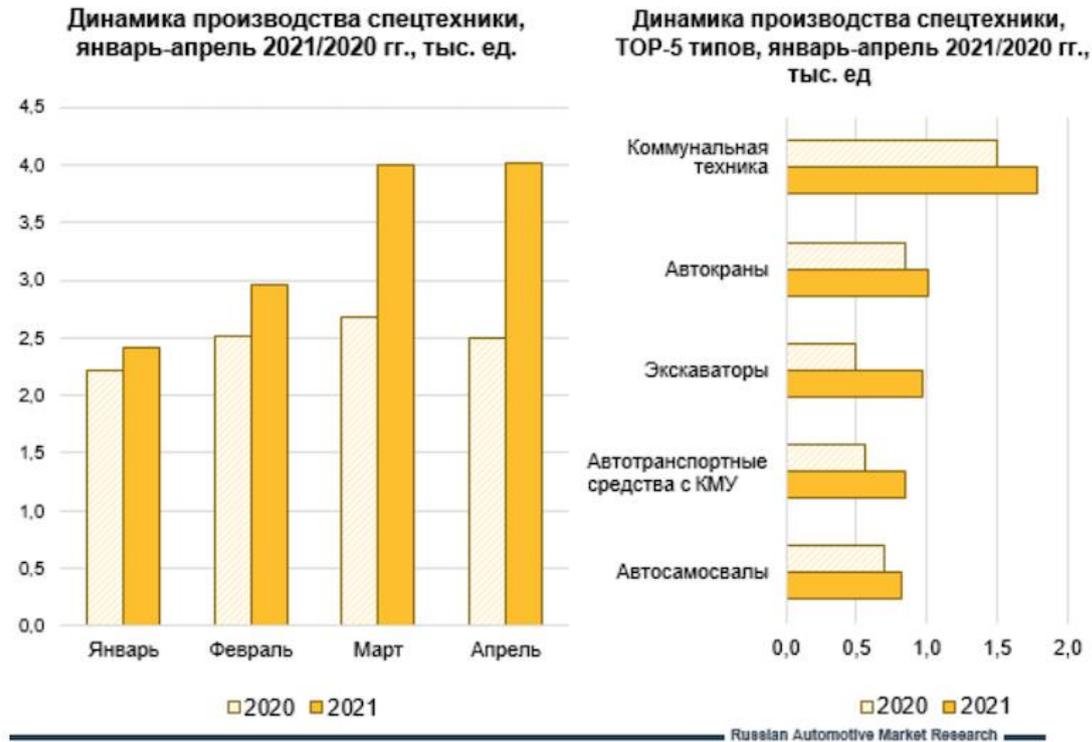


Рисунок 2.12 – Производство спецтехники в 2020-21 годах

### 2.3.2. Производители спецтехники

Первые два места занимают традиционные лидеры производства спецтехники, но в верхней части таблицы наблюдаются значительные изменения, связанные с позициями китайских производителей [29] (рис. 2.13).

Так, XCMG переместилась с 4-го на 3-е место, рост продаж — с \$11,1 млрд до \$15,1 млрд. Далее следует Sany — компания поднялась с 5-ой на 4-ю позицию, объём реализации продукции увеличился с \$10,9 млрд до \$14,4 млрд. А замыкает пятёрку лидеров ещё одна китайская компания — Zoomlion. Производитель сделал значительный скачок с 9-й на 5-ю строчку рейтинга.

Американская компания John Deere заняла 6-е место (вместо 3-го годом ранее). А каждый из брендов, расположившихся с 7-й по 10-ю строчку, опустился на одно место: речь идёт о Volvo CE, Hitachi CM, Liebherr и замыкающей десятку Doosan Infracore.

Напомним, что ранее в Hyundai Heavy Industries подтвердили сделку по приобретению почти 35% Doosan Infracore, что даёт право на осуществление административного управления южнокорейской компанией. В связи с этим будет интересно проследить, как такой шаг повлияет на продажи техники двух брендов.

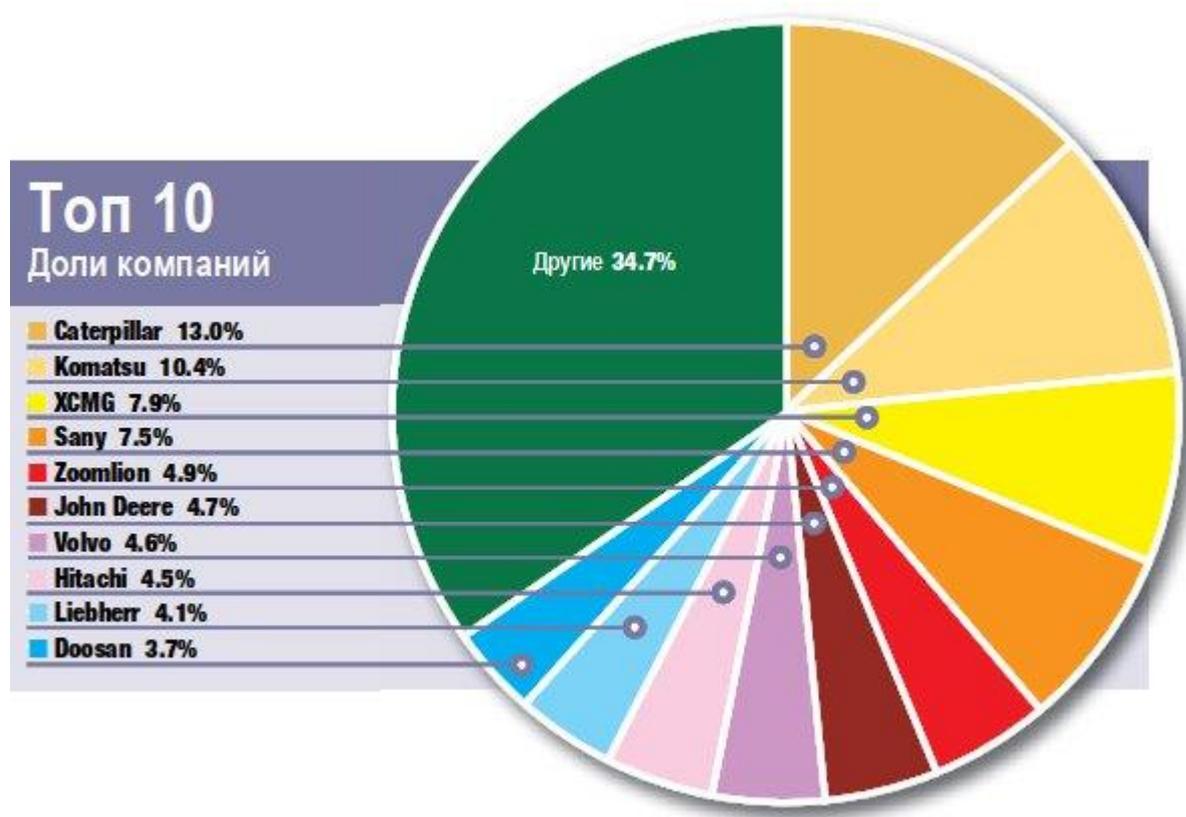


Рисунок 2.13 – Лидеры производства спецтехники [29]

Приведённая ниже информация показывает, что доля брендов из Азии в «Жёлтой таблице» увеличилась с 45,4% до 52,1%. Это неудивительно, учитывая показатели китайских компаний: три из пяти ведущих OEM-производителей — из КНР. Кроме этого, ещё один азиатский бренд в топ-5 — Komatsu, Япония. В то же время показатель Северной Америки снизился с 27,8% до 22,3%, и такое резкое падение произошло несмотря на то, что корпорация Caterpillar по-прежнему является лидером рынка. В результате американский рынок обогнала, в том числе, Европа, доля которой также

сократилась (с 26,2% до 25,2%) (рис. 2.14).

Следует отметить, что указанные выше значения основаны на данных о доходах компаний, перечисленных в «Жёлтой таблице», и не отражают статистику по регионам или отдельным странам в целом.

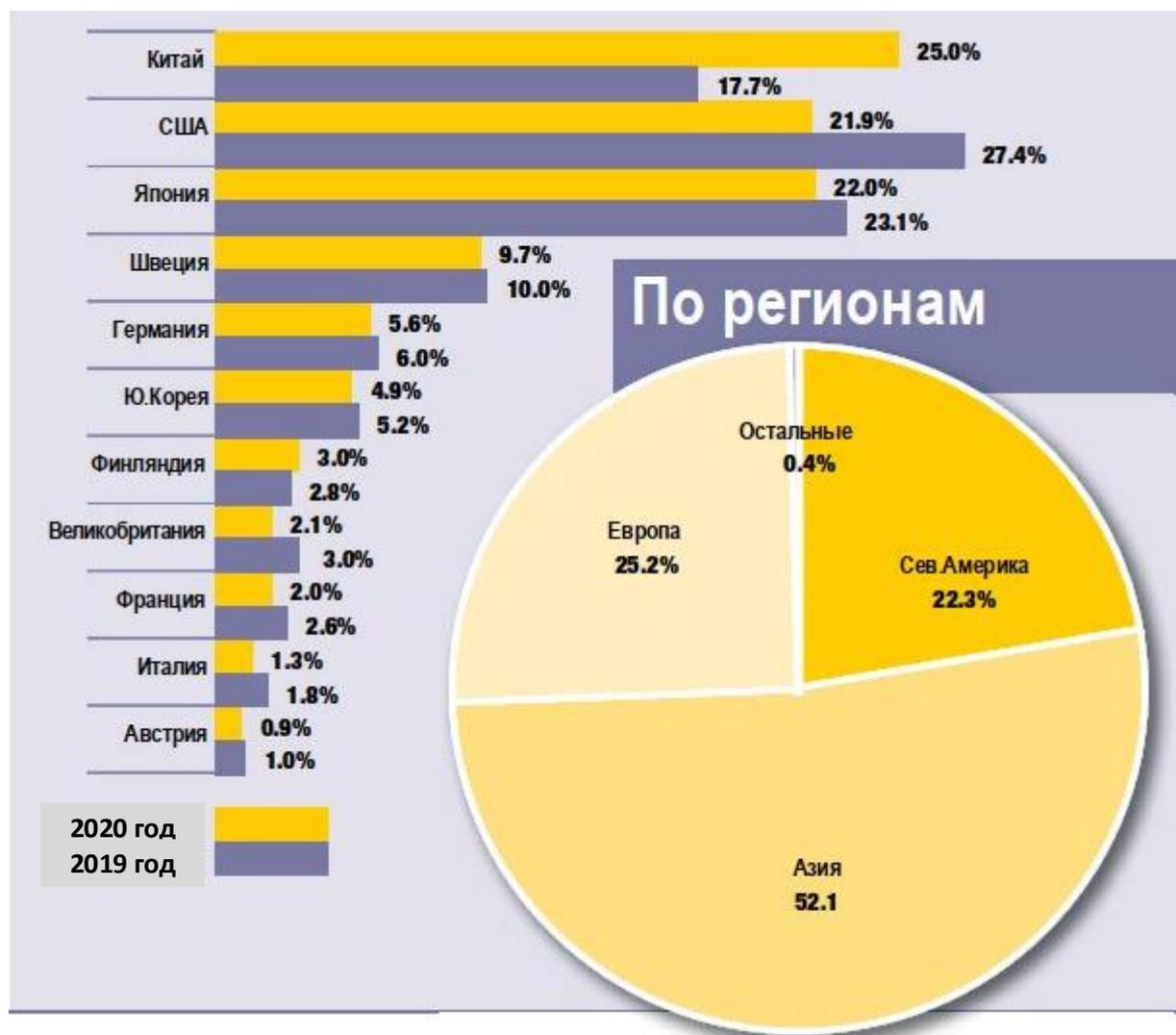


Рисунок 2.14 – Рейтинг стран-производителей спецтехники по доли в суммарных доходах от мировой продажи с 2019-20 годов

### 2.3.3. Динамика продаж

Несмотря на ряд сдерживающих факторов, в 2020 году «отмечен незначительный рост на рынке. По данным АЕБ, продажи спецтехники в России увеличились по сравнению с 2019 годом на 0,3%. Тем не менее этот показатель до сих пор отстает от уровня рынка в 2012–2013 годах и пока

составляет только 88% от результата тех лет» [22] (рис.2.15).



Рисунок 2.15 – Динамика продаж спецтехники в России с 2012 по 2020 годы по данным АЕБ [22]

Среди представленных в отчёте Ассоциации европейского бизнеса (АЕБ) типов техники лидирующие позиции в 2020 году занимали гусеничные экскаваторы (их доля в общем объёме — 31%) и экскаваторы-погрузчики (27%) [22] (рис. 2.16).

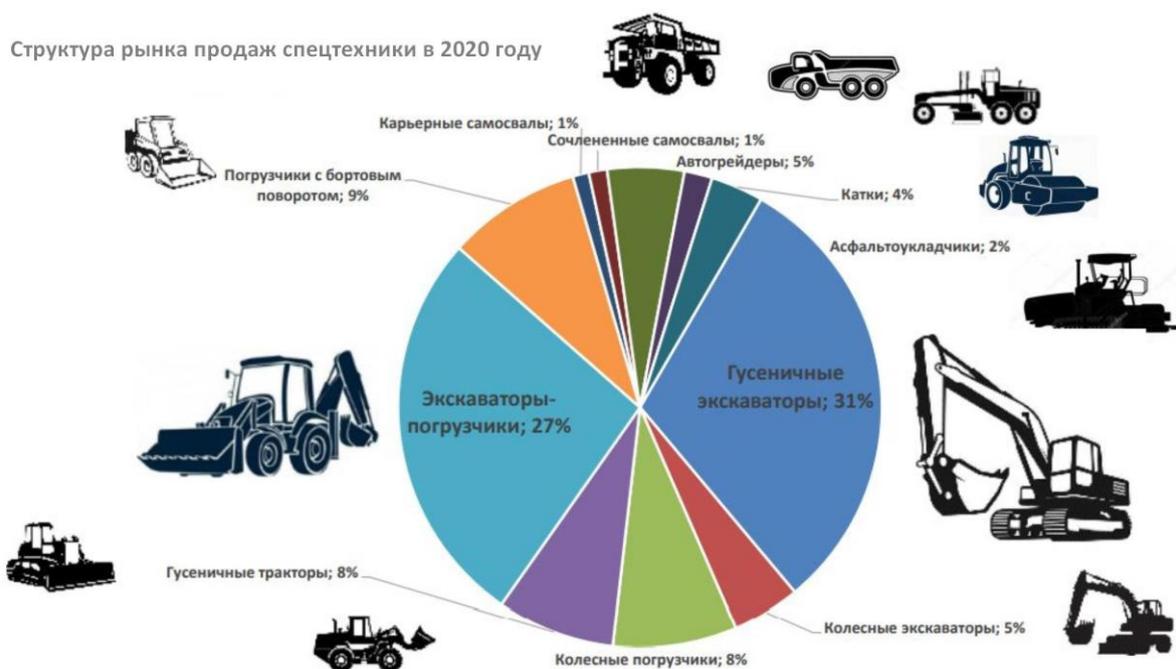


Рисунок 2.16 – Структура рынка продаж спецтехники в 2020 году

Хотя в 2022 году ожидается повышение рыночных цен на спецтехнику на 15...25% вследствие повышения утилизационного сбора и влияния инфляции и связанное с этим снижение количества продаж [22], отмечается на начало года некоторое повышение продаж. Это в первую очередь связано с реализацией национальной программы «Безопасные качественные дороги» и других инфраструктурных проектов. Так, рынок самосвалов в январе-апреле 2021 года вырос с 4,43 тыс. ед. до 5,28 в сравнении с аналогичным периодом 2019 года. Рынок автокранов увеличился с 0,62 тыс. ед. до 0,92 тыс. ед. А рынок строительной техники вырос с 0,22 тыс. ед. до 0,54 тыс. ед.) [12].

Динамично развивается на рынке строительной техники сегмент малогабаритной спецтехники (погрузчики с бортовым поворотом и экскаваторы-погрузчики). Ежегодный объем продаж в этом сегменте продолжает расти на 5–10% в год. А из расчета того, что Российская Федерация остро нуждается в реконструкции дорог, наибольшее развитие может показать техника для дорожного строительства: асфальтоукладчики, катки, автогрейдеры [49].

Специалисты высказывают мнение, что увеличение количества ввоза

импортной техники в РФ и, связанное с этим, возрастание продаж в первой половине 2021, вызвано существенным подъемом величины утилизационного сбора, состоявшимся в июне. Поэтому во второй половине года ожидается спад количества продаж [22].

Теперь к вопросу о б/у технике. В настоящее время спрос на б/у технику остается стабильно высоким. Однако учитывая тот факт, что с ростом утильсбора цены на нее приблизилась к стоимости новой машины, многие предприятия все чаще принимают решение в пользу покупки новой. Все более популярной становится продажа техники по схеме trade-in, которая существенно упрощает процесс покупки для клиента.

Предложения по продаже техники. По сравнению с серединой 2020 года в марте 2021 значительно увеличилась доля предложений по новым экскаваторам из Китая (с 29% до почти 45%). При этом на рынке бывшего в эксплуатации оборудование продолжают лидировать японские бренды (45%, годом ранее — 32%) (рис. 2.17) [86]. Отметим, что «производители отнесены к определенному региону мира в зависимости от расположения его головного офиса: Doosan (Ю.Корея), Hyundai (Ю.Корея), Komatsu (Япония), Hitachi (Япония), RM-Tegeh (Россия), UMG (Россия), Sany (Китай), SDLG (Китай), Caterpillar (США), John Deere (США), Volvo (Европа), Liebherr (Европа) и т.д.» [86].

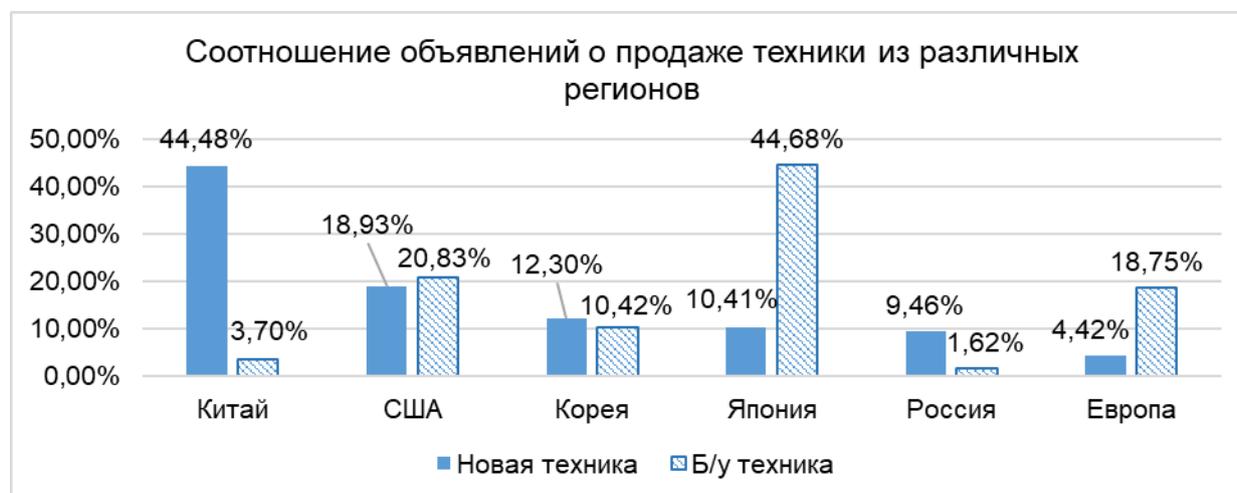


Рисунок 2.17 – Соотношение объявлений о продаже техники из различных регионов [86]

Наиболее активными в начале года оказались поставщики техники SDLG (более 14% объявлений), Case (почти 12%) и Sany (11%). Всего же на торговых площадках было представлено более 25 марок новых экскаваторов (рис. 2.18, 2.19) [86].

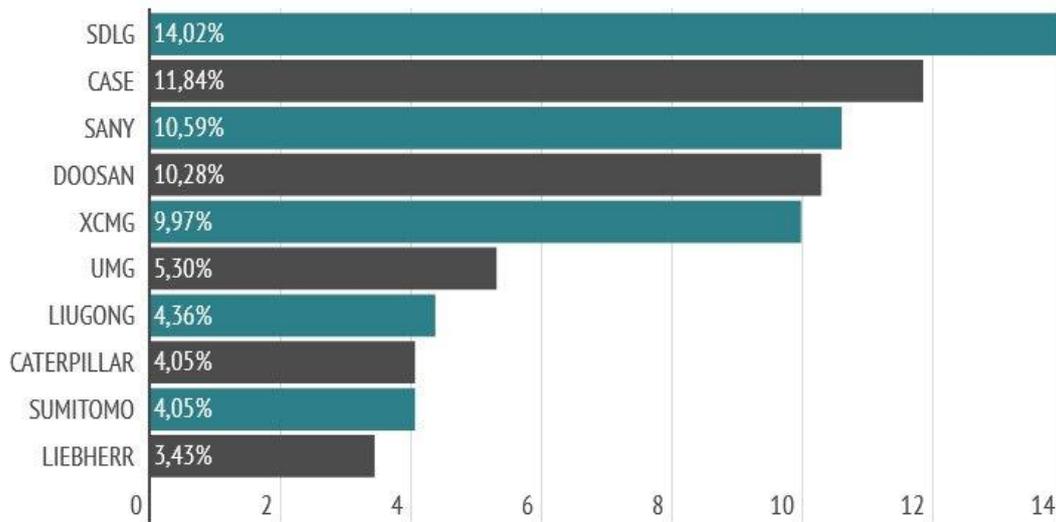


Рисунок 2.18 – ТОП-10 брендов по РФ (новая техника)

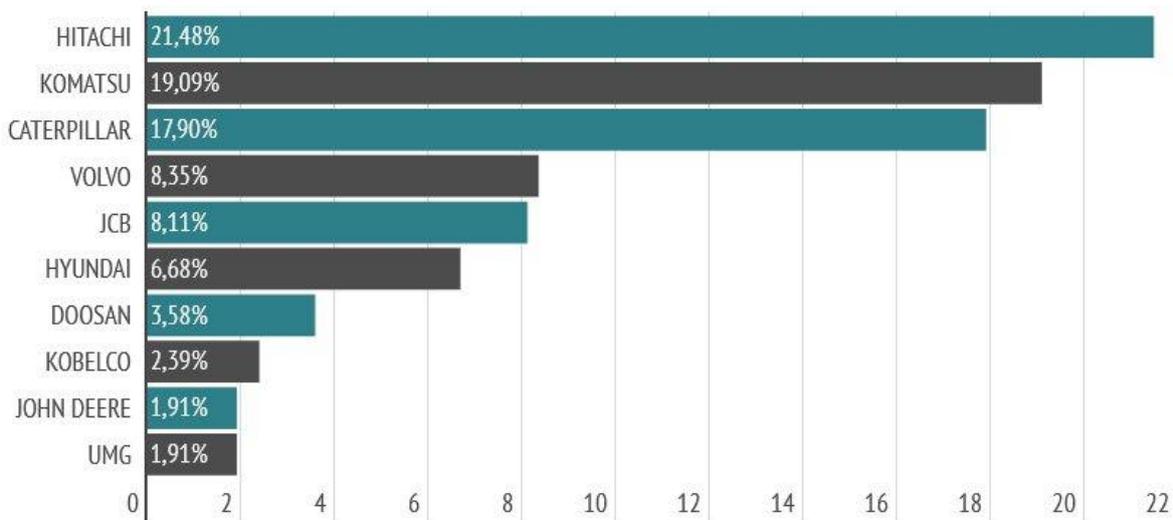


Рисунок 2.19 – ТОП-10 брендов по РФ (б/у техника)

Отдельно стоит отметить, что марочная структура значительно отличалась в разных регионах России.

Несколько слов о возрастной структуре техники. Более 45% подержанных экскаваторов — это машины 2011–2015 г.в. В ещё 30% объявлений указаны значения в диапазоне 2006–2010 годов (рис. 2.20).

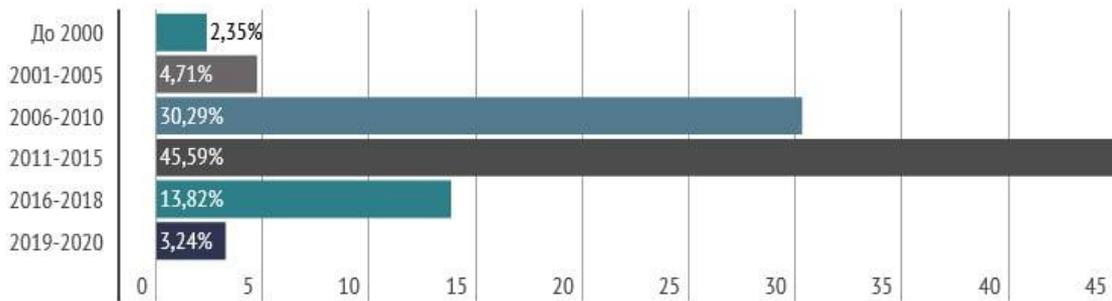


Рисунок 2.20 – Структура предложений по годам выпуска (б/у техника)

### Импорт строительной техники

Показатели импорта в целом по оборудованию начали рост в 2016 г. Однако, в случае с рынком спецтехники ситуация несколько иная: в 2016-м был введён утилизационный сбор, который на фоне остальных проблем ещё больше усугубил положение в сегменте импортного оборудования. Тем не менее в 2017 г. наблюдалась положительная динамика, которая сохранилась в 2018–2019 годах (исключение — направление бульдозеров в 2019). В I квартале 2020 г. рост зафиксирован только на рынке экскаваторов-погрузчиков [71] (рис. 2.21). В 2020 году объем импорта спецтехники вырос в среднем на 6% по сравнению с 2019 годом.

### Сравнительные объемы импорта основных видов строительной техники в 2015 - 2019 гг., шт.

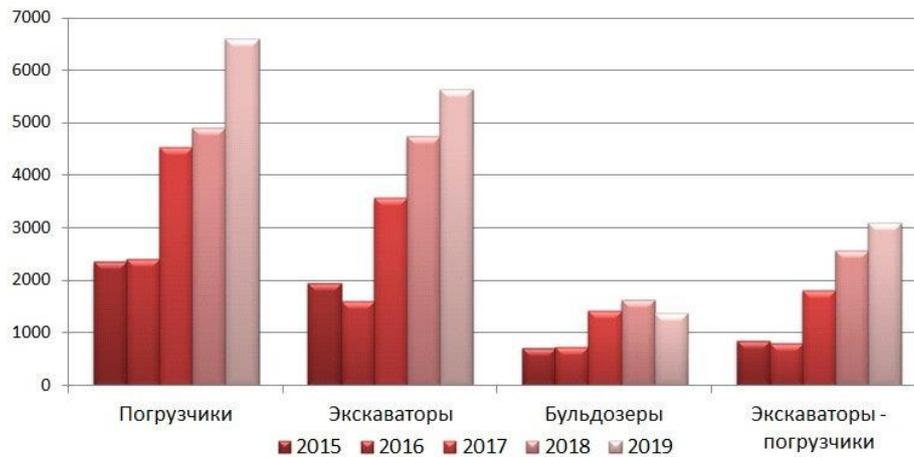


Рисунок 2.21 – Динамика импорта строительной техники в 2015-19 годах

#### Данные по отдельным типам машин

Общие тенденции: преобладание импорта новой техники: по данным на 2019-20 годы - фронтальные погрузчики 99%, экскаваторы 70%, бульдозеры 96%, экскаваторы-погрузчики 98%.

#### 2.3.4. Цены на спецтехнику

Динамику цен на промышленную продукцию принято оценивать с помощью «индекса цен производителей» (ИЦП) (producer price index, PPI), показателя темпа инфляции (inflation) по товарам, реализованным или произведенным в данной стране [32] (рис. 2.22).



Рисунок 2.22 – Инфляция в России [ин76]

Индексы цен производителей в отдельных секторах экономики за 2020 г. (декабрь к декабрю 2019 г.) составили: промышленных товаров – 103,6%, сельскохозяйственной продукции – 113,1%, продукции инвестиционного назначения – 104,8%; индекс тарифов на грузовые перевозки – 105,2% [88].

Примерно такой же рост цен (103%) прогнозируется Минэкономразвитием и в 2021 [31]. Однако, по 1 кварталу 2021 зафиксирован рост цен на промышленные товары, в том числе и на отдельные виды спецтехники в районе 10% [33] (рис. 2.23). С учетом же повышения утильсбора с 24 июня 2021 года в третьем-четвертом кварталах этого года следует ожидать более резкое повышение цен на СМ, чем в предыдущие два года.



Рисунок 2.23 – Индексы цен производителей промышленных товаров [33]

Так, агентство Russian Automotive Market Research (RAMR) проанализировало динамику цен на новую и поддержанную спецтехнику. Согласно данным агентства, с 1 квартала 2020 года по 1 квартал 2021 года новая спецтехника в среднем подорожала на 7%, а средние цены на поддержанную спецтехнику выросли на 5%. Среди новой спецтехники наибольший рост цен наблюдался у карьерной техники (+11%) [12] (рис. 2.24).



Рисунок 2.24 – Динамика цен на спецтехнику [12]

Согласно аналитике портала «Экскаватор.Ру» стоимость гусеничных экскаваторов значительно подорожала на март 2021 года в сравнении с августом 2020: новая техника отечественного производства (на 13,4%), а импортная техника в среднем для рассматриваемых регионов увеличилась на 10,7% (рис. 2.25). Рост цен на рынке б/у экскаваторов оказался более значительным — импортная техника в среднем на 10%, отечественные экскаваторы более 20%. При этом в отдельных сегментах техника (импортные экскаваторы массой до 30 тонн) стала даже более доступной для покупателей [86] (рис. 2.26). *В основном повышение цен в два-три раза превышает уровень инфляции и индекс цен производителей промышленных товаров.*

На основе данных [86] выполнен анализ изменения средней стоимости 20-30 тонных гусеничных экскаваторов в зависимости срока службы (рис. 2.27), причем это изменение практически идеально (адекватность порядка 99%) описывается экспоненциальной зависимостью. Анализ показывает, что интенсивность снижения стоимости (показатель экспоненты) российских экскаваторов в функции срока службы примерно в два раза выше, чем у зарубежных. Аналогичная зависимость наблюдается для большинства СМ.

Регион	Масса 20-30 тонн	Масса 30-40 тонн
Россия	7 895 600 (-3,9%)	13 184 000 (+30,6%)
Китай	9 677 900 (+11,3%)	14 919 200 (+11,3%)
Ю.Корея	10 661 100 (+12,4%)	15 497 400 (+4,3%)
Япония	11 620 900 (+9,5%)	17 091 300 (+10,6%)

Рисунок 2.25 – Цены на новые гусеничные экскаваторы в зависимости от класса

Регион	Масса 20-30 тонн	Масса 30-40 тонн
Россия	4 301 100 (+21,9%)	5 300 000 (+20,4%)
Япония	4 497 300 (+4%)	5 163 500 (-4,2%)
США	4 669 300 (+5,8%)	6 347 100 (-2%)
Европа	4 188 100 (-5,6%)	7 085 300 (+26,7%)
Ю.Корея	5 101 000 (+9,3%)	7 023 900 (+1,6%)

Рисунок 2.26 – Цены на б/у гусеничные экскаваторы в зависимости от класса

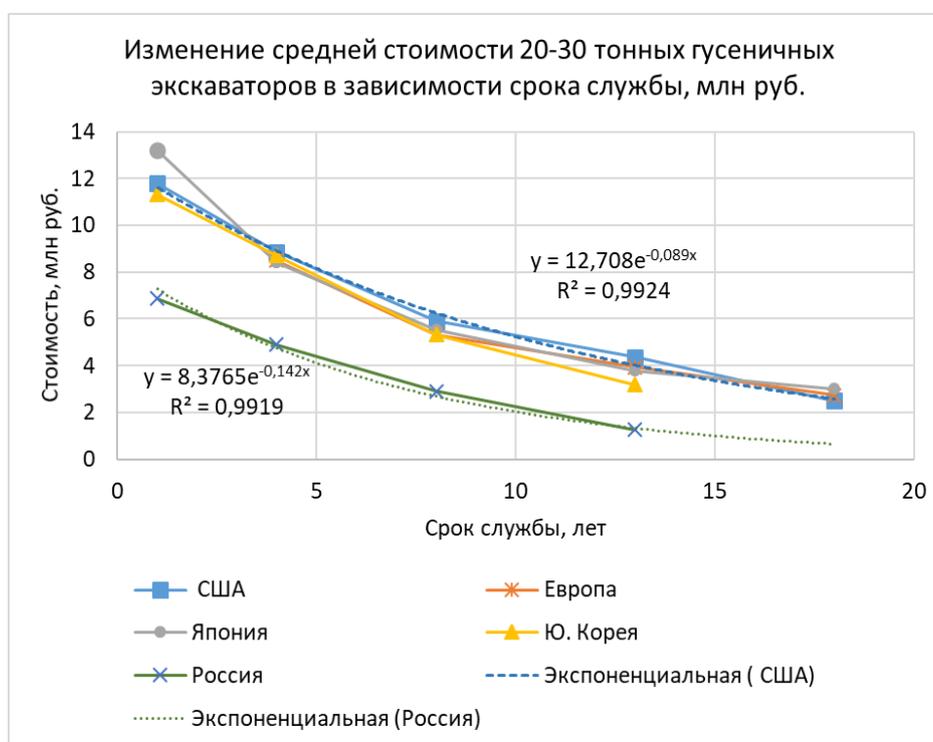


Рисунок 2.27 – Изменение средней стоимости 20-30 тонных гусеничных экскаваторов в зависимости срока службы, млн руб.

Однако, как уже указывалось выше, с повышением утильсбора с 24 июня 2021 года в третьем-четвертом кварталах этого года следует ожидать более резкое повышение стоимости, особенно на зарубежную технику со сроком эксплуатации.

### **2.3.5. Лизинг и аренда техники, как дополнительный фактор обновления парка машин**

#### **Лизинг**

«Лизинг на российском рынке развивается одновременно с мировым рынком. Это проявляется в унификации и стандартизации законодательства страны в области финансовой аренды, постепенной адаптации российской экономики к условиям членства во Всемирной торговой организации, применении международных стандартов финансовой отчетности, использовании зарубежного опыта применения лизингового инструмента в бизнесе и участии на мировых рынках капиталов и поиске оптимальных путей наращивания объемов лизинговых сделок» [6].

«Рейтинговое агентство «Эксперт РА» проводит исследования рынка лизинга и составляет списки крупнейших лизинговых компаний по итогам каждого года, полугодия и девяти месяцев, используя при анализе термин «новый бизнес». «Новый бизнес» - это стоимость переданных клиентам предметов лизинга в течение рассматриваемого периода без НДС (соответствует методике Leaseurope: New business is the total value of assets provided during the period, excluding VAT and finance charges) [76]. В исследовании по итогам 2020 года приняли участие 106 лизинговых компаний, объем «нового бизнеса» которых, по подсчетам, составляет около 95% всего лизингового рынка» [67] (рис. 2.28).



Рисунок 2.28 – Совокупный портфель лизинговых компаний, млрд. руб.

Не смотря на снижение общего объема «нового бизнеса» в РФ на 7% в 2020 году (рис. 2.39), строительная и дорожно-строительная техника, включая строительную спецтехнику на колесах, показала прирост объема лизинговых услуг в 2020 году на 17% по сравнению с 2019 годом (рис. 2.30). Причем финансовый лизинг имел преобладающее значение над оперативным – порядка 90% (рис. 2.31). Однако, последние два года (с 2018 г.) темпы роста объемов лизинга в «новом бизнесе» вначительно понизились – в семь раз в 2020 году по сравнению с 2017 г. , по первое полугодие 2021 года показало прирост на 5%. (рис. 2.29) [67].

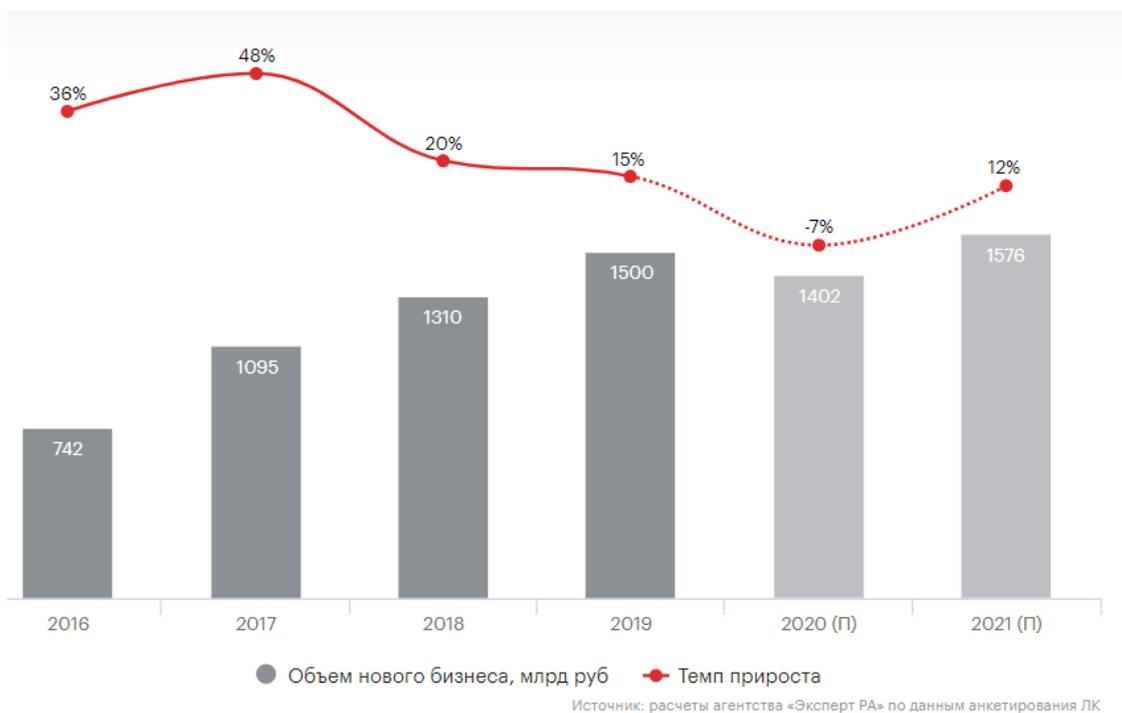


Рисунок 2.29 – Соотношение темпов роста объемов лизинга в «новом бизнесе» в млрд руб.

[67]

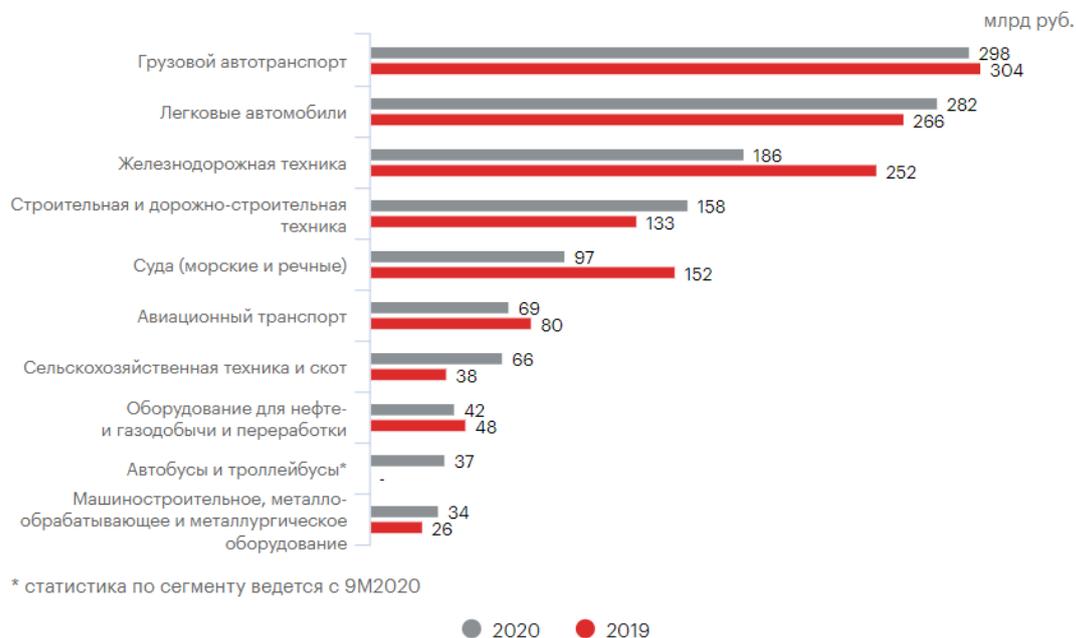


Рисунок 2.30 – Объемы «нового бизнеса» по предметам лизинга в первые девять месяцев 2019 и 2020 годов [67]

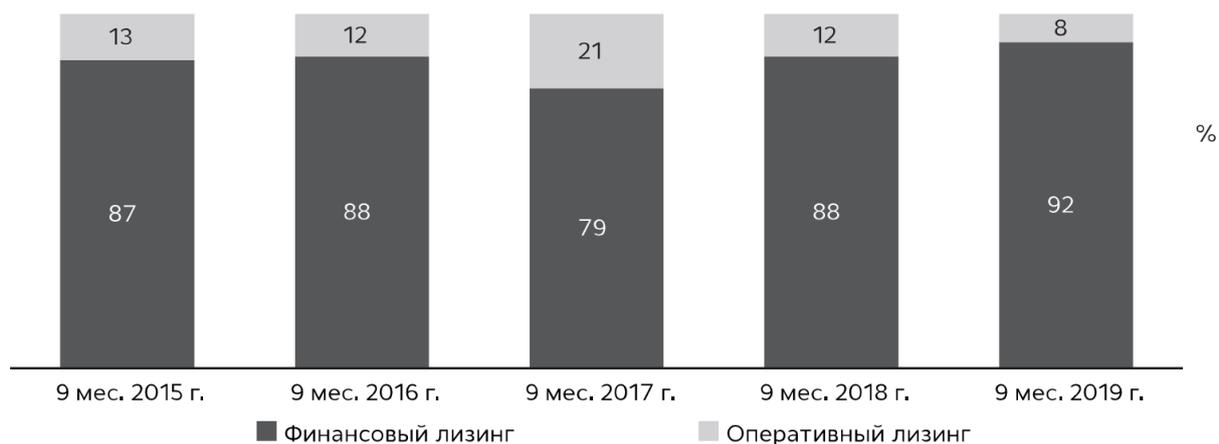


Рисунок 2.31 – Процентное соотношение объемов финансового и оперативного лизинга в «новом бизнесе» [76]

«Значимость лизинга в ВВП - это первая и самая общая макроэкономическая пропорция, характеризующая развитость лизингового рынка. В экономически развитых странах данный показатель находится на уровне 2-3%. Например, в Великобритании - 3,15%, Италии - 3,12%, Австрии - 2,72%, Германии - 2,19%, США-1,91%. В Российской Федерации он пока немногим более 1%. Следующий показатель - удельный вес лизинга в общем объеме инвестиций в основные фонды. Он также определяет важнейшие макроэкономические тенденции. Так, в США в течение ряда лет этот показатель был на уровне 29-31%, в Великобритании в 2008 году он соответствовал 24,8%, в Италии -19,2%, в Германии -18,6%. Этот показатель можно учитывать в рамках микроэкономических процессов на уровне предприятий-лизингополучателей. В настоящее время уровень Российской Федерации по объему лизинговых операций, удельным показателям лизинга в ВВП и инвестициях в основные фонды (около 7%) соответствует Нидерландам» [55, 67] (рис. 2.32).



Рисунок 2.32 – Доля лизинга в ВВП РФ

С середины 2020 года реализуется Программа льготного лизинга специализированной техники и оборудования в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03 июня 2020 г. №811. Постановление № 811 распространяется на такую технику как краны, самоходные машины, автопогрузчики, прицепы и полуприцепы, дорожно-строительные и прочие машины и оборудование отечественных производителей.

Условия:

- предмет лизинга – новое имущество (спецтехника и (или) оборудование на ПТС /ПСМ);
- дата производства имущества – не ранее 3х лет до года заключения договора лизинга (не ранее 2019 года);
- авансовый платеж – не менее 10% и не более 50% от стоимости специализированной техники и (или) оборудования;
- срок лизинга – не менее 24 месяцев.

Размер субсидии.

Скидка до 15% от стоимости предмета лизинга на условии франко-завод (с НДС), если передача техники по договору лизинга осуществляется в

субъектах Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного и Сибирского федеральных округов, Республик Карелия, Коми и Крым, Ненецкого АО и ЯНАО, г. Севастополя, а также Архангельской, Калининградской и Мурманской областей.

Скидка до 10% от стоимости предмета лизинга на условии франко-завод (с налогом на добавленную стоимость) при передачи техники в остальных субъектах Российской Федерации (кроме вышеперечисленных).

Агентство Russian Automotive Market Research проанализировало рынок лизинга спецтехники за четыре месяца 2021 года. За январь-апрель 2021 г. в финансовый лизинг передано 11,7 тыс. специальной техники, что на 89% больше результата января-апреля 2020 г. В сделках финансового лизинга долевое участие лизингополучателей претерпело следующие изменения. Доля ИП увеличилась с 8% до 12%, доля компаний с государственным участием также показала рост с 0,4% до 3%. Доля физических лиц осталась неизменной и составила 0,1%. Отметим, что совместная доля прочих компаний сократилась на 7% и составила 85% [84] (рис. 2.33).

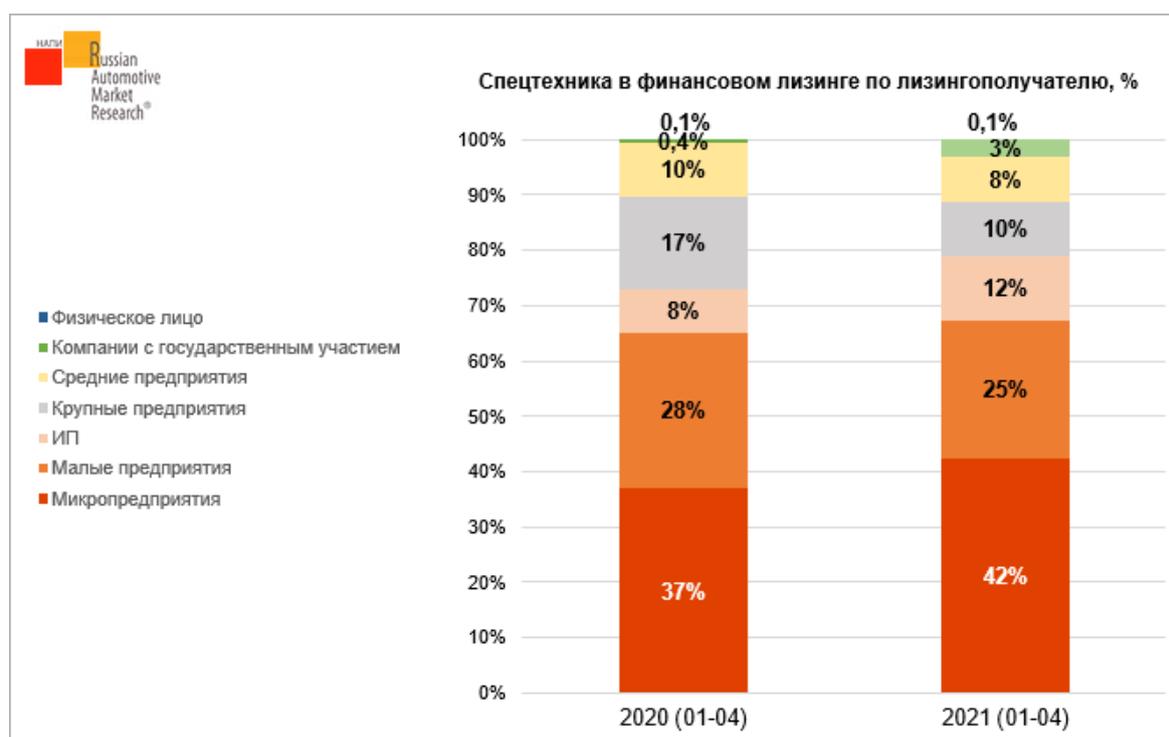


Рисунок 2.33 – Структура рынка финансового лизинга спецтехники по лизингополучателю

Агентство Russian Automotive Market Research проанализировало рынок лизинга спецтехники за четыре месяца 2021 года. За январь-апрель 2021 г. в финансовый лизинг передано 11,7 тыс. специальной техники, что на 89% больше результата января-апреля 2020 г. По итогам января-апреля 2021 г. количество приобретенной в лизинг дорожно-строительной техники выросло на 93% и составило 5,1 тыс. ед. Лизинговые продажи сельскохозяйственной техники увеличились на 77% до 2,1 тыс. ед. Количество складской техники в лизинге составило 0,7 тыс. ед., что на 25% больше АППГ [89] ((рис. 2.34).



Рис. 2.34. Статистика лизинговых продаж специальной техники [89]

В доле структуры спецтехники в лизинговых договорах лидируют дорожно-строительная (44%) и подъемная техника (18%) (рис. 2.35) [89].



Рисунок 2.35 – Долевая структура спецтехники в лизинговых договорах, %

## Аренда

Рынок аренды спецтехники в России находится в фазе активного роста. Коэффициент использования арендной техники в строительном секторе весьма невысок и составляет около 1%. В США, например, этот показатель преодолел планку в 3% (\$36 млрд.), а в ряде стран Европы составляет 4–5%. При этом доля продаж строительной техники в арендные компании в среднем по Европе составляет порядка 25%, то есть около четверти всех инвестиций в приобретение машин и механизмов производилось арендными компаниями. По оценке экспертов, арендный рынок Европы тоже не достиг своей зрелости, и в течение ближайших пяти лет доля продаж техники арендным компаниям в Европе удвоится [78].

Сегодня рынок аренды дорожно-строительной техники его объем можно оценить в 50 млрд. руб., что в десятки раз меньше, чем в развитых европейских странах. Прирост рынка аренды строительной техники составляет около 50% в год, количество арендных компаний ежегодно удваивается. Около 80% всего объема рынка приходится на Центральный, Северо-Западный, Приволжский и Уральский федеральные округа [78].

Несмотря на общую нестабильную ситуацию в мировой экономике,

эксперты прогнозируют ежегодный прирост строительного рынка на уровне 8–9%, что также положительно скажется на темпах роста рынка аренды в среднесрочной перспективе. И вот почему:

- дефицит свободных оборотных средств у небольших строительных компаний играет на руку арендным компаниям, так как в краткосрочной перспективе клиент не готов тратить средства на покупку дорогостоящей техники;
- аренда в наибольшей степени удовлетворяет требования такого клиента, если нужно выполнить определенный объем работ, не привлекая значительных денежных средств. При этом аренда с правом выкупа позволяет в последующем приобрести технику для своего технологического парка, предварительно оценив ее эксплуатационные свойства [78].

Установлены 7 главных факторов роста спроса на рынке спецтехники [78]:

- адаптация производств к утилизационному сбору;
- волнообразный характер спроса;
- лизинговая льготная программа;
- увеличение объема работ по строительству дорог;
- новые кредитные условия;
- увеличение объема работ по строительству крупных объектов.

В 2021 году экскаваторы-погрузчики вновь стали самым популярным типом техники на арендном рынке (доля — более 36%). На втором месте разместились бульдозеры (разница с первой позицией — около 10%). При этом количество объявлений о сдаче в аренду фронтальных погрузчиков, а также экскаваторов (гусеничных и колёсных) оказалось практически одинаковым (19% и 18% соответственно) [58] ((рис. 2.36).



Рисунок 2.36 – Структура рынка аренды спецтехники [58]

В сегменте фронтальных погрузчиков тройка лидеров среди брендов выглядит следующим образом: первое место занимает Амкодор, второе и третье — SDLG и Caterpillar. В сегменте бульдозеров в топе — китайская техника Shantui, следом идут машины Caterpillar и Komatsu [58] (рис. 2.37).

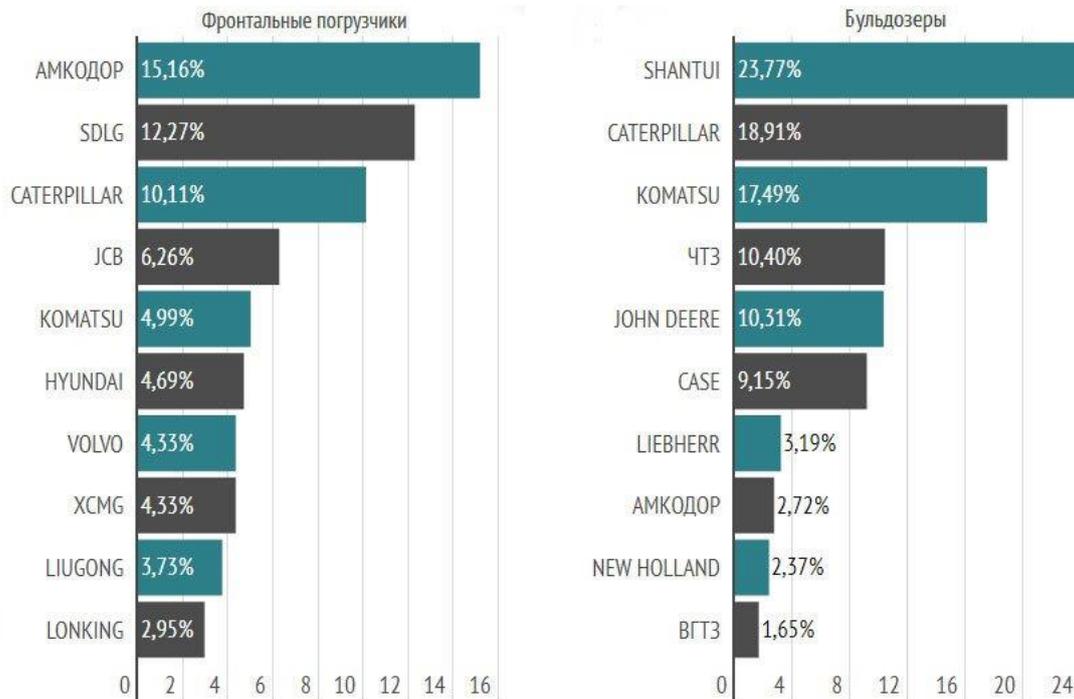


Рисунок 2.37 – Рейтинг 1 популярности арендуемой техники

На рынке экскаваторов первые две строки рейтинга занимают бренды Hitachi и JCB с разницей по количеству объявлений в 6,54%. Наиболее популярной маркой экскаваторов-погрузчиков стала JCB (доля — 44%). На втором и третьем местах в данном сегменте разместились Caterpillar и Terex [58] (рис. 2.38).

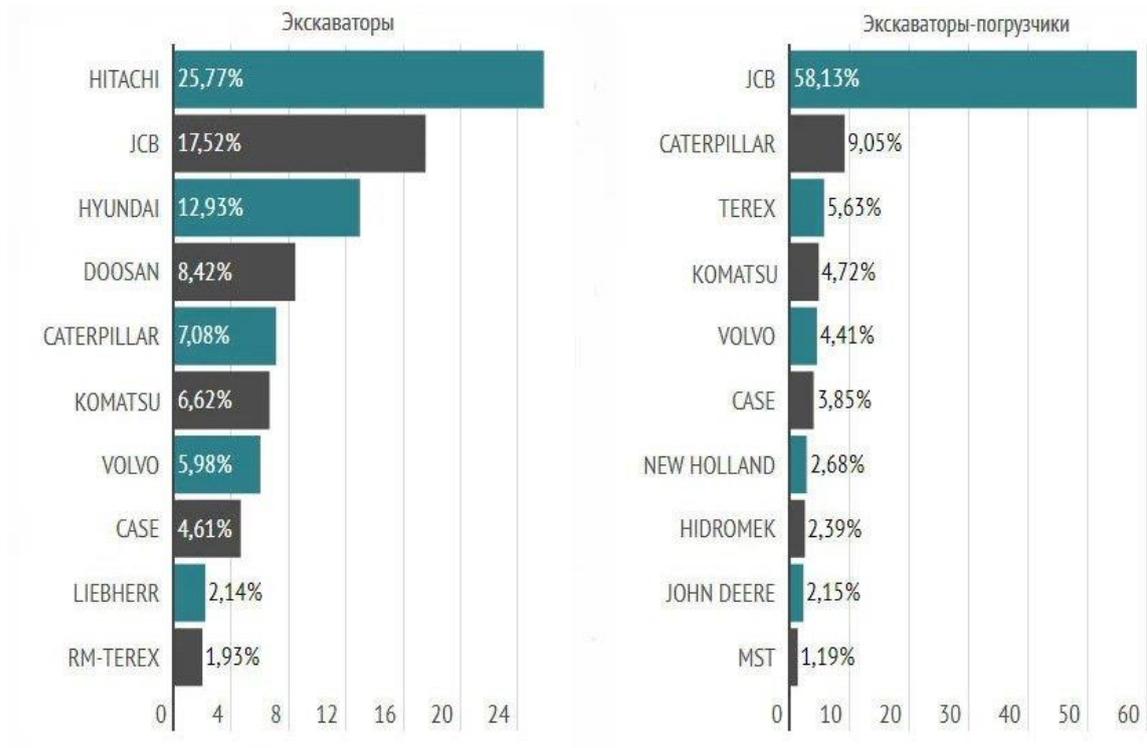


Рисунок 2.38– Рейтинг 2 популярности арендуемой техники

Основу арендных парков составляют машины 2011–2015 г.в.: в зависимости от типа техники их доля — порядка 48–61% [58] (рис. 2.39).



Рисунок 2.39 – Возрастная структура арендуемой техники

Арендные ставки в зависимости от класса техники представлены на рис. 2.40. В разрезе регионов ситуация неоднородная. Так, самые низкие цены установлены в Дальневосточном федеральном округе. А дороже всего арендовать технику в Сибирском регионе [58]

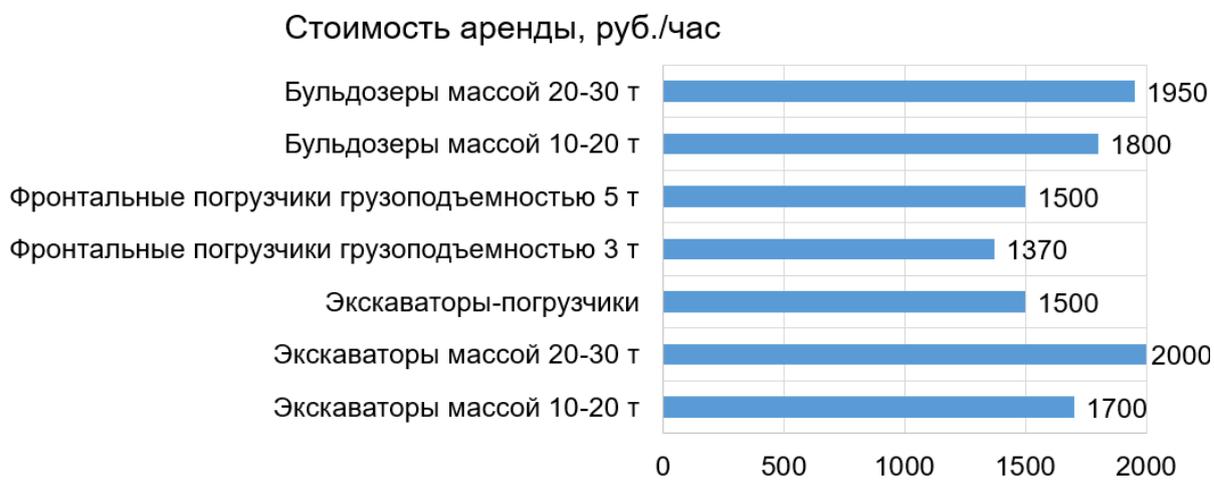


Рисунок 2.40 – Средние размеры арендных ставок на спецтехнику

## 2.4 Исследование рейтинга потребительских качеств ТТМ

Строительная техника занимает две трети российского рынка спецтехники, оставшаяся часть приходится на коммунальные, сельскохозяйственные, лесные и другие машины.

Масштабное дорожное строительство невозможно без организации эффективной эксплуатации дорожно-строительной техники, а эффективная эксплуатация подразумевает определенные требования к потребительским качествам этих машин, которые как показывает практика зависят от рыночной обстановки в мире и в России, в частности. Именно поэтому очень важно ответить на вопрос: «Какие потребительские качества дорожно-строительных машин востребованы в настоящее время, какими количественными показателями их можно оценить, какова тенденция изменения потребительских качеств в период экономического роста и в период спада».

Российский рынок дорожно-строительной техники за последнее десятилетие испытал несколько потрясений [49, 85]:

- в период экономического кризиса 2007-2008 гг.;
- в период политических санкций с 2013-2014 гг. и по настоящее время;
- после введения утилизационного сбора в феврале 2015 года, который начал действовать с 1 января 2016 года, и изменяется каждый год.

Если кризис 2007-2008 года был глобальным, и Россия выходила из него со всей мировой экономикой, то потрясения 2013-2014 гг. и последующих лет имели, во многом, политическую природу и касались непосредственно нашей страны.

В настоящее время большинство строительных организаций в России предпочитают осуществлять ремонт собственными силами, поскольку это намного дешевле покупки новой техники (тем более с учетом утилизационного сбора) и проблем с покупкой комплектующих, запасных частей и расходных материалов, пока не предвидится. Правда есть одна опасность: рынок запчастей заполнен контрафактом, по некоторым оценкам, до 70-90%, а оригинальные

запчасти не всегда есть в наличии у местных поставщиков, а их поставка (включая «растаможку») может занять значительное время, в течение которого машина будет простаивать.

Основные положения «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» утвержденной Правительством РФ в 2008 году (с изм. в 2014 и 2018 годах), показывают, что транспортные коммуникации страны, и не только они, нуждаются в совершенствовании.

В 2021 году в России ожидается продолжение реализации начатых инфраструктурных проектов по всей стране.

Уже запланировано, что с 2019 по 2024 год на строительство и реконструкцию почти 700 объектов будет потрачено 6,8 трлн. рублей. Только на транспортную инфраструктуру государство намерено потратить 6,5 триллионов. А ни одна стройка не может обойтись без тяжелой строительной техники, т.е. потребность в экскаваторах, самосвалах, грейдерах и других тяжелых строительных машин возрастет многократно.

На развитие энергетики планируется потратить ещё 300 миллиардов рублей.

Положительное влияние на рынок спецтехники окажут и масштабные инвестиционные программы:

- по строительству трубопроводов и хранилищ;
- развитие нефтяных и газовых месторождений;
- добыча негорючих полезных ископаемых.

Только в Газпроме, в соответствии с проектом инвестиционной программы на 2019 год, общий объем освоения инвестиций составит 1 трлн 325 млрд 724 млн руб. Учитывая перечисленные и другие проекты, можно прогнозировать рост продаж новых машин., т.к. часть запланированных средств подрядчики закономерно направят на обновление парка техники.

Об оптимистичном сценарии развития отрасли свидетельствуют стабильные макроэкономические показатели, стабилизация курса валюты,

нормализация ситуации в банковском секторе, а также в целом позитивные настроения участников рынка, которые надеются, что положительная динамика на рынке сохранится в 2021 году.

Значение дорожно-строительного комплекса для экономики любой страны переоценить трудно, а в России, с ее огромными пространствами, суровыми природно-климатическими условиями и неразвитой инфраструктурой роль дорожно-строительного комплекса возрастает многократно.

Масштабное дорожное строительство невозможно без организации эффективной эксплуатации тяжелой дорожно-строительной техники, а эффективная эксплуатация подразумевает определенные требования к потребительским качествам этих машин. Именно поэтому очень важно ответить на вопросы:

- какие потребительские качества дорожно-строительных машин востребованы в настоящее время?
- какими количественными показателями их можно оценить?
- какова тенденция изменения потребительских качеств в период экономического роста и в период кризисов?

При проведении анализа за последние 25 лет использованы результаты экспертных оценок, проведенных в разные годы Институтом Проблем транспорта РАН, Национальным Агентством промышленного маркетинга, группой компаний “ИКО”, компанией “Стройтехконсалтинг”, “Научно-производственной компанией “НТМТ” и Автомобильно-дорожным факультетом СПбГАСУ [6], в которых участвовали авторы.

Опрос 2019 года (рис. 2.41, 2.42)<sup>1</sup> показал, что главным потребительским качеством дорожно-строительных машин, уже второй опрос подряд, являются «Суммарные эксплуатационные расходы» (18,65%), в 2016 году он также лидировал с 18,3%. По данным опроса 1993-1994 гг. он составлял – 2,5%; в

---

<sup>1</sup> Сводная таблица рейтинга качеств ТТМ приведена в Приложении 2

2002 году – 15,0%; в 2004 году – 16,6%; в 2010 году – 16,45%; в 2013 году – 14,35%; в 2015 году – 17,2%.

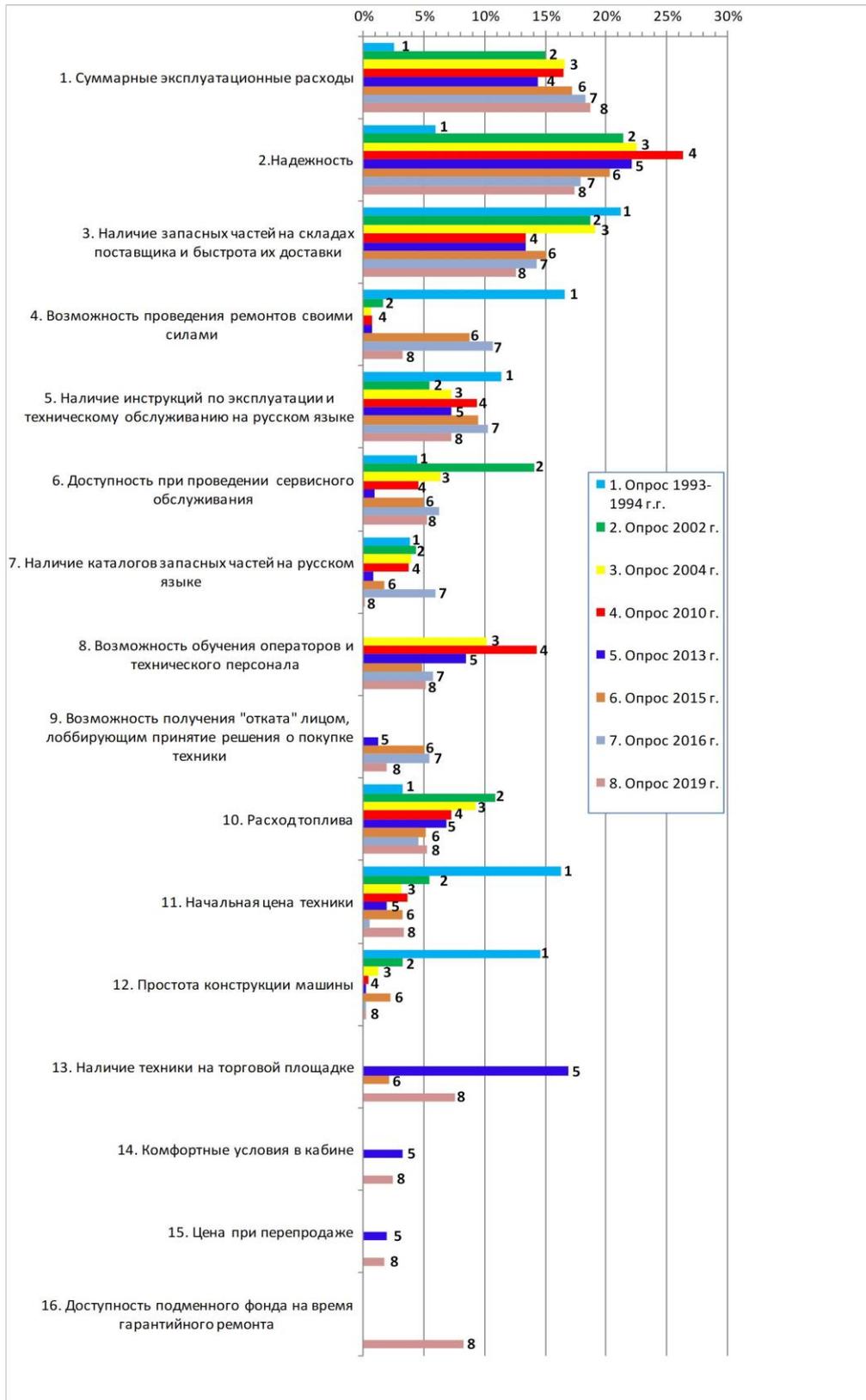


Рисунок 2.41 – Эволюция потребительских качеств ТТМ



Рисунок 2.42 – Результаты опроса потребителей ТТМ в 2019 г.

Как видно из анализа, это потребительское качество стало значительно подниматься в рейтинге с 2002 года, но вышло на первые позиции в кризисный период 2013-2015 года, причем в абсолютных величинах по сравнению с опросом 2013 года выросла с 14,35% до 17,2%. Владельцы техники начинают все более скрупулезно считать деньги, причем именно за весь период

жизненного цикла машин!

Потребительское качество «Надежность» во второй раз за последние 25 лет опросов переместилось в рейтинге на второе место с показателем – 17,35%. В 2016 году – 17,5%.

На третьем месте по результатам опроса 2019 года находится потребительское качество – «Наличие запасных частей на складах поставщика и быстрота их доставки» (12,58%). Владельцы техники стремятся сократить простои в период не гарантийных ремонтов.

В то же время к гарантийной технике предъявляются все более жесткие требования: владельцы отдают предпочтение дилерам, которые предоставляют подменный фонд в период гарантийного ремонта. Этот показатель в 2019 году вышел на четвертое место (8,25%). Это потребительское качество ранее ни разу не отмечалось владельцами машин в качестве статистически значимого показателя. Владельцы техники стремятся сократить простои в период гарантийных ремонтов, используя подменный фонд.

Необходимо сказать, что в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 19.01.1998, № 55 «Об утверждении Правил продажи отдельных видов товаров, перечня товаров длительного пользования, на которые не распространяется требование покупателя о безвозмездном предоставлении ему на период ремонта или замены аналогичного товара...» (ред. от 04.10.2012), к таким товарам не относятся: автомобили, мотоциклы и другие виды мототехники, прицепы и номерные агрегаты к ним, кроме товаров, предназначенных для использования инвалидами, прогулочные суда и плавсредства.

Это пока дополнительный козырь в руках дилера и является хорошим тоном при продаже машины постоянным клиентам.

Сегодня дилеры обладают правом оказания подобной услуги, но не обязанностью. Именно поэтому всегда следует учитывать данный вопрос с дилером заранее, а также помнить о том, конкретно в каких случаях

предоставляется подменный фонд. Если необходимый пункт не был прописан в договоре, то до истечения допустимых сроков ремонта машины дилер не обязан предпринимать каких-либо решений.

На пятом месте в 2019 году расположился показатель «Наличие техники на торговой площадке» (7,5%). Этот показатель уже находился на высоких позициях и занимал по результатам опроса 2013 года вторую строчку. Такую смену рейтинговых показателей можно объяснить тем, что штрафные санкции при срыве сроков выполнения работ значительно превышают выигрыш от поставки по предоплате. Это заставляло потребителей техники осознанно набирать парк из машин, которые имеются на торговой площадке. Однако в рейтинге 2015 года «Наличие техники на торговой площадке» оказалось на 12-ом месте, что можно объяснить увеличением предложений и снижением стоимости машин на вторичном рынке.

В опросе 2019 года очень высокие рейтинговые места (6-е, 7-е и 9-е, соответственно) получили:

- наличие инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию на русском языке (7,23%);
- доступность при проведении сервисного обслуживания (5,2%);
- возможность обучения операторов и технического персонала (5,15%).

В 2019 году достаточно высокое место в рейтинге занимает показатель «Комфортные условия в кабине» (2,40%), который позволяет снизить усталость оператора и повысить производительность труда! Этот показатель достаточно неожиданно оказался в числе статистически значимых в 2013 году (3,2%) и был внесен механиками, чья техника работает на Крайнем Севере и в районах с жарким климатом, а потом поддержан и механиками из других регионов России. Под комфортом механики имели в виду в первую очередь комфортную температуру в кабине, которая снижает утомляемость операторов, однако, в 2015 году механики уже не рассматривали этот показатель в числе статистически значимых.

Необходимо с удовлетворением отметить, что такой показатель, как возможность получения «отката» лицом, лоббирующим принятие решения о покупке техники, в опросе 2019 года занимает лишь 13-е место и приближается к статистически не значимым «потребительским свойствам»! Это свидетельствует о снижении возможности коррумпирующей составляющей у лиц, лоббирующих принятие решения о покупке техники.

Таким образом, в результате экспертной оценки (по результатам опроса 2019 г.), к статистически значимым потребительским свойствам ДСМ относятся:

- суммарные эксплуатационные расходы (18,65%);
- надежность (17,35%);
- наличие запасных частей на складах поставщика и быстрота их доставки (12,58%);
- доступность подменного фонда на время гарантийного ремонта (8,25%);
- наличие техники на торговой площадке (7,50%);
- наличие инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию на русском языке (7,23%);
- доступность при проведении сервисного обслуживания (5,2%);
- расход топлива (5,19%);
- возможность обучения операторов и технического персонала (5,15%),
- начальная цена техники (3,35%);
- возможность проведения ремонтов своими силами (3,20%);
- комфортные условия в кабине (2,40%);
- возможность получения “отката” лицом, лоббирующим принятие решения о покупке техники (1,95%);
- цена при перепродаже (1,70%).

### **Выводы по разделу**

1. Из сказанного выше следует, что за последние 25 лет значительно трансформировались требования владельцев к потребительским качествам дорожно-строительных машин, а экономический кризис и санкции внесли и продолжают вносить значительные коррективы в их рейтинг. Это значит, что первостепенное значение приобретают экономические показатели эксплуатации СМ, но показатели надежности недалеко отстают от них. Т.к. владельцы техники понимают, что эффективными могут быть только надежные машины.
2. Исследования данного раздела показывают, что первостепенными критериями оптимизации ПМ должны выступать показатели, определяющие эффективность машин. Однако и показатели надежности должны входить в основные критерии оптимизации.

### **Выводы по второй главе**

- Не смотря на постоянный рост объема строительных работ и величины основных фондов строительства (ОФ) в денежном выражении в среднем на 5% в год степень износа ОФС составляет около 50%, а удельный вес полностью изношенных ОФС около 20%.
- На долю транспортных средств, машин и оборудования в структуре ОФП приходится примерно 64%, из них полностью изношено около 50%. В возрастной структуре парка СМ преобладают машины интервала 21-30 лет (около 40%).
- Одной из основных причин высокой изношенности парка машин является низкий коэффициент его обновления.
- Производство СМ в России с 1991 года снижалось, и только в последние три года наметился рост выпуска некоторых видов техники, причем в 2020 году произошло снижение выпуска машин примерно на 5,5%, причем с ростом цен на них. Причины: приостановка производства на

предприятиях в странах Европейского союза и Азии в первом полугодии 2020 года; во втором полугодии фактор отложенного спроса после отмены ограничений из-за коронавируса; беспрецедентный рост цен на металл (на 35%, а по некоторым видам продукции металлургических компаний – на 50%).

- В первом полугодии 2021 года показан заметный рост выпуска СМ, с реднем на 35%.
- Из зарубежных производителей лидируют: Китай (25%), Япония (22%), США (21,9%). Причем на страны Азии приходится 52,1%, Европы 25,2%, Северной Америки 22,3%. Лидирующие компании: Caterpillar (13%), Komatsu (10,4%), XCMG (7,9%), Sany (7,5%)/
- С 2016 года наблюдается общий рост продаж спецтехники с постепенным замедлением роста с 45% в 2016 году до 0,3 % в 2020 году. Продажи техники российского производства составляют за данный период порядка 40...30%.
- Лидерами рынка продаж являются гусеничные экскаваторы (31%) и экскаваторы-погрузчики (27%).
- Хотя в 2021 году ожидается повышение рыночных цен на спецтехнику на 15...25% вследствие повышения утилизационного сбора и влияния инфляции в первом полугодии отмечено увеличение количества продаж по сравнению с АППГ.
- На первый квартал 2021 года цены на спецтехнику выросли на 10..20%. Новая техника отечественного производства (на 13,4%), а импортная техника в среднем увеличилась на 10,7%. Рост цен на рынке б/у экскаваторов оказался более значительным — импортная техника в среднем на 10%, отечественные экскаваторы более 20%.
- В основном повышение цен на СМ середины 2020 года по март 2021 года в два-три раза превышает уровень инфляции и индекс цен производителей промышленных товаров, как на новые машины, так и со

сроком эксплуатации.

- Анализ изменения средней стоимости СМ в зависимости срока службы с высокой степенью адекватности описывается экспоненциальной зависимостью.
- В первом полугодии 2021 года возросло количество предложений по продажам б/у техники, что было связано с повышением ставок утильсбора с 24 июня 2021 года. Более 45% подержанных экскаваторов — это машины 2011–2015 г.в. В ещё 30% объявлений указаны значения в диапазоне 2006–2010 годов.
- Показатели импорта в целом по оборудованию начали рост в 2016 г. В 2020 году объем импорта спецтехники вырос в среднем на 6% по сравнению с 2019 годом. При этом отмечено преобладание импорта новой техники: по данным за 2019-20 годы - фронтальные погрузчики 99%, экскаваторы 70%, бульдозеры 96%, экскаваторы-погрузчики 98%.
- Несмотря на снижение общего объема «нового бизнеса» в РФ на 7% в 2020 году, строительная и дорожно-строительная техника, включая строительную спецтехнику на колесах, показала прирост объема лизинговых услуг в 2020 году на 17% по сравнению с 2019 годом. При этом финансовый лизинг имел преобладающее значение над оперативным – порядка 90%. Однако, последние два года (с 2018 г.) темпы роста объемов лизинга в «новом бизнесе» в значительной степени понизились – в семь раз в 2020 году по сравнению с 2017 г., по первое полугодие 2021 года показало прирост на 5%.
- Доля лизинга в ВВП РФ составляет немногим более 1%, хотя экономически развитых странах данный показатель находится на уровне 2-3%.

С середины 2020 года реализуется Программа льготного лизинга специализированной техники и оборудования в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03 июня 2020 г. №811. Постановление № 811

распространяется на такую технику как краны, самоходные машины, автопогрузчики, прицепы и полуприцепы, дорожно-строительные и прочие машины и оборудование отечественных производителей. Предусматривается скидка до 15% от стоимости предмета лизинга, благодаря чему за январь-апрель 2021 г. в финансовый лизинг передано 11,7 тыс. специальной техники, что на 89% больше результата января-апреля 2020 г.

В доле структуры спецтехники в лизинговых договорах лидируют дорожно-строительная (44%) и подъемная техника (18%).

Перспективным направлением формирования парков СМ является аренда. Пока коэффициент использования арендной техники в строительном секторе РФ весьма невысок и составляет около 1%. В США, например, этот показатель преодолел планку в 3% (\$36 млрд.), а в ряде стран Европы составляет 4–5%. Эксперты прогнозируют ежегодный прирост строительного рынка на уровне 8–9%.

Арендные ставки в зависимости от класса техники и региона составляют от 1300 до 2000 руб./час.

## ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПСМ

### 3.1. Теоретические исследования. Разработка математической модели многопараметрической оптимизации ПСМ

Учет специфики применения машин базируется на большом количестве переменных факторов, влияющих на величину критериев оптимизации. Поэтому имеем дело с многофакторной задачей.

Концепция научного подхода к определению оптимальной структуры ПСМ строится на базовом алгоритме дискретного целочисленного линейного программирования для задач, относящихся типу многопараметрических, детерминированных, статических. Метод решения – сплошной поиск, позволяющий найти глобальное решение на всем интервале, если существует несколько локальных экстремумов. Алгоритм указанного типа задач реализуется встроенными средствами развитых вычислительных систем, таких как MS Excel.

Общая задача оптимизации параметров ПСМ как задача математического программирования может быть формализована следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \underset{\vec{X}}{\text{extr}} F_h \left( \sum_i X_i \cdot C_i, \vec{U}, \vec{V} \right); \\ \vec{\alpha} \left( \vec{X} \right) = A_i, i = 1, m, \\ \vec{\beta} \left( \vec{U} \right) = B_j, j = 1, n, \\ \vec{\gamma} \left( \vec{V} \right) = D_l, l = 1, k. \end{array} \right. \quad (3.1)$$

где  $F$  – целевая функция с пространством размерностью  $h$ ;  $X_i$  – параметры, подлежащие оптимизации (управляемые параметры);  $C_i$  –

стоимостная характеристика управляемого параметра;  $\vec{U}$  – управляющие параметры;  $\vec{V}$  – задаваемые параметры;  $\vec{\alpha}(\vec{X}) = A_i$  – функциональные ограничения на управляемые параметры, описываемые функцией  $A_i$ ;  $m$  – размерность пространства управляемых параметров; ;  $\vec{\beta}(\vec{U}) = B_j$  – функциональные ограничения на управляющие параметры, описываемые функцией  $B_j$ ;  $n$  – размерность пространства управляющих параметров;  $\vec{\gamma}(\vec{V}) = D_l$  – функциональные ограничения на задаваемые параметры, описываемые функцией  $D_l$ ;  $k$  – размерность пространства задаваемых параметров.

Математическая модель (3.1) включает в себя более пятидесяти математических моделей процессов, участвующих в реновации ПСМ.

В разрабатываемой математической модели (3.1) параметры  $X_i$ , подлежащие оптимизации, определяют возможные способы реновации ПСМ, а именно: количество новых машин, приобретаемых за собственные средства предприятия, в лизинг или в кредит ( $i = 1$ ); количество машин со сроком службы ( $i = 2$ ); количество машин, подлежащих капитальному ремонту, ( $i = 3$ ); количество машин, подлежащих списанию, ( $i = 4$ ).

Управляющие параметры  $\vec{U}$  представлены математическими моделями процессов, влияющих ход принятия решений по вариантам реновации ПСМ. Это модели параметров, зависящих от срока службы машин: годовой наработки машин; остаточного ресурса; коэффициента готовности; коэффициента сохранения эффективности; себестоимости машино-часа работы; фактической стоимости машин; себестоимости единицы ресурса; выручки, затрат, прибыли, рентабельности.

Задаваемые параметры  $\vec{V}$  устанавливают область поиска оптимальных решений: требуемая мощность парка машин по годовой наработке;

максимальное количество машин в парке; максимум капитальных вложений в реновацию парка.

Размерность  $h$  целевой функции  $F$  определяет количество критериев оптимизации ( $h = 12$ ), которые можно разделить на группы по функциональному назначению. Показатели надежности: максимум коэффициента сохранения эффективности; максимум коэффициента готовности. Показатели парка машин: минимум машин в парке; максимум наработки. Экономические показатели: максимум выручки; максимум прибыли; максимум уровня рентабельности; минимум затрат (суммарных, условно постоянных, переменных); минимум капитальных вложений; минимум срока окупаемости капитальных вложений.

Новизной представленной математической модели являются:

- большее количество управляющих параметров и целевых функций, в частности, коэффициент сохранения эффективности, и их математические модели;
- учет при выборе целевых функций предпочтений потребителей техники, которые были исследованы в отдельном разделе диссертации;
- учет современного состояния рынка строительной техники, выраженный в исследованиях динамики рынка и влияния на него утилизационного сбора и инфляции, что отражено в математических моделях управляющих параметров;
- математическая модель формирования главной характеристики ПСМ – наработки машин, построенная с учетом влияния всех видов эксплуатации – технической, производственной, коммерческой.

Все новые математические модели входят в виде подпрограмм в программу оптимизации ПСМ.

## 3.2. Экспериментальные исследования

### 3.2.1. Исследование динамики технического состояния машин в зависимости от срока службы

Для расчета показателей надежности целесообразно использовать диаграмму временных состояний [56, 70] (рис. 3.1), в которых может пребывать технический объект. Все составляющие временных состояний доступны из эксплуатационной документации машин. От срока  $t$  эксплуатации машин зависят только величина  $T_{рнн}$  – время пребывания в неплановых ремонтах и, как следствие,  $T_{рр}$  – время пребывания в работоспособном состоянии. На этих двух *ключевых показателях* построена методика формирования ПСМ.

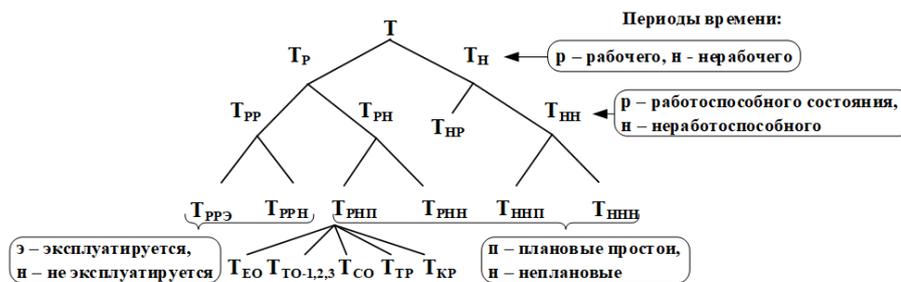


Рисунок 3.1 – Диаграмма временных состояний технического объекта в процессе его эксплуатации

На основании графа состояний могут быть сформирован ряд показателей надежности и использования ПСМ.

Задачи разрабатываемой методики – расчет показателей динамики:

1. Времени пребывания машины в работоспособном состоянии  $T_{рр}(t)$ ;
2. Рыночной цены машины  $C_m(t)$ ;
3. Затрат на эксплуатацию машины  $Z(t)$ .

Источники информации:

4.  $T_{рр}(t)$  и  $Z(t)$  по данным эксплуатирующего предприятия (ООО «Севердорстрой» г. Вологда);
5.  $C_m(t)$  по данным интернета. Следует отметить, что для наиболее

распространенных машин иногда удается получить информацию и для построения динамики  $T_{pp}(t)$ .

№	Срок службы, год	Наработка в год, час	Затраты на эксплуатацию, тыс. руб. в год	Затраты на эксплуатацию, тыс. руб. в час	Рыночная цена, тыс. руб	Остаточный ресурс, час	Относительный остаточный ресурс	Текущая цена по отношению к цене новой машины	Цена машино-часа, тыс. руб.
1	0				6800	10348	1,00	1,00	
2	1	2053	1470	0,72	4450	8295	0,80	0,65	2
3	2	1970	1490	0,76	3230	6325	0,61	0,48	
4	4	1775	1570	0,88	2195	4550	0,44	0,32	
5	6	1578	1650	1,05	1350	2972	0,29	0,20	
6	8	1476	2140	1,45	1100	1496	0,14	0,16	
7	10	1496	2220	1,48	850	0	0,00	0,13	
Итого		10348							

Рисунок 3.2 – Таблица Excel с данными для расчета ТЭП (данные 2016 года)

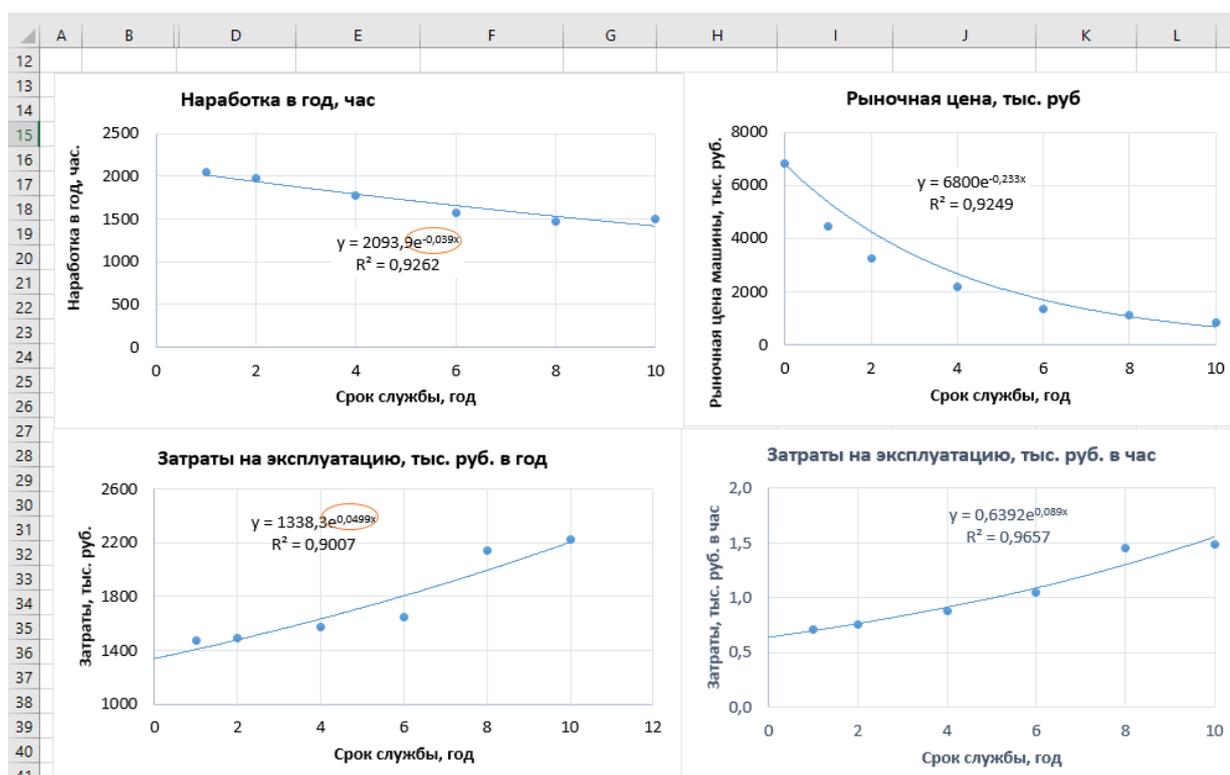


Рисунок 3.3 – Результаты расчета ТЭП ТТМ в среде Excel

На первом графике овалом обведен коэффициент готовности « $e^{-0,039t}$ », где  $t$  – срок службы машины, « $-0,039$ » – показатель снижения годовой наработки машины (показатель старения по наработке) (формула 1.1). На графике затрат на эксплуатацию коэффициент при экспоненте « $0,0499$ »

представляет собой показатель старения по эксплуатационным затратам, показатель снижения рыночной цены машины «-0, 233».

На основании данных по снижению наработки и рыночной цены можно сделать важный расчет для оценки целесообразности покупки машины со сроком службы, подсчитав относительный остаточный ресурс и относительное снижение текущей цены к цене новой машины (столбцы I и J на рис. 3.1). На рис. 3.4 графически показаны результаты расчета. На участке от 1 до 7 лет срока службы кривая относительной рыночной цены значительно ниже кривой остаточного ресурса, значит цена единицы ресурса машины, купленной на этом возрастном интервале, будет ниже аналогичного показателя новой машины. Это свидетельствует о целесообразности покупки машины со сроком службы. Правда, следует иметь в виду, что при покупке импортной техники стоимость машины будет повышена из-за утилизационного сбора.

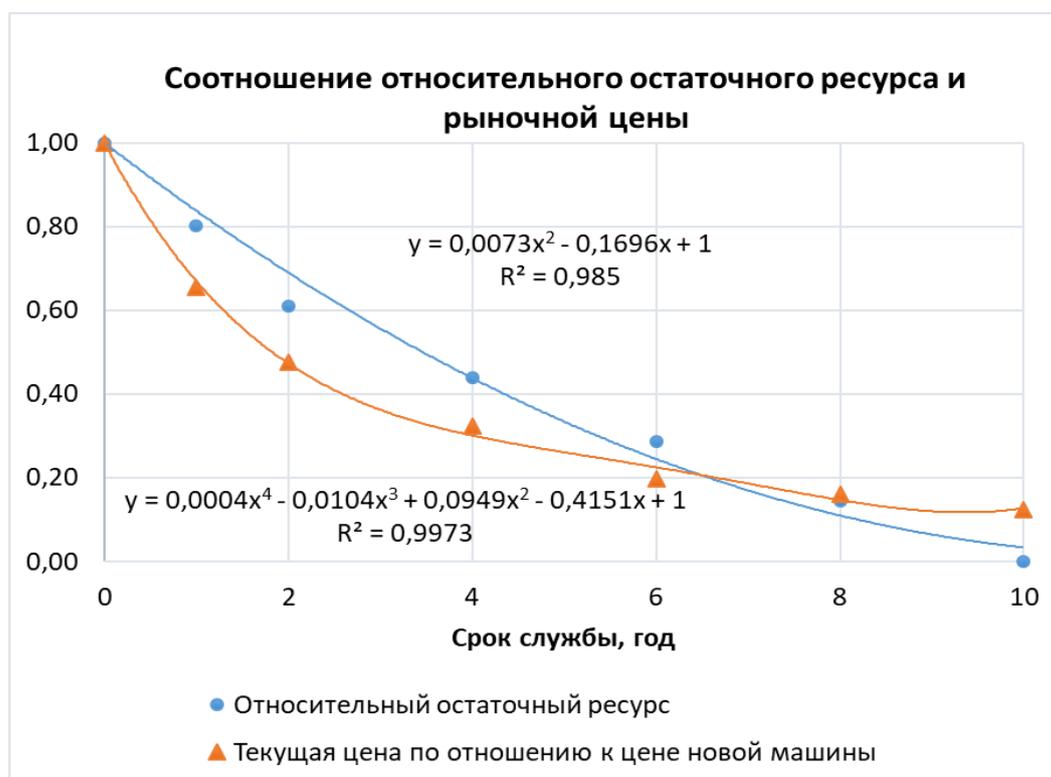


Рисунок 3.4 – Относительные величины остаточного ресурса и рыночной цены машины уГ 2016 г.

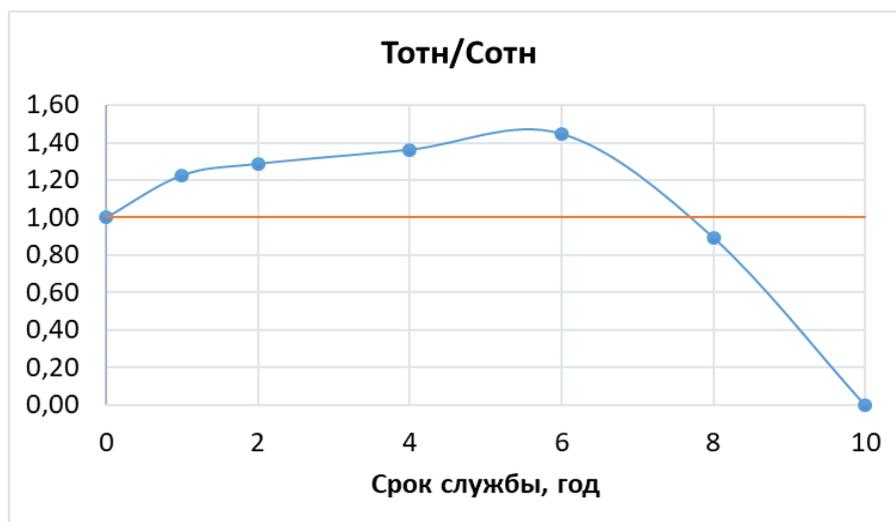


Рисунок 3.5 – Соотношение относительных величин остаточного ресурса Тотн и рыночной цены машины Сотн на 2016 г.

Следует отметить, что приведенные выше диаграммы были построены по данным ООО «Севердорстрой» (г. Вологда) в 2017 году. В 2021 году экономическая ситуация стала сложнее. Так, по сведениям коммерческого отдела завода «Кранэкс» (г. Иваново) цена на экскаватор ЕК-270 в течение первого полугодия 2021 года изменялась трижды, что связано, в первую очередь, двукратным удорожаем металла производства «Северсталь». На август 2021 года рассматриваемые показатели выглядят так (рис. 3.6, 3.7).

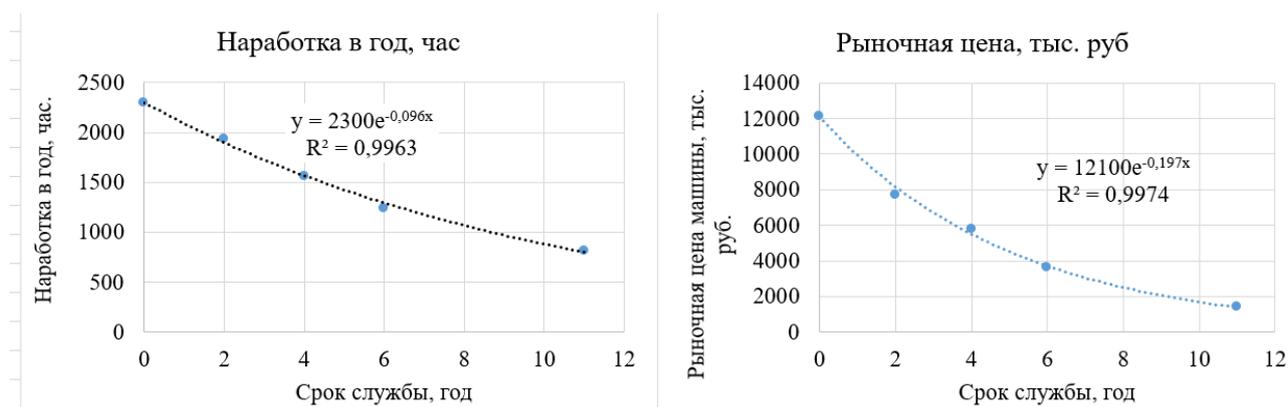


Рисунок 3.6 – Техничко-экономические показатели экскаватора ЕК-270 на август 2021 года

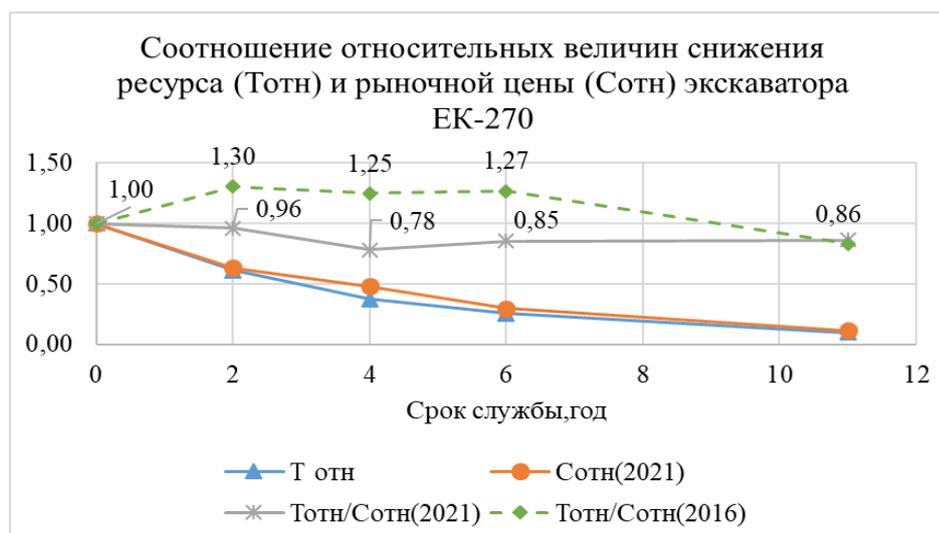


Рисунок 3.7 – Соотношение относительных величин остаточного ресурса Тотн и рыночной цены машины Сотн на август 2021 года

Видим (рис. 3.6), заводская цена нового ЕК-270 уже 12,1 млн руб., т.е. столько, сколько стоили лучшие зарубежные образцы экскаваторов в 2020 году. Соответственно выросли цены и на БУ технику. Поэтому покупка машин со сроком эксплуатации стновится нецелесообразной (рис. 3.7)!

Правда, диаграммы рисунка 3.7 построены при ресурсе экскаватора 10 тыс. ч. Известны случаи, когда этот экскаватор ЕК-270 служит до 20 тыс. ч. Тогда уже имеет смысл покупать БУ машину (рис. 3.8), потому что за те же деньги покупается больший на 10 тыс. ч. остаточный ресурс. Но это уже как повезет. При разработке Методики оптимизации ПМ будет учитываться реальный ресурс 10 тыс. ч., заявляемый заводом-производителем.

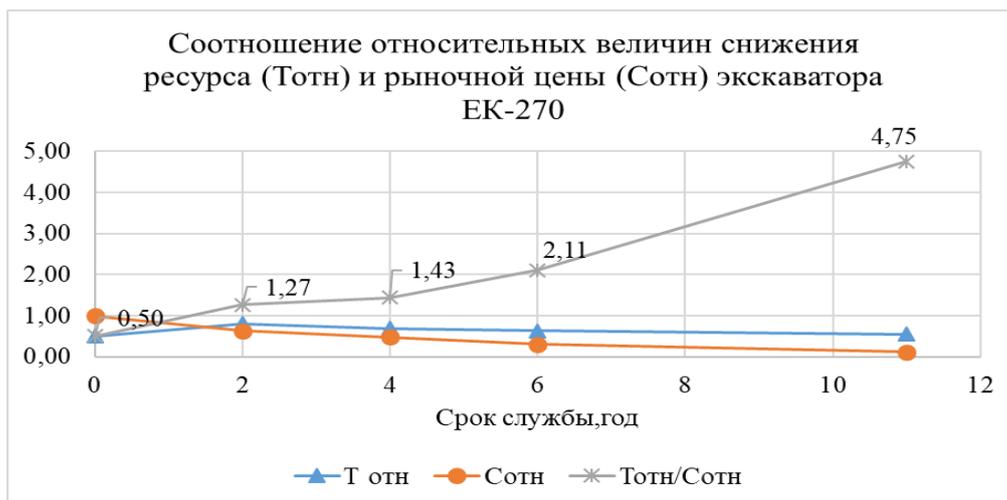


Рисунок 3.8 – Соотношение относительных величин остаточного ресурса Тотн и рыночной цены машины Сотн на август 2021 года при ресурсе 20 тыс. ч.

### 3.2.2 Оценка целесообразности покупки бывших в употреблении (БУ) машин и проведения капитального ремонта (КР)

В данном разделе материалы исследований предыдущего параграфа получили дальнейшее развитие на примере одного из наиболее распространенных бульдозеров марки Б10М. Именно по этой машине удалось собрать наиболее полную информацию.

Некоторые исследователи [85, 91], в основном зарубежные [117], считают, нецелесообразным проведение капитального ремонта (КР) СМ. Их мнение основано на том факте, что при современном уровне развития производства машин все базовые узлы имеют примерно одинаковую надежность, рассчитанную на гарантированную отработку машины в течение заявленного производителем ресурса. Однако опыт эксплуатации отечественной техники показывает, что КР применяется весьма широко. В частности, заводы-производители новых машин охотно берутся за восстановление ресурса машин посредством КР (<https://zavod-chzsm.com/pr-cat/buldozery/>) и наряду с новыми машинами предлагают и капитально отремонтированные. Причем последние пользуются широким спросом как у строительных предприятий, так и у арендодателей.

Вопросам КР посвящены многие работы отечественных исследователей. В советское время капитальный ремонт широко применялся для обеспечения работоспособности СМ. Даже создавались специальные заводы для выполнения КР. Считалось, что посредством проведения КР можно восстановить до 80% первоначального ресурса при затратах на ремонт порядка 40% стоимости новой машины [11, 35, 41, 56, 104]. Даже последние нормативные документы по организации технического обслуживания и ремонта СМ [73], предусматривают проведение КР и приводят регламенты периодичности и трудоемкости КР.

Методика оптимизации ПМ [56], принятая в настоящей работе за базовую, учитывает КР как один из вариантов обновления парка, но предлагаемые характеристики: цена, степень восстановления ресурса, показанные на примере экскаватора ЭО-4121 – далеко не всегда соответствуют реалиям текущего времени. Особенно, если КР производят заводы-изготовители машин, которые скупают произведенную ранее ими технику, кое-как восстанавливают и продают по весьма высокой цене, не соответствующей уровню ресурса машин.

Ниже приведена разработанная автором, под руководством специалистов СПбГАСУ, методика оценки целесообразности проведения КР и покупки БУ машин. Численные расчеты проведены на материалах Челябинского завода специальных машин (ЧЗСМ) (<https://zavod-chzsm.com/pr-cat/buldozery/>). На рис. 3.9 представлены данные по бульдозеру Б10М, полученные на основании информации с сайта ЧЗСМ (август 2021 г.), а на рис. 3.10...3.14 результаты их анализа. Последовательность вычислений в таблице Excel и структура диаграмм и представляют собой разработанную методику. Таблица в формульном виде приведена в приложении 2. На описываемую методику подана заявка на получения свидетельства на программу для ЭВМ.

Приведенные данные носят усредненный характер и являются наиболее типичными для рассматриваемого типа машин.

A	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N
Срок службы, год	Суммарная наработка за срок службы без КР, час	Суммарная наработка за срок службы с КР, час	Средняя наработка в год без КР, час	Средняя наработка в год с КР, час	Остаточный ресурс без КР, час	Остаточный ресурс с КР, час	Относительный остаточный ресурс без КР (Тотн)	Относительный остаточный ресурс с КР (Тотн.кр)	Рыночная цена, тыс. руб	Рыночная цена после КР, тыс. руб	Цена единицы ресурса без КР, тыс.руб/час	Цена единицы ресурса с КР, тыс.руб/час
1												
2	0	0	0		10000		1,00		5500		0,55	
3	1	1870	1870		8130		0,81		5099		0,63	
6	4	5260	1130		4740		0,47		2890		0,61	
8	6	6990	865		3010		0,30		2050		0,68	
9	8	8560	8350	785	1360	1440	0,14	0,40	1650	3200	1,15	0,57
10	10	9600	9880	520	765	400	0,04	0,29	1080	2550	2,70	0,62
14	12		11650		885			0,17		2030		0,86
15	14		12920		635			0,08		1300		1,20
16	15		13500		580			0,04		650		1,30
17	Ресурс	10000										
18	Ресурс с КР	14000							Цена КР, тыс. руб.	1550	0,55	0,50
O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
Относительное снижение рыночной цены без КР (Сотн)	Относительное снижение рыночной цены с КР (Сотн.кр)	Тотн/Сотн	Тотн.кр/Сотн.кр	Источник информации				Кг без КР	Кг с КР	Цена машино-часа, тыс. руб.		
1,00		1,00						1,00				
0,93		0,88		<a href="https://zavod-chzsm.com/pr-cat/buldozery/">https://zavod-chzsm.com/pr-cat/buldozery/;</a>				0,87		1,1		
0,53		0,90		<a href="https://spec.drom.ru/bulldozer/+/D%D2%C7+%C110%CC/">https://spec.drom.ru/bulldozer/+/D%D2%C7+%C110%CC/;</a>				0,56				
0,37		0,81						0,42				
0,30	0,45	0,48	0,89	<a href="https://exkavator.ru/trade/zemlerojnaya-tehnika/buldozery/chtz-yralkrak/">https://exkavator.ru/trade/zemlerojnaya-tehnika/buldozery/chtz-yralkrak/;</a>				0,32	0,43			
0,20	0,36	0,20	0,81	<a href="https://www.unibo.ru/tags/47708/buldozer-b10m/">https://www.unibo.ru/tags/47708/buldozer-b10m/</a>				0,24	0,35			
	0,29		0,58	<a href="https://www.unibo.ru/tags/47708/buldozer-b10m/">https://www.unibo.ru/tags/47708/buldozer-b10m/</a>					0,28			
	0,18		0,42	<a href="https://promportal.ru/tags/15952/buldozer-b10m/">https://promportal.ru/tags/15952/buldozer-b10m/</a>					0,23			
	0,09		0,39						0,21			

Рисунок 3.9 – Эксплуатационные данные и расчетные параметры по бульдозеру Б10М (фрагменты таблицы Excel)

Годовая наработка бульдозеров, указанная в ячейках (D-2...10) и (E-9...16), значительно ниже, рекомендуемых нормативами [72]. Поэтому рассчитанный по этим данным коэффициент готовности Кг (рис.3.10), как рекомендуется его оценивать в работе [56], не отражает реального уровня надежности машин, а скорее выступает как коэффициент использования рабочего времени машины Ки [72]. И это одна из причин, почему Кг не всегда правомерно использовать в методике оптимизации ПМ [56]. Для этой цели более правильно использовать коэффициент сохранения эффективности Кэ, рекомендованный в работе Тайсаева К.К. [91].

На восьмом году эксплуатации бульдозеру был проведен заводом КР, и рыночная цена возросла примерно на 2 тыс. руб. (ячейка G-10), а ресурс, по

утверждению специалистов ЧЗСМ, на 4 тыс. часов (ячейка В-18). Заявленное повышение ресурса отражено в ячейке Н-9 и на графиках (рис. 3.10) в виде скачка наработки машины на восьмом году эксплуатации. Скачок произошел вследствие уменьшения простоев в неплановых ремонтах после КР. В том же году произошло повышение рыночной цены и остаточного ресурса машины после КР (рис. 3.11, 3.12). КР привел к некоторому снижению цены единицы ресурса (рис. 3.12).

Однако сравнение величин относительного остаточного ресурса без проведения КР ( $T_{отн}$ ) и с его проведением ( $T_{отн.кр}$ ) и относительного снижения рыночной цены без КР ( $C_{отн}$ ) и с его проведением ( $C_{отн.кр}$ ) (рис. 3.14) показывает, что расходование ресурса (даже при невысоком  $K_i$ ) происходит более интенсивно, чем падение рыночной цены. Отсюда очень важный вывод для теории оптимизации ПМ – *нецелесообразна покупка бульдозеров как со сроком эксплуатации без проведения КР, так и после него.*

Но данный вывод актуален только при текущем уровне цен, точнее на август 2021 г. Лет пять-семь тому назад указанная целесообразность имела место [56]. Причины нынешнего положения указаны выше – инфляция, рост цен на металлы, утильсбор.

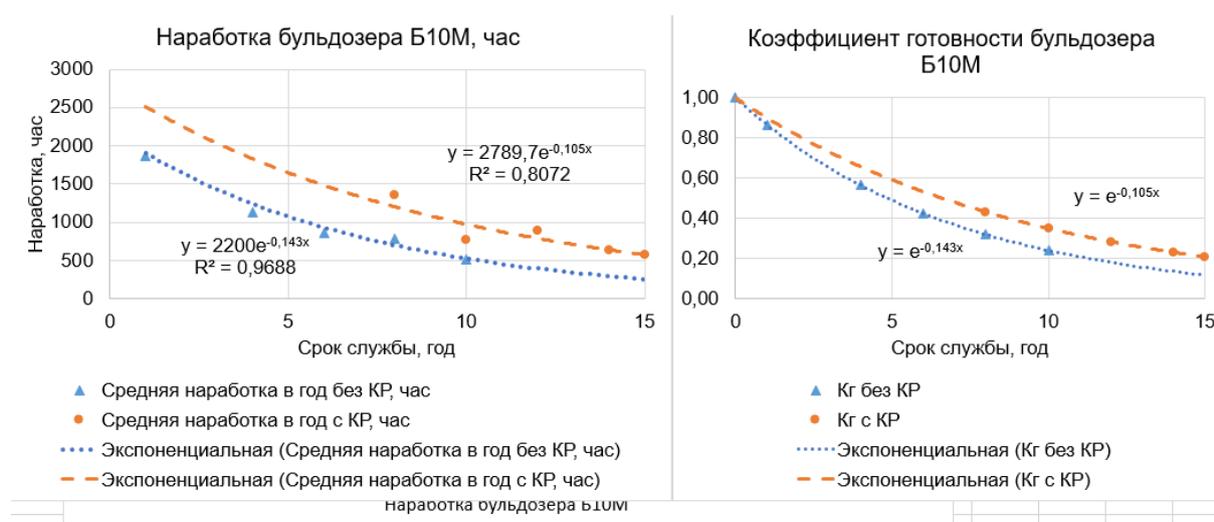


Рисунок 3.10 – Результаты расчета средней годовой наработки бульдозера и коэффициента ГОТОВНОСТИ

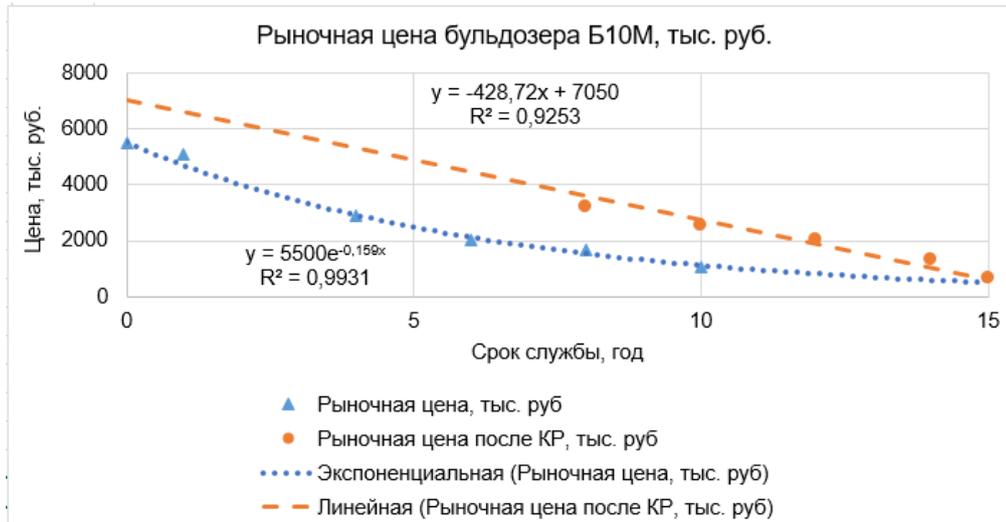


Рисунок 3.11 – Результаты расчета рыночной цены бульдозера

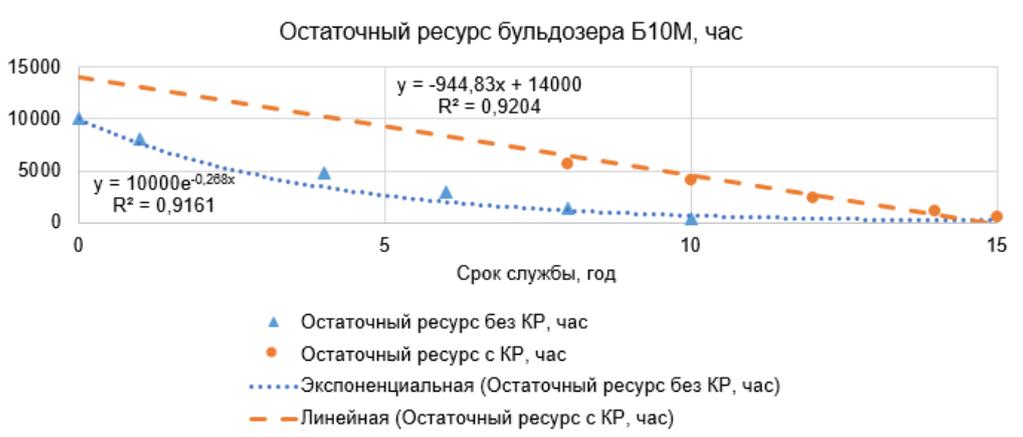


Рисунок 3.12 – Результаты расчета остаточного ресурса бульдозера

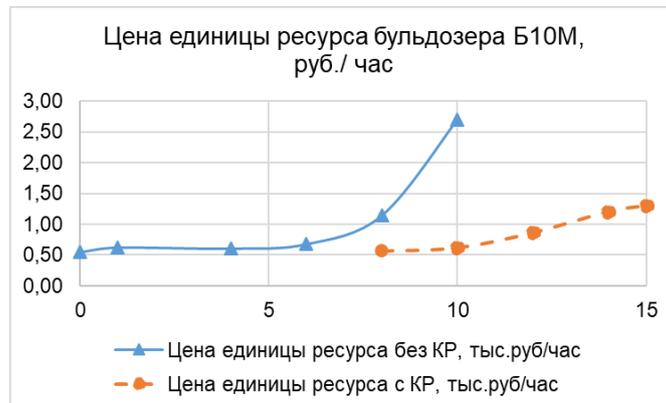


Рисунок 3.13 – Результаты расчета цены единицы ресурса бульдозера в функции срока службы без проведения КР

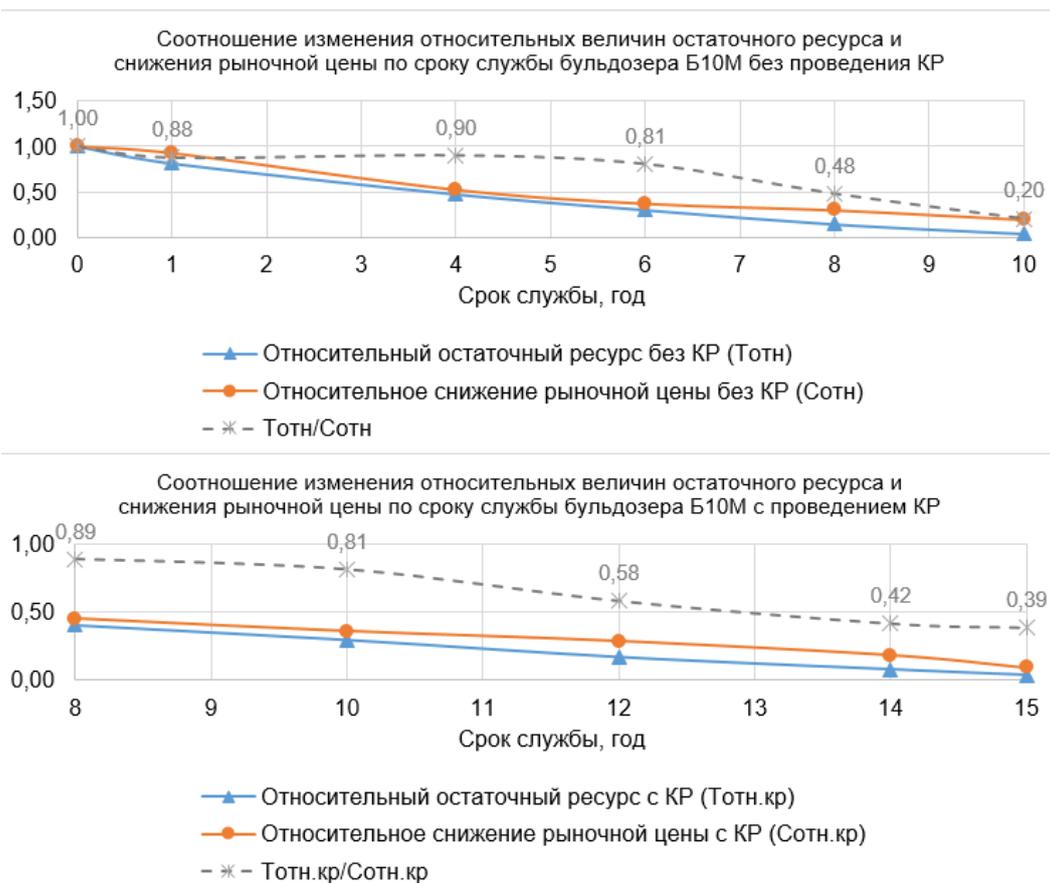


Рисунок 3.14 – Соотношение изменения относительных величин остаточного ресурса и снижения рыночной цены по сроку службы бульдозера Б10М с проведением и без проведения КР

### 3.2.3 Разработка модели влияния служб предприятия по эксплуатации СМ на операционное время работы ПСМ

Система эксплуатации техники на строительном предприятии включает в себя три вида (системы) эксплуатации: техническую СТЭ, производственную СПЭ и коммерческую СКЭ – с определенным набором выполняемых функций (рис. 3.15)



Рисунок 3.15 – Составляющие эксплуатации машин и их функции

Как было показано выше (см. рис. 1.1), эффективность применения машин определяется их наработкой за определенный период, причем с возрастом машин наработка снижается по экспоненциальному закону. Время выполнения рабочих операций машиной на объекте (операционное время)  $T_{ррэр}$  формируется при участии всех видов эксплуатации (рис. 3.16, таблица 3.1).

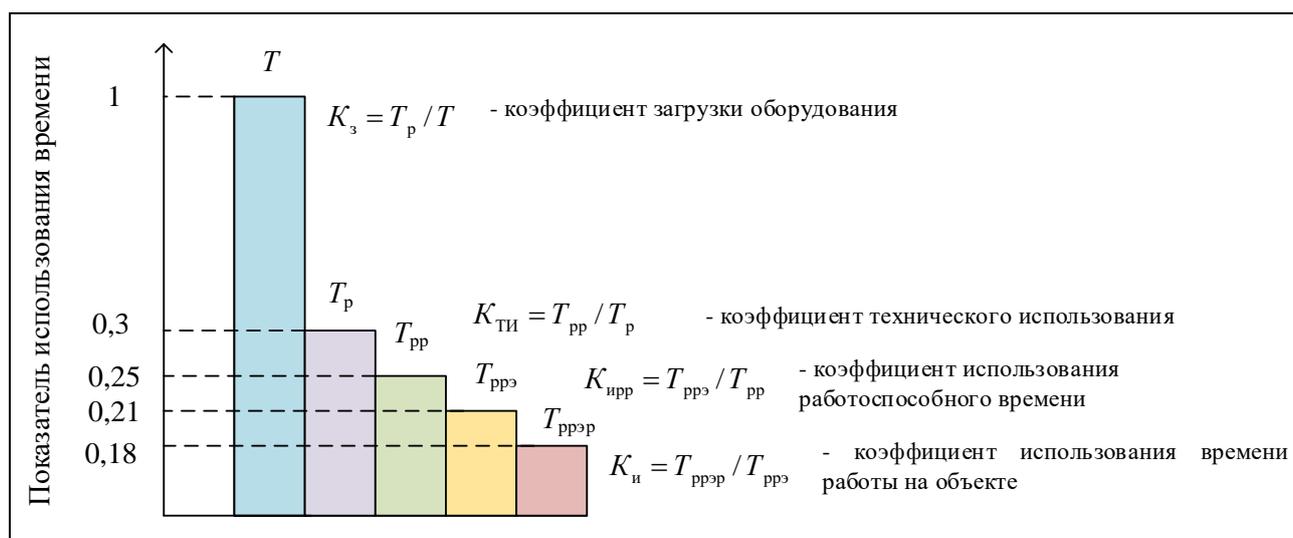


Рисунок 3.16 – Ступени наработки:  $T_{ррэр}$  – время выполнения рабочих операций машиной на объекте (операционное время)

Таблица 3.1. Составляющие эксплуатации машин и их показатели

Вид эксплуатации	Показатель	Формула
Техническая	Коэффициент технического использования	$K_{ти}(t) = \frac{T_{pp}(t)}{T_p(t)}$
Коммерческая	Коэффициент использования работоспособных машин	$K_{ирр}(t) = \frac{T_{ppэ}(t)}{T_{pp}(t)}$
Производственная	Коэффициент использования времени работы на объекте	$K_{и}(t) = \frac{T_{ppэр}(t)}{T_{ppэ}(t)}$

Коэффициент загрузки оборудования по времени, показывает какая часть календарного времени  $T$  является рабочим временем  $T_p$  и характеризует режим работы предприятия:

$$K_z = T_p / T. \quad (3.1)$$

Коэффициент технического использования уменьшает время  $T_p$  на величину продолжительности простоя в плановых  $T_{рп}$  и неплановых  $T_{рнп}$  мероприятиях ТОиР ( $T_{pp} = T_p - T_{рп} - T_{рнп}$ ), характеризует работу службы технической эксплуатации и служит для расчета времени пребывания машины в работоспособном состоянии  $T_{pp}$ :

$$K_{ти} = T_{pp} / T_p. \quad (3.2)$$

Коэффициент использования работоспособного времени машины характеризует работу службы коммерческой эксплуатации и служит для расчета времени работы машины на объекте  $T_{ppэ}$  (индекс «э» означает – эксплуатируется):

$$K_{ирр} = T_{ppэ} / T_{pp}. \quad (3.3)$$

Коэффициент использования времени работы на объекте характеризует уровень работы службы производственной эксплуатации и служит для расчета времени  $T_{ppэр}$  выполнения рабочих операций машиной на объекте (операционное время):

$$K_{и} = T_{ppэр} / T_{ppэ}. \quad (3.4)$$

В общем случае  $K_{и}$  может рассматриваться как коэффициент

использования потенциала машины (рабочего времени, мощности, грузоподъемности и т. п.):

$$K_{и} = K_{ив} K_{иг} K_{иN}. \quad (3.5)$$

Тогда формула для расчета выручки для случая сдачи машин в аренду по цене машино-часа Цм-ч, примет вид (рис. 3.17):

$$B(t) = \sum B_i(t) = \sum T_{p.p.эi}(t) \cdot Ц_{имч}. \quad (3.6)$$

где  $\sum T_{ppэi}(t) = \sum T \cdot K_{зi} \cdot K_{тиi}(t) \cdot K_{иррi}$ .

$$B(t) = \sum B_i(t) = \underbrace{\sum T \cdot K_{зi} \cdot K_{тиi}(t) \cdot K_{иррi}}_{\sum T_{p_i}} \cdot Ц_{имч}.$$

- режим работы предприятия

$$\underbrace{\sum T_{pp_i}(t)}_{\sum T_{ppэi}(t)} \quad - \text{техническая эксплуатация}$$

- коммерческая эксплуатация

Рисунок 3.17 – Схема формирования времени работы машины на объекте

Если предприятие само подряжается на производство строительных работ, его выручка будет связана с производительностью машины  $Q_i(t)$ , ценой единицы продукции  $c_i$  и наработкой  $T_{p.p.эi}(t)$ :

$$B(t) = \sum Q_i(t) \cdot c_i \cdot T_{p.p.эi}(t) \cdot K_{иi}, \quad (3.7)$$

$$B(t) = \sum Q_i(t) \cdot c_i \cdot \underbrace{\sum T \cdot K_{зi} \cdot K_{тиi}(t) \cdot K_{иррi}}_{\sum T_{p_i}} \cdot K_{иi},$$

- режим работы предприятия

$$\underbrace{\sum T_{pp_i}(t)}_{\sum T_{ppэi}(t)} \quad - \text{техническая эксплуатация}$$

- коммерческая эксплуатация

$$\underbrace{\sum T_{ppэр_i}(t)}_{\sum T_{ppэр_i}(t)} \quad - \text{производственная эксплуатация}$$

Рисунок 3.18 – Схема формирования времени выполнения рабочих операций машиной на объекте (операционного времени)

### 3.2.4 Разработка математической модели сохранения эффективности строительных машин по данным эксплуатации

Под эффективным использованием строительной техники понимается достижение максимальных результатов от ее применения на строительных объектах и получение высоких экономических показателей эксплуатирующей организацией [на34]. Данный тезис подтверждают результаты исследования рынка строительной техники и рейтинга ее потребительских качеств, проведенные сотрудниками СПбГАСУ с 1993 по 2019 годы. Первые два места среди рассмотренных выше шестнадцати показателей в течение 25 лет занимают надежность и суммарные эксплуатационные расходы [6, 56, 82].

Известно использование коэффициента готовности  $K_g(t)$  для описания динамики эффективности машин в зависимости от срока службы  $t$  [56]. Однако  $K_g(t)$  показывает лишь снижение наработки машин по времени, не отражая изменения затрат на эксплуатацию и производительности. В работе Тайсаева К.К. [91] обоснована целесообразность использования коэффициента сохранения эффективности  $K_э$  как комплексного показателя изменения технико-экономических характеристик машин. Однако предложенный им метод расчета  $K_э$ , предусматривающий многокритериальную оценку всех процессов эксплуатации техники, является слишком сложным и требующим проведения длительных исследований. В предлагаемой Методике расчет  $K_э$  выполняется более простым и наглядным способом.

Согласно ГОСТ 27.002-2015 коэффициент сохранения эффективности  $K_э$  представляет собой «отношение значения показателя эффективности использования объекта за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают» [18].

В экономическом плане в качестве показателя эффективности машины со сроком службы  $t$  может быть принят уровень рентабельности  $R(t)$ , а отказы учитываются комплексным показателем надежности – коэффициентом

готовности  $K_r(t)$ . Тогда  $K_\varepsilon$  представляет собой отношение  $R(t)$  с текущим сроком службы к уровню рентабельности при отсутствии отказов, характерным для новой машины  $R(0)$ , прошедшей приработку:

$$K_\varepsilon(t) = \frac{R(t)}{R(0)}. \quad (3.8)$$

Задача сводится к определению уровня рентабельности в функции срока службы.

Анализ динамики технического состояния строительных машин по времени использования показывает изменение следующих показателей [56]:

- снижение годовой наработки  $T_{p.p}(t)$  (см. рис. 1.1) машин вследствие простоев в неплановых ремонтах на величину от 1,1 до 4,2%;
- падение часовой производительности  $Q(t)$  в пределах 1...3 % в год;
- увеличение эксплуатационных затрат на 1...3,4 % в год, в результате себестоимость машино-часа  $C_{мч}(t)$  возрастает на 3...7 % в год.

Описанные изменения достаточно хорошо описываются экспоненциальной зависимостью с показателями старения машин по наработке  $\beta_t$ , производительности  $\beta_Q$  и по затратам  $\beta_Z$ :

$$T_{p.p}(t) = T_{p.p}(1) \cdot \exp(-\beta_t \cdot t), \quad C_{мч}(t) = C_{мч}(1) \cdot \exp(-\beta_z \cdot t), \quad Q(t) = Q(1) \exp(-\beta_Q \cdot t), \quad (3.9)$$

Выражение  $\exp(-\beta_t \cdot t)$  представляет собой изменение коэффициента готовности, рассчитываемого также в функции простоев в неплановых ремонтах  $T_{p.н.н}(t)$ , возникающих вследствие внезапных отказов [56]:

$$K_r(t) = \frac{T_{p.p}(t)}{T_{p.p}(t) + T_{p.н.н}(t)} = \exp(-\beta_t \cdot t) \quad (3.10)$$

В случае отсутствия неплановых ремонтов при  $T_{p.н.н}(t)=0$  значение коэффициента готовности равно 1.

Уровень рентабельности равен отношению прибыли  $\Pi(t)$  от эксплуатации машины к затратам  $Z(t)$ :

$$R(t) = \Pi(t) / Z(t). \quad (3.11)$$

Прибыль от эксплуатации техники в виде функции времени определяется выражением

$$\Pi(t) = B(t) - Z(t), \quad (3.12)$$

где  $B(t)$ ,  $Z(t)$  – соответственно накопленные выручка и расходы от производственной деятельности за расчетный период;  $t$  – возраст эксплуатируемого оборудования.

Величина выручки рассчитывается по формулам (3.6) и (3.7).

Затраты на технику определяются суммой произведения *оплачиваемой наработки*  $T_{p.p.эi}(t)$  каждой машины за расчетный период на себестоимость машино-часа  $C_{имч}$ ,

$$Z(t) = \sum Z_i(t) = \sum T_{p.p.эi}(t) \cdot C_{имч}. \quad (3.13)$$

Таким образом, формулы (3.6)...(3.13) представляют собой математическую модель вычисления  $Kэ(t)$ .

В расчете выручки по формуле (3.7) фигурируют значения производительности машины  $Q_i(t)$  в функции срока службы и коэффициента использования потенциала машины  $k_{иi}$ . Использование  $Q_i(t)$  дополняет  $Kэ(t)$  учетом влияния срока службы машин на выработку продукции, а  $k_{иi}$  показывает уровень организации производственной эксплуатации машин на объектах.

В работе [56] анализ технико-экономических характеристик построен на использовании  $Kг(t)$ , поэтому в формулах (3.1)...(3.13) по методике [56] применялся бы показатель времени  $T_{p.p}(t)$ , характеризующий время пребывания машины в работоспособном состоянии. Однако это не совсем правильно, т.к. при расчете выручки и затрат должно использоваться фактически отработанное на объекте время  $T_{p.p.э}(t)$ , которое оплачивает заказчик техники.

За обеспечение  $T_{p.p}(t)$ , отвечает служба технической эксплуатации предприятия, а за востребованность машин на объектах – время  $T_{p.p.э}(t)$  - служба

коммерческой эксплуатации. Причем время  $T_{p.p.э}(t)$  меньше, чем время  $T_{p.p.}(t)$ , примерно на 20% (при загрузке работоспособной техники на 80%, что является весьма высоким показателем).

Таким образом,  $Kэ(t)$  более точно отражает степень использования машин, а также работу служб эксплуатационного предприятия.

В диссертации построена математическая модель  $Kэ(t)$ , учитывающая важнейшие характеристики эксплуатации ПСМ, причем в функции срока службы  $t$ :

- время выполнения операций на объектах каждой машиной  $T_{ppэpi}(t)$  (операционное время);
- производительность машин  $Q_i(t)$ ;
- стоимость единицы продукции  $c_i$ ;
- показатель использования потенциала машины (рабочего времени, мощности, грузоподъемности и т. п.)  $k_i$ ;

себестоимость машино-часа  $C_{имч}(t)$ .

$$Kэ(t) = f \left\{ \sum_{i=1}^{Np} T_{ppэpi}(t) \left[ Q_i(t) \cdot c_i \cdot k_i - C(t)_{имч} \right] \right\}, \quad (3.14)$$

где  $Np$  – количество работавших машин в парке за рассматриваемый период времени.

На рис. 3.19, 3.20 представлены результаты численного расчета коэффициентов готовности и сохранения эффективности на примере экскаватора ЕК-270. На графиках представлены также формулы линий тренда с показателем достоверности  $R^2$ . При значении  $R^2$  более 0,8 уровень корреляции линий тренда с фактическими данными считается высоким. Диаграмма на рис. 3.19 снабжена линией  $Kг\_min$ , показывающей значение коэффициента готовности при минимально допустимом уровне рентабельности машины для предприятия по эксплуатации СМ, принятом равным 0,3. Точка пересечения линий  $Kг\_min$  и  $Kг(t)$  показывает срок службы объекта, рассчитанный при  $R = 0,3$  и соответствующие им значения  $Kг(t)$  и  $Kэ(t)$ .

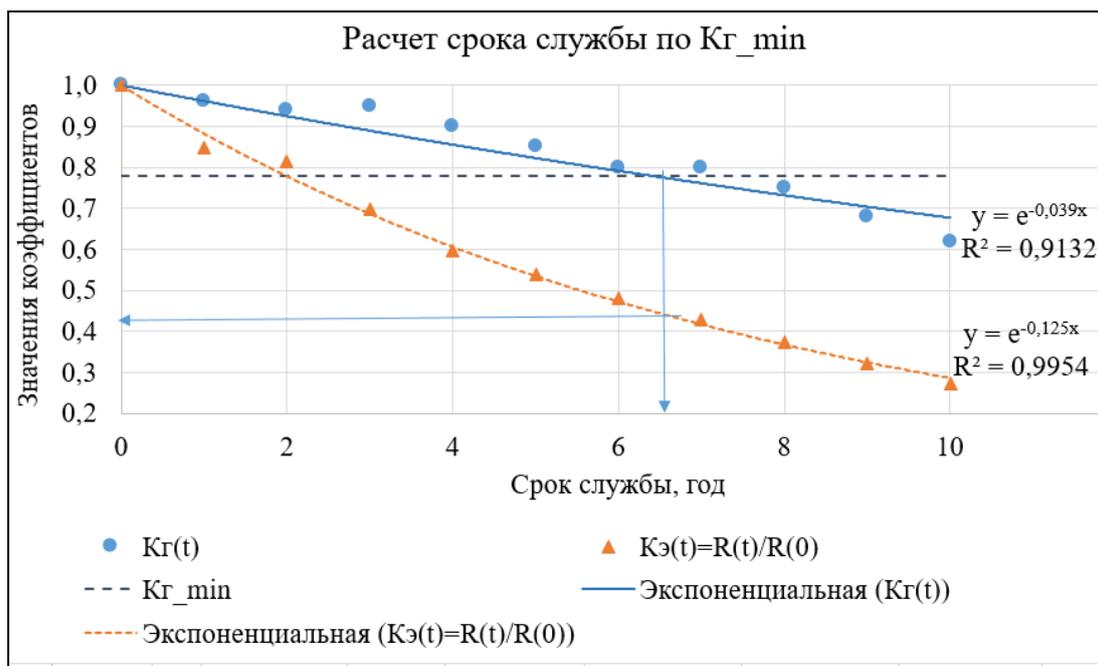


Рисунок 3.19 – Результаты расчета коэффициентов готовности и сохранения эффективности в Excel

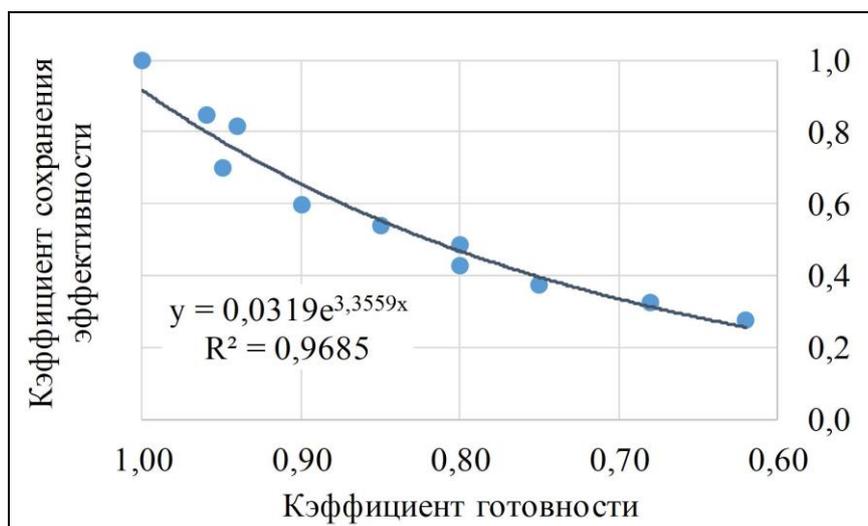


Рисунок 3.20 – Корреляция коэффициентов готовности и сохранения эффективности

Рис. 3.21 показывает, что коэффициенты готовности и сохранения эффективности хорошо коррелируют между собой. Поэтому для приближенной  $K_{Э}(t)$  оценки можно использовать  $K_{\Gamma}(t)$ , т.к. его расчет значительно менее трудоемок.

Для оценки нижнего уровня коэффициентов готовности и сохранения

эффективности, как уже показано выше, можно использовать минимально допустимое значение уровня рентабельности  $R_{\min}$  эксплуатации техники, принятое на эксплуатационном предприятии. Так, график уровня рентабельности в функции срока службы машины пересекается с горизонтальной линией  $R_{\min} = 0,3$  в точке, соответствующей примерно семи годам. Семилетней машине соответствует значение  $K\varepsilon(7) = 0,4$  (см. рис. 3.19).

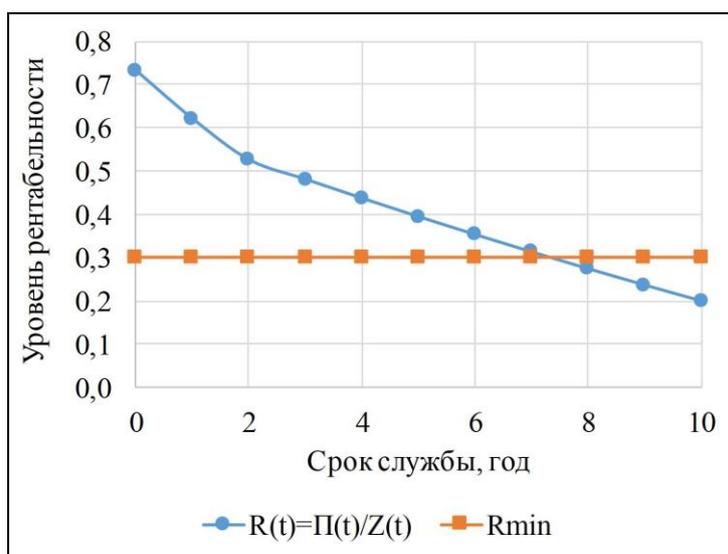


Рисунок 3.21 – Использование показателя уровня рентабельности эксплуатации машины для определения срока службы:  $R_{\min}$  – выбранный минимальный уровень рентабельности

Данные для расчета коэффициентов готовности и сохранения эффективности по формулам (3.1)...(3.13) могут быть получены из следующих источников:

- $T_{p,p}(t)$ ,  $T_{p,p,\varepsilon}(t)$ ,  $c_i$ ,  $k_{\text{ии}}$  – из отчетных документов эксплуатационного предприятия;
- $C_{\text{мч}}(t)$  – также из отчетных документов эксплуатационного предприятия или рассчитывается по МДС 81-3.99 [9] для первого года эксплуатации с последующим средним возрастанием на 4% в год;
- $C_{\text{мч}}$  – выбирается по средним ценам аренды техники;
- $Q(t)$  – может быть определена экспериментально путем непосредственного замера производительности на объекте (что весьма

затруднительно с точки зрения воспроизводимости одинаковых условий работы при замерах) или рассчитана с приемлемой для научных расчетов точностью по среднему снижению производительности на 2% в год.

### **Выводы по разделу**

1. Разработанный метод расчета коэффициента сохранения эффективности базируется на данных, имеющихся на любом эксплуатационном предприятии, и может быть легко рассчитан работником технической службы.
2. По сравнению с коэффициентом готовности коэффициент сохранения эффективности более точно отражает влияние экономических характеристик эксплуатируемого объекта.
3. Коэффициент сохранения эффективности может быть использован для оценки срока службы техники по экономическим параметрам.

### **3.2.5 Методика расчета показателей надежности на основе анализа режимов проведения мероприятий ТОиР**

На основании методики корректировки режимов ТОиР с учетом неплановых ремонтов (НР) [56] разработана методика расчета показателей надежности машин:

- Нарботки на внезапный отказ  $T_{от}(t)$  и интенсивности отказов  $\lambda(t)$ ;

Вероятности безотказной работы машины  $P(t)=\exp[-\lambda(t)]$  и  $P(t,\Delta T)=\exp[-\lambda(t)\cdot \Delta T]$  ( $\Delta T$  – продолжительность непрерывной работы на объекте);

Комплексных показателей надежности  $K_g$ ,  $K_{ти}$  и  $K_{ог}$  (оперативной готовности).

Источники информации для построения методики:

- Показатели надежности по ГОСТ 27.002-2015 [18];

Определения терминов, входящих в «Рекомендации по организации

технического обслуживания и ремонта строительных машин» по ГОСТ 18322-2016 [17];

Основные положения «Рекомендаций по организации технического обслуживания и ремонта строительных машин МДС 12-8.2007» [73];

Методика корректировки мероприятий ТОиР с учетом неплановых ремонтов и срока службы машин (таблица 3.1) [56]

На рис. 3.22 и 3.23 приведены примеры расчета в Excel надежностных показателей с учетом характеристик временных состояний (см. рис. 3.1). Все расчеты выполняются в одной книге Excel.

### Расчет параметров ТОиР

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	Годовой фонд рабочего времени Тр-Трп, ч	2300	Расчетное время простоев в плановых ТОиР: Трп, ч		164	Общий годовой фонд рабочего времени Т <sub>р</sub> , ч			2464
3	Время пребывания в работоспособном состоянии Т <sub>рр</sub> (годовой фонд рабочего времени с учетом простоев неплановых ТОиР: Т <sub>рр</sub> =Тр-Трп-Трн), ч	2029	Год эксплуатации		5	Коэффициент старения, год <sup>-1</sup>			0,025
17									
18									
19	Вид машин	Вид ТОиР	Номера состояний, i	Вероятности состояний					
20		ТО-1	1	0,023					
21		ТО-2	2	0,009					
22		СО	3	0,006					
23	Экскаваторы одноковшовые с гидравлическим приводом: на базе швемокошесного трактора, 2-й размерной группы, с ковшом вместимостью 0,25—0,4 м <sup>3</sup>	Т (В том числе: ТО-3)	4	0,031					
24		К	5	0,010					
25		НР	6	0,200					
26		Вероятность пребывания машин в неработоспособном состоянии			0,279				
27	Коэффициент готовности К <sub>г</sub> = p <sub>0</sub> +p <sub>1</sub> +...+p <sub>5</sub>			0,846					
28	Коэффициент технического использования К <sub>ти</sub> =			0,767					
29									

Рисунок 3.22 – Расчет параметров мероприятий ТОиР и показателей надежности для пятилетней машины ( возраст указан в ячейке E-3)

Ключевым показателем в расчетах является интенсивность старения по наработке, указанная в ячейке I-3 (рис. 3.23). Именно по ней рассчитываются показатели, приведенные ниже.

Интенсивности отказов  $\lambda(t)$  и восстановлений  $\mu(t)$  рассчитывались как обратные величины наработки на отказ  $T_{от}$  и времени восстановления  $T_{в}$ :

$$\lambda(t) = T_{от}^{-1}(t); \quad \mu(t) = T_{в}^{-1}(t). \quad (3.15)$$

На основании расчетов, выполненных с помощью таблицы Excel, получены следующие данные и выполнен анализ показателей (рис. 3.23...3.29).

	A	B	C	D	F	G	H
1	Расчет комплексных показателей						
2	год	Трр	Трп	Трн	Кг	Кти	$K_{o,r}(t, \Delta T) = K_r(t) \cdot P(t, \Delta T)$ , Ког при Траб = 20 ч.
3	1	2212	178	88	0,96	0,86	0,78
4	5	1893	154	407	0,83	0,66	0,65
5	10	1557	129	743	0,68	0,49	0,51

Рисунок 3.23 – Таблица расчета простоев в ремонтах и комплексных показателей надежности

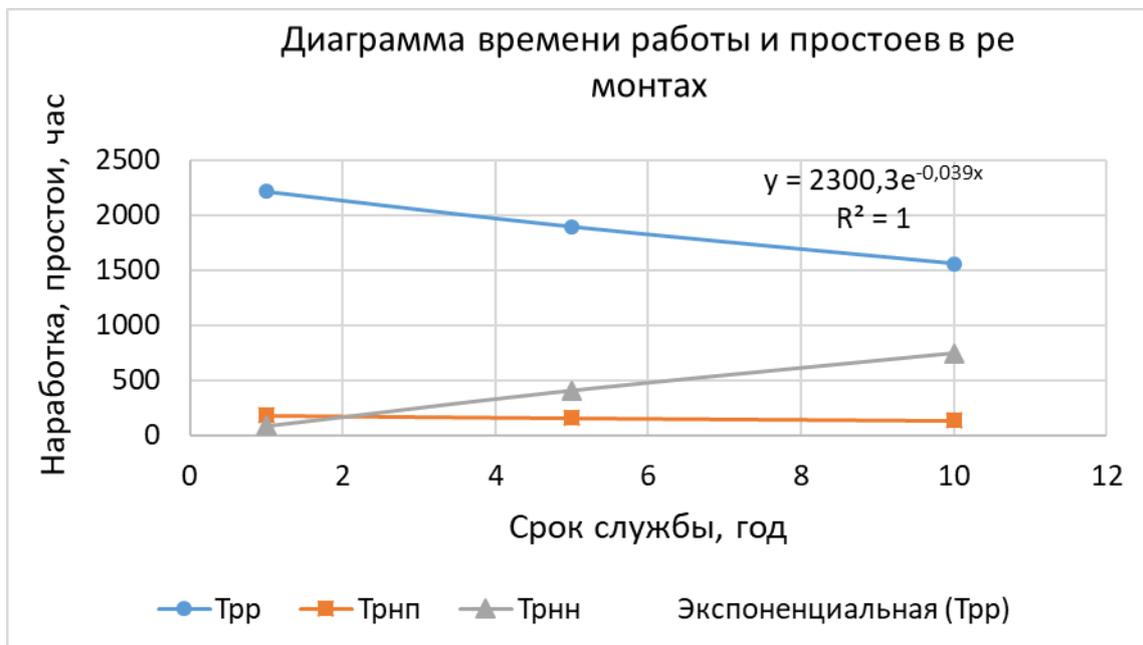


Рисунок 3.24 – Расчет простоев в ремонтах

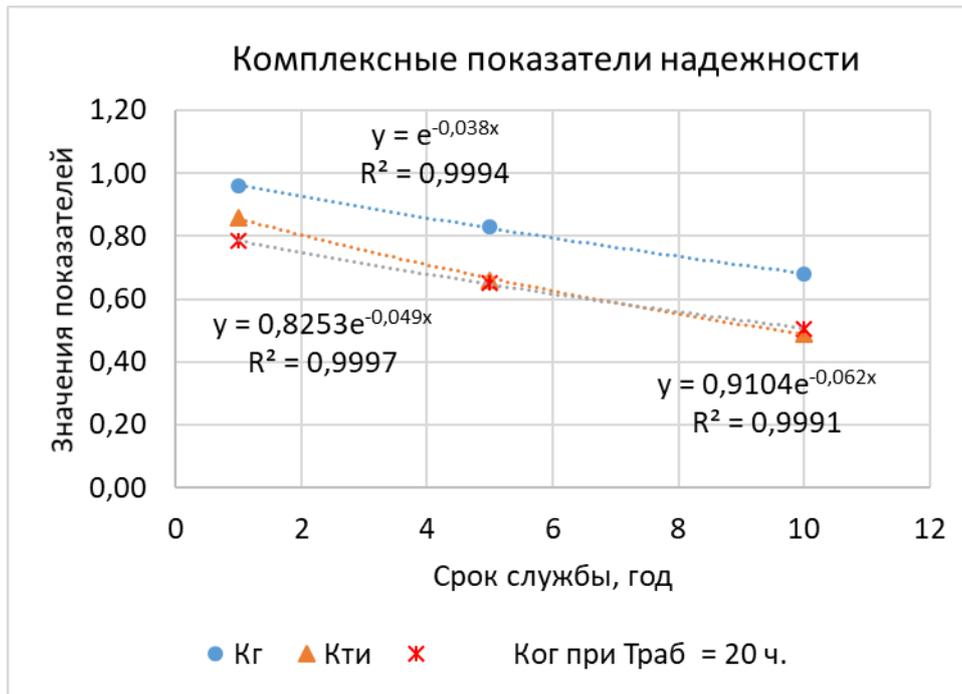


Рисунок 3.25 – Результаты расчета комплексных показателей надежности

1	Показатели неплановых ремонтов					Количество НР в год (Трнн/(Тот+Тв))
	Год	Наработка на НР (на отказ Тот), ч	Время восстановления Тв, ч	Интенсивность отказов (1/Тот), ч <sup>-1</sup>	Приведенная интенсивность отказов (1/(Тот+Тв), ч <sup>-1</sup> )	
2						
3	1	98	23	0,010	0,0083	1
4	5	82	23	0,012	0,0095	4
5	10	68	23	0,015	0,0110	8

Рисунок 3.26 – Расчет показателей неплановых ремонтов

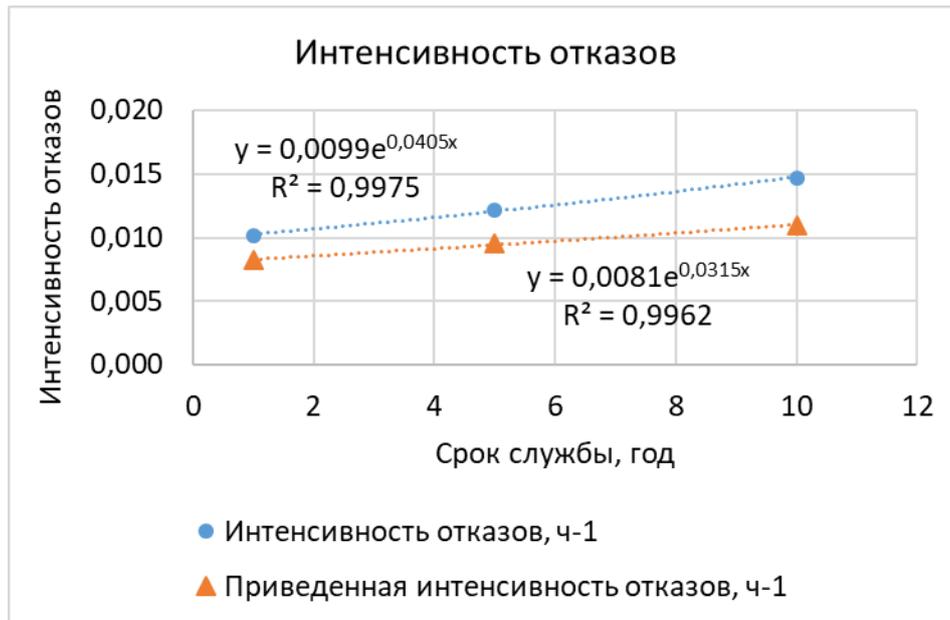


Рисунок 3.27 – Результаты расчета интенсивности отказов в функции наработки (по оси абсцисс) на НР при среднем времени восстановления  $T_v = 20$  час

Вероятность безоказной работы по внезапным отказам

Год	$\lambda(t)$	$\Delta T$	$P(t, \Delta T) = \exp[-\lambda(t) \cdot \Delta T]$
0	0,010	10	0,903
5	0,012	10	0,885
10	0,015	10	0,863
0	0,010	20	0,815
5	0,012	20	0,784
10	0,015	20	0,745
0	0,010	30	0,736
5	0,012	30	0,694
10	0,015	30	0,643

Рисунок 3.28 – Таблица расчета вероятности безотказной работы машины:  $\lambda(t)$  – интенсивность отказов;  $\Delta T$  – промежуток времени непрерывной работы на объекте

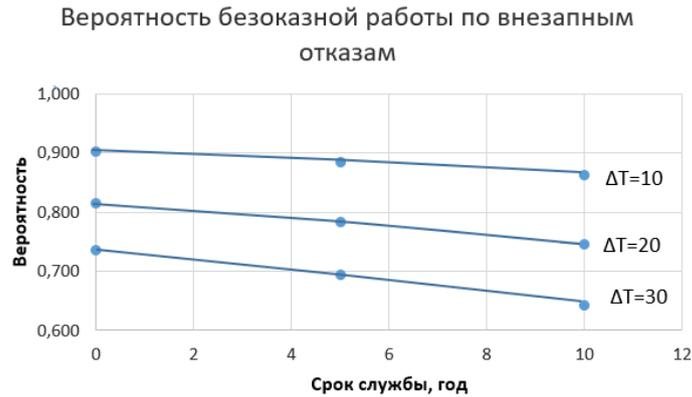


Рисунок 3.29 – Результаты расчета вероятности безотказной работы машины

### 3.2.6. Разработка математических моделей влияния рыночных условий на процессы формирования ПСМ

**Задача 1** – составить математическую модель влияния утилизационного сбора и инфляции на рыночные цены СМ с учетом их типоразмера и возраста для использования в модели оптимизации ПМ.

Все физические и юридические лица, покупающие или выпускающие спецтехнику в России, обязаны заплатить разовый утилизационный сбор (УС). Он предназначен для сохранения и улучшения экологической ситуации и направляется в госбюджет. Постановлением Правительства РФ утверждены ставки утилизационного сбора на СМ в 2021 году [66].

В соответствии с федеральным Законом от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ платить УС в России в 2021 году необходимо за импортированные в страну или изготовленные в РФ транспортные средства: колесный транспорт; шасси колесного транспорта; прицепы к колесному транспорту; самоходные спецмашины; прицепы к самоходной спецмашине. УС взимается с учетом технических характеристик каждого вида машин и срока их службы (величины износа) (<https://www.buhsoft.ru/article/2852-utilizatsionnyy-sbor-2021>).

Государство компенсирует российским предприятиям утильсбор, поэтому цены на отечественную технику по этой причине существенно не вырастут.

Не установлены конкретные сроки для уплаты УС для покупателей СМ

техники у российских продавцов (не уплативших сбор по причине льгот или нарушения закона). Но уплатить его придется, т.к. без отметки об уплате УС не удастся зарегистрировать технику в Ростехнадзоре [27].

Сумма утилизационного сбора (С<sub>ус</sub>) рассчитывается по формуле [ан41]:

$$C_{ус} = БС \cdot K_{у}, \quad (4.1)$$

где

1. БС (Базовая ставка):

- 172 500 рублей без НДС,
- 203 550 рублей с НДС.

2. К<sub>у</sub> (установленный коэффициент), который зависит от типа машины, её возраста и мощности двигателя и с 01.01.2021 значительно возрастает (рис. 4.2):

- автогрейдеры, К<sub>у</sub> = от 3,2 до 23,7.
- бульдозеры, К<sub>у</sub> = от 4 до 100.
- экскаваторы, экскаваторы-погрузчики, экскаваторы-бульдозеры, К<sub>у</sub> = от 4 до 40,5.
- катки дорожные, К<sub>у</sub> = от 1 до 17.
- погрузчики фронтальные, К<sub>у</sub> = от 1 до 17.
- краны самоходные, за исключением кранов на базе шасси колесных транспортных средств, К<sub>у</sub> = от 11,5 до 238,1.
- краны-трубоукладчики, краны гусеничные, К<sub>у</sub> = от 10 до 100.

Гусеничные экскаваторы



Рисунок 4.2 – Величина УС на гусеничные экскаваторы [86]

Коэффициент по транспортному средству с 1 января 2021 года. Величина коэффициента зависит от:

- возраста транспортного средства (новое или старше трех лет);
- категории транспортного средства;
- технически допустимой массы транспортного средства. Данные о массе указывают в одобрении типа транспортного средства (шасси) и ПТС (письма Минпромторга России от 27.03.2014 № 20-828, от 14.02.2014 № 20-345, доведены до налоговых инспекций письмами ФНС от 31.03.2014 № ГД-4-3/5751, от 28.02.2014 № ГД-4-3/3507);
- объема двигателя.

Коэффициенты приведены в нормативных документах:

- по колесным транспортным средствам – в Перечне № 1291, в ред. от 15.11.2019 № 1457;
- по самоходным транспортным средствам и прицепах к ним – в Перечне № 81 [66] (рис. 4.3).

	А	В	С	Д
2	Иден-	Виды и категории самоходных машин и прицепов к ним	Коэффициент расчета размера утилизационного сбора	
3	тифика-			
4	ционный код		новые самоходные машины и прицепы к ним	самоходные машины и прицепы к ним, с даты выпуска которых прошло более 3 лет
5				
22	III. Экскаваторы, экскаваторы-погрузчики, экскаваторы-бульдозеры			
23	(классифицируемые по коду 8429 51, 8429 52, 8429 59 000 0)			
24				
25	C01	мощностью силовой установки менее 170 л.с.	4	17
26	C02	мощностью силовой установки не менее 170 л.с. и менее 250 л.с.	6	25
27	C03	мощностью силовой установки не менее 250 л.с.	8	40,5

Рисунок 4.3 - Фрагмент Перечня № 81 по самоходным транспортным средствам и прицепах к ним, импортированный в таблицу Excel

На рис. 4.4 приведен пример расчета в Excel утилизационного сбора на экскаватор ЕК-270 производства Кранэкс (Россия), с даты выпуска которого прошло более трех лет. Причем сумма, подлежащая уплате, уменьшена на величину, оплаченную ранее изготовителем (графа 12). Результат (графа 13) получен как произведение базовой ставки (графа 10) на коэффициент «25» (рис.

4.2 ячейка D-26) минус произведение базовой ставки (графа 10) на коэффициент «б» (рис. 4.3 ячейка C-26).

5	РАСЧЕТ												
6	суммы утилизационного сбора в отношении самоходных машин и (или) прицепов к ним,												
7	уплачиваемого лицами, указанными в абзаце втором пункта 3 статьи 24.1												
7	Федерального закона "Об отходах производства и потребления"												
12	Идентификационный номер или заводской номер	Марка	Модель	Дата изготовления <sup>1</sup>	Вид самоходной машины или прицепа <sup>2</sup>	Мощность силовой установки	Модель, номер двигателя	Тип двигателя	Максимальная технически допустимая масса (тонн)	Базовая ставка	Коэффициент	Сумма утилизационного сбора, уплаченного в отношении базовой самоходной машины и (или) прицепа (при наличии)	Сумма утилизационного сбора, подлежащая уплате
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	57628	ЕК-270		28.03.2015	ЭКСКАВАТОР	180 л.с.	28346	ЯМЗ-236М2	26	203550	25	1221300	3867450

Рисунок 4.4 – Пример расчета в Excel утилизационного сбора на экскаватор ЕК-270 производства Кранэкс (Россия)

Напрашивается вывод – цена на технику со сроком эксплуатации увеличивается в 2,5...5 раз. Т.к. государство компенсирует российским предприятиям утильсбор, поэтому цены на отечественную технику по этой причине существенно не вырастут. Но произойдет удорожание импортной техники и, как следствие, снижение потребительского спроса и ее конкурентоспособности. Согласно прогнозам специалистов, повышение утилизационного сбора в два–четыре раза в 2021 году приведёт к росту цен на новую технику на 80%, а значит, и к сокращению рынка [22].

Но согласно нашим расчетам, выполненным в соответствии с Перечнем № 81 [66] и данными аналитиков портала Экскаватор.ру [86] (рис. 4.5, 4.6), удорожание новой техники не будет столь существенным. Цена же техники со сроком эксплуатации более трех лет вырастет в полтора-два раза для рассматриваемой категории машин.

Для использования в программе оптимизации ПСМ математическая модель расчета фактической стоимости машины с учетом УС представлена в виде:

$$C_{му}(t) = C_m(t) \cdot БС \cdot \begin{cases} K_{у1}, & \text{если } t \leq 3 \\ K_{у2}, & \text{если } t > 3 \end{cases} \quad (4.2)$$

где  $C_m(t)$  – фактическая стоимость машины в функции срока службы  $t$ ; БС – базовая ставка УС;  $K_{y1}$  и  $K_{y2}$  – коэффициенты УС, зависящие от срока службы машины.

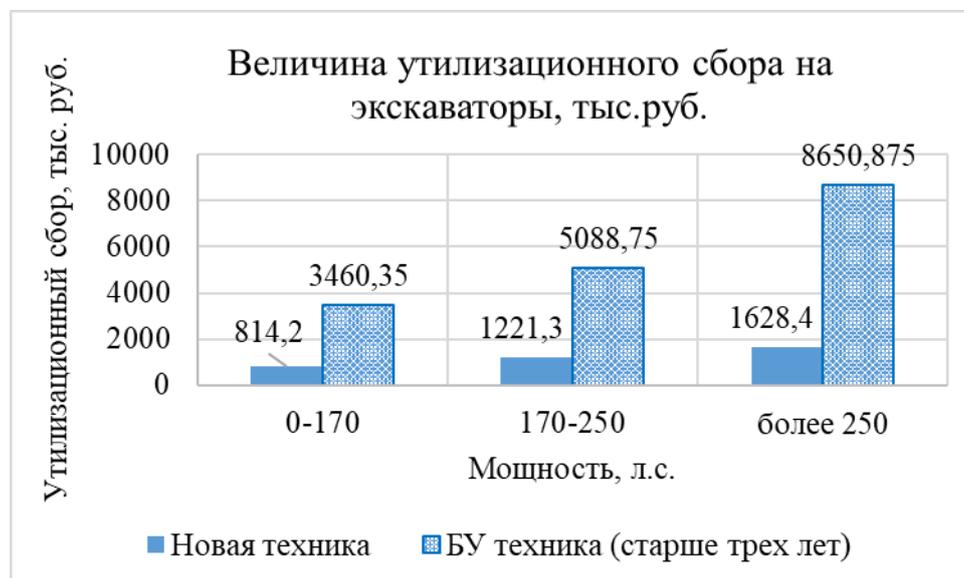


Рисунок 4.5 – Величина утилизационного сбора на экскаваторы, тыс. руб.

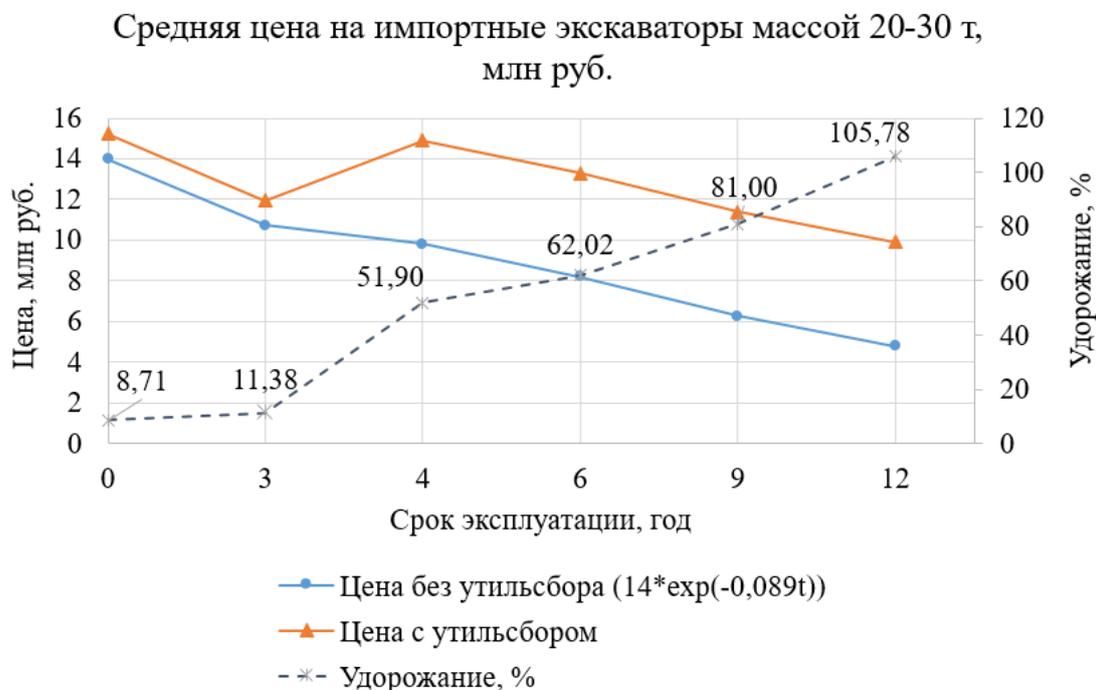


Рисунок 4.6 – Изменение средней цены на импортные экскаваторы массой 20-30 т со второй половины 2021 года

Диаграммы на рис. 4.6 рассчитаны в Excel (рис. 4.7 и 4.8).

	В	С	Д	Е	Ф
	Средний возраст в 2021 году, лет	Утильсбор	Цена без утильсбора ( $14*\exp(-0,089t)$ )	Цена с утильсбором	Удорожание, %
25					
26	0	1,22	14,00	15,22	8,71
27	3	1,22	10,72	11,94	11,38
28	4	5,09	9,81	14,90	51,90
29	6	5,09	8,21	13,30	62,02
30	9	5,09	6,28	11,37	81,00
31	12	5,09	4,81	9,90	105,78

Рисунок 4.7 – Принтскрин таблицы Excel с расчетом величины утильсбора на импортные экскаваторы, млн руб.

	В	С	Д	Е	Ф
	Средний возраст в 2021 году, лет	Утильсбор	Цена без утильсбора ( $14*\exp(-0,089t)$ )	Цена с утильсбором	Удорожание, %
25					
26	0	1,22	14	=C26+D26	=(E26-D26)/D26*100
27	3	1,22	=14*EXP(-0,089*B27)	=C27+D27	=(E27-D27)/D27*100
28	4	5,09	=14*EXP(-0,089*B28)	=C28+D28	=(E28-D28)/D28*100
29	6	5,09	=14*EXP(-0,089*B29)	=C29+D29	=(E29-D29)/D29*100
30	9	5,09	=14*EXP(-0,089*B30)	=C30+D30	=(E30-D30)/D30*100
31	12	5,09	=14*EXP(-0,089*B31)	=C31+D31	=(E31-D31)/D31*100

Рисунок 4.8 – Формульный вид таблицы Excel с расчетом величины утильсбора на импортные экскаваторы

Столбец С (рис. 4.7) содержит величину УС (млн руб.), расчетные значения которого приведены на рис. 4.8, причем до трех лет коэффициент утильсбора  $K_u$  соответствует новой машине, более трех лет – БУ. В столбце Д находятся цены экскаваторов в функции срока службы, полученные в разделе 2.3.3, рис. 2.37.

Расчеты выполнены для усредненного значения цен (см. раздел 2.3.3). Для каждой марки машины следует провести отдельный анализ динамики цены в функции возраста и выбрать коэффициенты утильсбора, соответствующие возможности и возрасту техники.

**Задача 2** – составить математическую модель влияния инфляции на

рыночные цены СМ с учетом их типоразмера и возраста. Данная модель предназначена ввода в программу оптимизации ПМ.

Удорожание отечественных СМ, помимо утильсбора, обусловлено следующими причинами:

- инфляция цен на промышленную продукцию, оцениваемая с помощью «индекса цен производителей» (ИЦП), величина которого с 2016 года колеблется в пределах 3...5% (см. рис. 2.32);
- изменение цен на импортные комплектующие, связанное с курсом иностранной валюты (если не происходит внезапных скачков цен, таких как двукратный рост в 2014 году, то за последние 5 лет средний годовой рост курсов евро и доллара США составил около 6% (<https://ru.investing.com/currencies/eur-rub>);
- «непредсказуемое» изменение цен на отечественные материалы и комплектующие (так, завод «Кранэкс» с января по август 2021 года трижды корректировал цены на свою продукцию из-за удорожание металла, поставляемого «Северсталью»);
- внутри и внешнеполитические события, влияющие на условия производства (например, сокращение производства техники на 5...20 % в 2020 году по причине самоизоляции части сотрудников из-за коронавируса).

Первые две причины и отчасти третью можно назвать условно стабильными, описываемые линейной зависимостью с суммарным ростом примерно 12...14% в год, что соответствует данным аналитиков, согласно которым повышение цен в два-три раза превышает уровень инфляции и индекс цен производителей промышленных товаров [12, 33, 86]. Значит, среднегодовое повышение цен на отечественные СМ будет считать равным 13%. Цены на иностранную технику обусловлены рынком и растут в год на 10...12 % [12, 33, 86, 88]. Причем цены на новую и БУ технику растут примерно в одинаковом размере.

Также, сравнивая графики рыночной цены на рис. 3.2 и 3.6, видим, что рыночная цена на новый экскаватор ЕК-270 с 2016 по август 2021 года выросла с 6,8 до 12,1 млн руб., т.е. почти в два раза. Такой рост соответствует примерно 13% в год. На рис. 4.8 и 4.9 приведены результаты расчета в Excel рыночной цены экскаватора ЕК-270, представляющие собой матрицу  $C_m(t_c, t_o)$ , где  $t_c$  – срок службы,  $t_o$  – год оптимизации.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Моделирование влияния инфляции на цену машины										
2	Данные										
3	Цена новой машины, млн руб.	12	Экскаватор ЕК-270								
4	Коэффициент старения $K_c$ по рыночной цене в формуле $\exp(-K_c \cdot t)$	0,197									
5	Коэффициент инфляции для отечественной техники	1,13									
6	Коэффициент инфляции для импортной техники	1,11									
7											
14											
15	Пример расчета цены экскаватора ЕК-270 (отечественный), млн руб.										
16	Год оптимизации ( $t_o$ )	Возраст машины ( $t_c$ ), год									
17		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	1	12,00	9,85	8,09	6,65	5,46	4,48	3,68	3,02	2,48	2,04
19	2	13,56	11,14	9,14	7,51	6,17	5,06	4,16	3,41	2,80	2,30
20	3	15,32	12,58	10,33	8,49	6,97	5,72	4,70	3,86	3,17	2,60
21	4	17,31	14,22	11,68	9,59	7,87	6,47	5,31	4,36	3,58	2,94
22	5	19,57	16,07	13,19	10,83	8,90	7,31	6,00	4,93	4,05	3,32
23	6	22,11	18,16	14,91	12,24	10,05	8,26	6,78	5,57	4,57	3,75
24	7	24,98	20,52	16,85	13,84	11,36	9,33	7,66	6,29	5,17	4,24
25	8	28,23	23,18	19,04	15,63	12,84	10,54	8,66	7,11	5,84	4,79
26	9	31,90	26,20	21,51	17,67	14,51	11,91	9,78	8,03	6,60	5,42
27	10	36,05	29,60	24,31	19,96	16,39	13,46	11,05	9,08	7,45	6,12

Рисунок 4.9 – Принтскрин листа Excel с расчетом цены нового и со сроком службы экскаватора ЕК-270

Строка 18 (рис. 4.8, 4.9) (ячейки В-18...К-18) содержит расчет динамики рыночной цены  $C_m$  от срока службы  $t_c = 1...10$  экскаватора на первом году оптимизации  $t_o = 1$  согласно формуле, полученной в разделе 3.1 (см. рис. 3.6):

$$C_m(t_c, t_o = 1) = C_m(1,1) \cdot \exp[-K_c \cdot (t_c - 1)], \quad (4.3)$$

где  $C_m(1,1)$  – цена новой машины (нулевая наработка на начало первого года службы) на первом году оптимизации (ячейка В-3);  $K_c$  – коэффициент старения машины по рыночной цене (ячейка В-4).

Столбец, соответствующий возрасту машины  $t_c = 1$  год (ячейки В-18...27), содержит цены новой машины по годам оптимизации  $t_o = 1...10$ , возрастающие с каждым годом на величину коэффициента инфляции  $K_i$  (ячейки В-5 и В-6), вычисляемые по формуле:

$$C_m(t_c = 1, t_o) = C_m(1,1) \cdot K_i^{t_o-1}. \quad (4.4)$$

Тогда результирующая формула для всей матрицы (В-18...К-27) будет иметь вид:

$$C_m(t_c, t_o) = C_m(1,1) \cdot \exp[-K_c \cdot (t_c - 1)] \cdot K_i^{t_o-1}. \quad (4.5)$$

Графически результаты расчета по первым четырем годам оптимизации представлены на рис. 4.10.

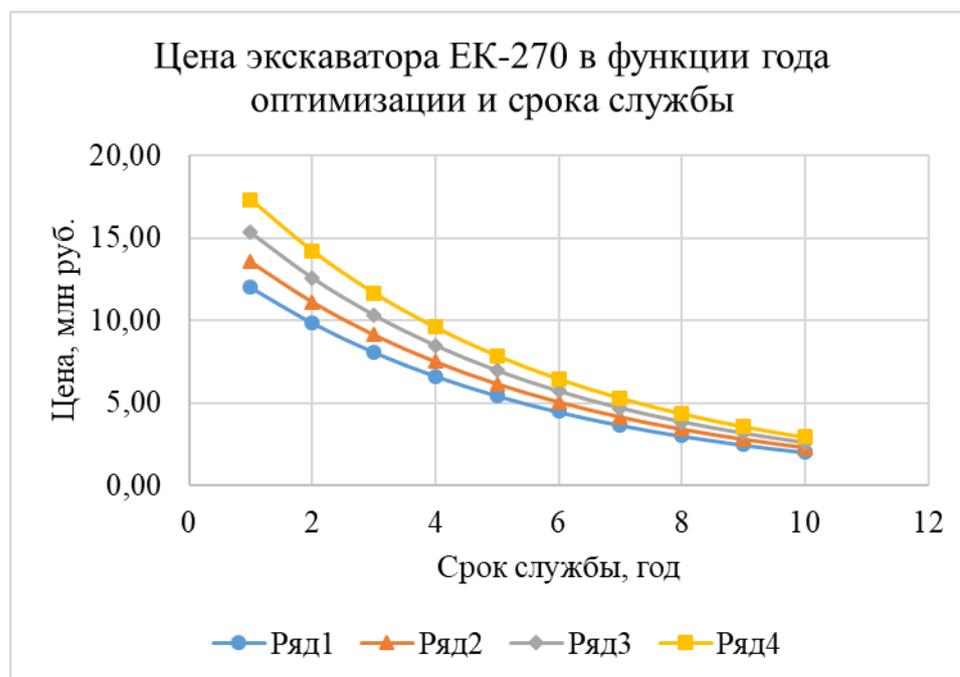


Рисунок 4.10 – Диаграмма цены экскаватора ЕК-270 в функции года оптимизации (номер ряда) и срока службы

Значения коэффициента инфляции рассчитаны из анализа цен на СМ в 2016...2021 годах. При проведении оптимизации ПМ коэффициент следует пересчитывать каждый год.

### **Выводы по разделу**

1. Повышение ставки утилизационного сбора с середины 2021 не окажет существенного влияния на цену отечественной техники, т.к. государство компенсирует российским предприятиям утильсбор, по приведет к существенному удорожанию импортных машин.
2. Величина утилизационного сбора определяется по формуле (4.2) и зависит от типоразмера и возраста продаваемой техники.
3. Среднегодовое повышение цен на отечественные СМ будет считать равным 13%. Цены на иностранную технику обусловлены рынком и растут в год на 10...12 %. Причем цены на новую и БУ технику растут примерно в одинаковом размере.
4. Величина стоимости машин с учетом инфляции определяется по формуле (4.5).

### **Выводы по третьей главе**

1. Полученные и обработанные статистические актуальные данные на август 2021 года по динамике расходования ресурса СМ и снижения рыночной, выраженные в уравнениях регрессии, могут служить основой для расчета показателей возрастной структуры ПМ при формировании модели его оптимизации.
2. Актуальные данные на август 2021 года показывают, что возросшие за текущий год рыночные цены на строительную технику делают нецелесообразными покупку машин со сроком эксплуатации и проведение КР для повышения уровня работоспособности машин.
3. Разработана методика расчета коэффициента сохранения эффективности ПМ и установлена его взаимосвязь с коэффициентом готовности, определено минимальное значение, соответствующее предельному возрасту машины по допустимому уровню рентабельности. Указанные величины войдут в состав

ограничительных параметров математической модели оптимизации ПМ.

4. Разработана методика расчета простоев в ремонтах и показателей надежности в функции срока службы машин, необходимых для использования в математической модели оптимизации ПМ.
5. С помощью анализа эффективности эксплуатации ПСМ установлена степень влияния: экономических характеристик использования ПСМ (постоянных и переменных составляющих затрат, наработки, установленной цены машино-часа работы машин) на уровень рентабельности, как основы для вычисления коэффициента сохранения эффективности; коэффициентов загрузки  $K_z$  и использования  $K_i$  парка машин на его эффективность.
6. Разработана методика расчета показателей работы служб технической, коммерческой и производственной эксплуатации строительного предприятия, влияющих на его эффективность, получены коэффициенты оценки использования ПМ, необходимые для формирования математической модели оптимизации ПМ.
7. Повышение ставки утилизационного сбора с середины 2021 не окажет существенного влияния на цену отечественной техники, т.к. государство компенсирует российским предприятиям утильсбор, по приведет к существенному удорожанию импортных машин.
8. Величина утилизационного сбора определяется по формуле (4.2) и зависит от типоразмера и возраста продаваемой техники.
9. Среднегодовое повышение цен на отечественные СМ будет считать равным 13%. Цены на иностранную технику обусловлены рынком и растут в год на 10...12 %. Причем цены на новую и БУ технику растут примерно в одинаковом размере.
10. Величина стоимости машин с учетом инфляции определяется по формуле (4.5).

## **ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ВНЕДРЕНИЕ**

### **4.1. Разработка методики оптимизации состава парка машин**

Задача Методики – выбор оптимального состава парка по возрастной структуре, отвечающего заданной целевой функции, например, мощности парка по наработке, минимуму капитальных вложений, сроку окупаемости, максимуму коэффициента сохранения эффективности или готовности.

Наиболее полное решение задачи с точки зрения теоретической и практической значимости было получено учеными кафедры наземных транспортно-технологических машин СПбГАСУ [56] и реализовано в программной среде Excel. Решение предусматривает следующие методы формирования ПМ:

- покупка новых машин в количестве  $X_{пнк}$  по цене  $C_{м}$ ;
- покупка не новых машин в количестве  $X_{нн}$  по цене  $C_{нн}$ ;
- продажа машин со сроком эксплуатации в количестве  $X_{пр}$  по цене  $C_{пр}$ ;
- проведение восстановительного (капитального) ремонта (КР) машин в количестве  $X_{кр}$  стоимостью  $C_{кр}$ ;
- списание (ликвидация) самых возрастных машин в количестве  $X_{лик}$  по цене  $C_{лик}$ .

Методика была разработана в 2005 году и дополнена в 2017 году возможностью приобретения машин за собственный счет предприятия, в лизинг и в кредит. Анализируя данную Методику с точки зрения оценочных показателей эксплуатации ПМ, последних изменений в области продажи СМ и влияния неучтенных факторов, предлагается следующая программа

усовершенствования Методики:

- дополнить Excel-программу возможностью оптимизации по новой целевой функции – коэффициенту сохранения эффективности Кэ. В работе Тайсаева К.К. [91] была доказана необходимость разработки метода формирования ПМ на основе Кэ, но в диссертации факт разработки метода объявлен декларативно, без описания метода;
- дополнить Excel-программу возможностью оценки вариантов формирования ПМ по ряду ключевых показателей;
- дополнить учетом влияния инфляции и утилизационного сбора на процессы оптимизации парка машин.

Ниже представлена блок-схема (рис. 4.1), описание программы и методики оптимизации ПМ на ее основе, но полнота описания ограничена с целью сохранения объекта интеллектуальной собственности.

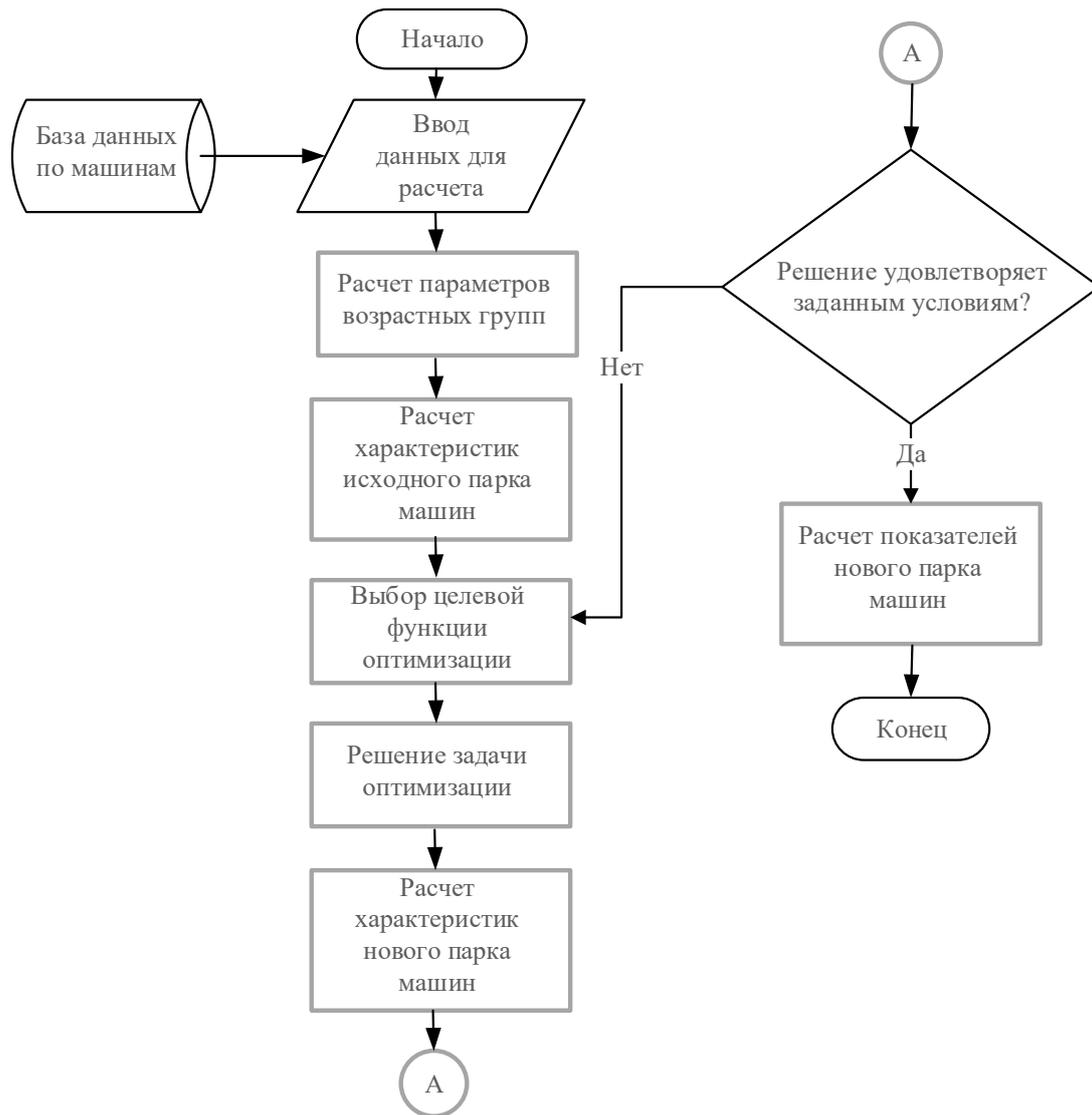


Рисунок 4.1 – Блок-схема программы оптимизации ПМ

Методика заключается в заполнении приведенных ниже форм, выполнении расчетов и анализе результатов.

На рис. 4.2 показан блок ввода данных. Все данные были получены в предыдущих разделах диссертации.

	A	B	C	D
1	<b>Блок ввода данных</b>			
2	Стоимость новой машины, млн. руб.		<b>См</b>	<b>= 12,1</b>
3	Стоимость КР машины, млн. руб.		<b>Скр</b>	<b>=3,1</b>
4	Показатель старения по наработке, год <sup>α</sup> (-1)		<b>beta</b>	<b>= 0,063</b>
5	Показатель старения по рыночной цене, год <sup>α</sup> (-1)		<b>дельта</b>	<b>= 0,197</b>
6	Наработка новой машины в год, час		<b>T<sub>0</sub></b>	<b>=2300</b>
7	Цена машино-часа, руб.		<b>Цмч</b>	<b>=3000</b>
8	Затраты на эксплуатацию новой машины, млн руб./год		<b>Зэ<sub>0</sub></b>	<b>=1,116</b>
9	Зарплата машиниста в год, млн руб.		<b>ЗП</b>	<b>=0,84</b>
10	Издержки владения машиной, млн руб./год		<b>З+См/тс</b>	<b>=2,57</b>
11	Срок службы машины, год		<b>тс</b>	<b>=10</b>

Рисунок 4.2 - Блок ввода данных программы

В основу Методики положено разбиение парка машин на возрастные группы (ВГ) по годам (рис. 4.3, строка 15) с последующим расчетом показателей по каждой ВГ в год. Все расчетные формулы, используемые в программе приведены в разделе 3.2.

Блок 1. Параметры возрастных групп												
Наименование параметра	Номер ВГ, i	Возрастная группа										Среднее
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Параметры возрастных групп												
Стоимость продажи машины, млн руб.	Спр <sub>i</sub>	8,94	7,34	6,03	4,95	4,07	3,34	2,74	2,25	1,85	1,52	
Стоимость покупки машины, млн руб.	Спн <sub>i</sub>	9,94	8,16	6,70	5,50	4,52	3,71	3,05	2,50	2,05	1,69	
Коэффициент готовности	К <sub>г</sub>	0,969	0,939	0,910	0,882	0,854	0,828	0,802	0,777	0,753	0,730	<b>0,844</b>
Наработка в год, час	T <sub>г, маш-ч</sub>	2228,7	2159,6	2092,6	2027,7	1964,8	1903,9	1844,9	1787,7	1732,2	1678,5	<b>Сумма</b>
Затраты на эксплуатацию, млн руб.	Зэ <sub>i</sub>	1,15	1,19	1,23	1,27	1,31	1,35	1,39	1,44	1,48	1,53	<b>13,33</b>

Рисунок 4.3 – Параметры возрастных групп

Во втором блоке (рис. 4.4) приведены параметры исходного парка машин А, подлежащего изменению с заданной целью, например, повышению мощности парка по наработке с заданным интервалом, указанном ниже на рис. 4.5. Индекс «а» при параметрах показывает принадлежность к парку А. Значение  $R_{a_0} = 0,82$  (ячейка О-37) соответствует уровню рентабельности при отсутствии отказов ( $K_g = 1$ ). Средняя себестоимость машино-часа (ячейка М-36) служит для выбора целесообразной цены машино-часа Цмч (ячейка D-7, рис. 4.1), обеспечивающей допустимое значение коэффициента сохранения эффективности, установленное исследованиями п. 3.2.4. Естественно, Цмч должна соответствовать и рыночным ценам на аренду техники.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	<b>Блок 2. Характеристики исходного парка машин</b>														
24		<b>Исходный парк машин (парк А)</b>											Сумма		
25	Номер ВГ, i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
26	Исходное количество машин	2	2	3	3	1	2	2	1	1	1				18
27	Наработка в год, час	Т <sub>а, маш-ч</sub>	4457,4	4319,1	6277,8	6083,1	1964,8	3807,8	3689,7	1787,7	1732,2	1678,5			35798
28	Частный коэффициент готовности ВГ	К <sub>а</sub>	0,108	0,104	0,152	0,147	0,047	0,092	0,089	0,043	0,042	0,041			0,865
29	Затраты на эксплуатацию, млн руб.	З <sub>аэ</sub>	2,30	2,38	3,68	3,80	1,31	2,70	2,78	1,44	1,48	1,53			23,39
30	Условно-постоянные затраты, млн руб.	З <sub>апост</sub>	5,14	5,14	7,71	7,71	2,57	5,14	5,14	2,57	2,57	2,57			46,26
31	Суммарные затраты, млн руб.	З <sub>а</sub>	7,44	7,52	11,39	11,51	3,88	7,84	7,92	4,01	4,05	4,10			69,65
32	Выручка, млн руб.	В <sub>а</sub>	13,37	12,96	18,83	18,25	5,89	11,42	11,07	5,36	5,20	5,04			107,39
33	Прибыль, млн руб.	Р <sub>а</sub>	5,93	5,44	7,44	6,74	2,02	3,59	3,15	1,36	1,14	0,94			37,74
34															Среднее
35	Себестоимость машино-часа, руб.	С <sub>мч</sub>	1669,92	1740,43	1814,30	1891,72	1972,87	2057,96	2147,21	2240,83	2339,06	2442,17			2031,64
36	Уровень рентабельности	Р <sub>а</sub>	0,80	0,72	0,65	0,59	0,52	0,46	0,40	0,34	0,28	0,23			0,50
37	Коэффициент сохранения эффективности	К <sub>эа</sub>	0,97	0,88	0,80	0,71	0,63	0,56	0,48	0,41	0,34	0,28			0,61
38															Р <sub>а2</sub> (при К <sub>р</sub> =1) = 0,82

Рисунок 4.4 – Блок 2. Характеристики исходного парка машин

В третьем блоке «Результаты оптимизации парка машин» (рис. 4.5) показаны собственно варианты обновления ПМ (строки 43 и 45), искомые значения количества машин  $X_i$ , рассчитанные программой, и капитальные вложения в каждый вариант. Новые машины поступают в первую ВГ, не новые во вторую-четвертую, продаются и списываются их пятой-десятой. В КР уходят из пятой ВГ и после ремонта поступают во вторую. Суммарные капитальные вложения вычисляются в ячейке М-48 (это первая целевая функция ЦФ1) и не должны превышать заданной величины (ячейка О-48). Оптимизация производится с использованием встроенной функции Excel «Поиск решения».

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
39	<b>Блок 3. Результаты оптимизации парка машин</b>														
40		<b>Исходный парк машин (парк А)</b>											Сумма		
41	Номер ВГ, i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
42	Варианты корректировки структуры	"+" Хлок	"+" Хнн2	"+" Хнн3	"+" Хнн4	"-" Хпр5	"-" Хпр6	"-" Хпр7	"-" Хпр8	"-" Хпр9	"-" Хпр10			Условия оптимизации	
43	Искомые значения	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Сумма			
44	Капитальные вложения, млн руб.	0,0	0,0	0,0	38,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,5			
45			"+" Хкр			"-" Хкр									
46	Искомые значения		0,0			0,0									
47	Капитальные вложения, млн руб.		0,0			0,0						0,0			
48	Капитальные вложения всего, млн руб.	0,0	0,0	0,0	38,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,5	→ min (ЦФ1)	<=100	

Рисунок 4.5 – Блок 3. Результаты оптимизации парка машин

Расчет построен на математической модели оптимизации ПМ:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N Z_i = \sum_{i=1}^N C_i X_i \leq I, \\ X_i \geq 0, \\ X_i = \text{целое}, \end{cases} \quad (4.1)$$

где  $Z$  – затраты на обновление ПМ;  $I$  – допустимый объем инвестиций;  $i$  – номер возрастной группы;  $N$  – количество возрастных групп;  $C_i$  – цена операции с машиной  $i$ -той группы (цена покупки новой или не новой машины, цена продажи машины или выполнения КР);  $X_i$  – количество машин  $i$ -той группы, участвующих в операции.

Четвертый блок (рис. 4.6) содержит параметры нового парка машин В, количество машин в ВГ которого (строка 52) равно суммам количества машин в соответствующих ВГ парка А и значений в ячейках строк 43 и 46. Результаты расчета каждого показателя парка В (столбец N) могут применяться в качестве целевых функций оптимизации ПМ. Наибольшую эффективность ПМ получаем при оптимизации по максимуму коэффициента сохранения эффективности. Также получаются и высокие значения уровня надежности по коэффициентам Кг и Кэ. Т.е. данное решение наиболее полно отвечает результатам исследования рейтинга потребительских качеств машин, полученным в п. 2.4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	<b>Блок 4. Характеристики нового парка машин</b>													Условия оптимизации		
49																
50		Измененный парк машин (парк В)											Сумма			
51	Номер ВГ, i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
52	Новое количество машин	2	2	3	10	1	2	2	1	1	1		25	→ min (ЦФ2)	<=40	
53	Наработка в год, час	Тв, маш-ч	4457,4	4319,1	6277,8	20284,9	1964,8	3807,8	3689,7	1787,7	1732,2	1678,5	50000	→ max (ЦФ3)	=>50000	<=70000
54	Частный коэффициент готовности ВГ	Кв	0,078	0,075	0,109	0,353	0,034	0,066	0,064	0,031	0,030	0,029	0,869	→ max (ЦФ4)		
55	Затраты на эксплуатацию, млн руб.	Звз	2,30	2,38	3,68	12,66	1,31	2,70	2,78	1,44	1,48	1,53	32,26	→ min (ЦФ5)		
56	Условно-постоянные затраты, млн руб.	Звпост	5,14	5,14	7,71	25,71	2,57	5,14	5,14	2,57	2,57	2,57	64,26	→ max (ЦФ6)		
57	Суммарные затраты, млн руб.	Зб	7,44	7,52	11,39	38,37	3,88	7,84	7,92	4,01	4,05	4,10	96,52	→ max (ЦФ7)		
58	Выручка, млн руб.	Вв	13,37	12,96	18,83	60,85	5,89	11,42	11,07	5,36	5,20	5,04	150,00	→ max (ЦФ8)		
59	Прибыль, млн руб.	Рв	5,93	5,44	7,44	22,48	2,02	3,59	3,15	1,36	1,14	0,94	53,48	→ max (ЦФ9)		
60													Среднее			
61	Себестоимость машино-часа, руб.	Смч	1669,92	1740,43	1814,30	1891,72	1972,87	2057,96	2147,21	2240,83	2339,06	2442,17	1779,09			
62	Уровень рентабельности	Рб	0,80	0,72	0,65	0,59	0,52	0,46	0,40	0,34	0,28	0,23	0,59	→ max (ЦФ10)		
63	Коэффициент сохранения эффективности	Кэв	0,97	0,88	0,80	0,71	0,63	0,56	0,48	0,41	0,34	0,28	0,72	→ max (ЦФ11)		
64	Срок окупаемости капитальных вложений, год												ток, мес.	2,45	→ max (ЦФ12)	

Рисунок 4.7 – Блок 4. Характеристики нового парка машин

На рис. 4.7, 4.8 и в таблице 4.1. показан блок сравнения показателей исходного и нового парка машин, встроенный в Excel-программу.

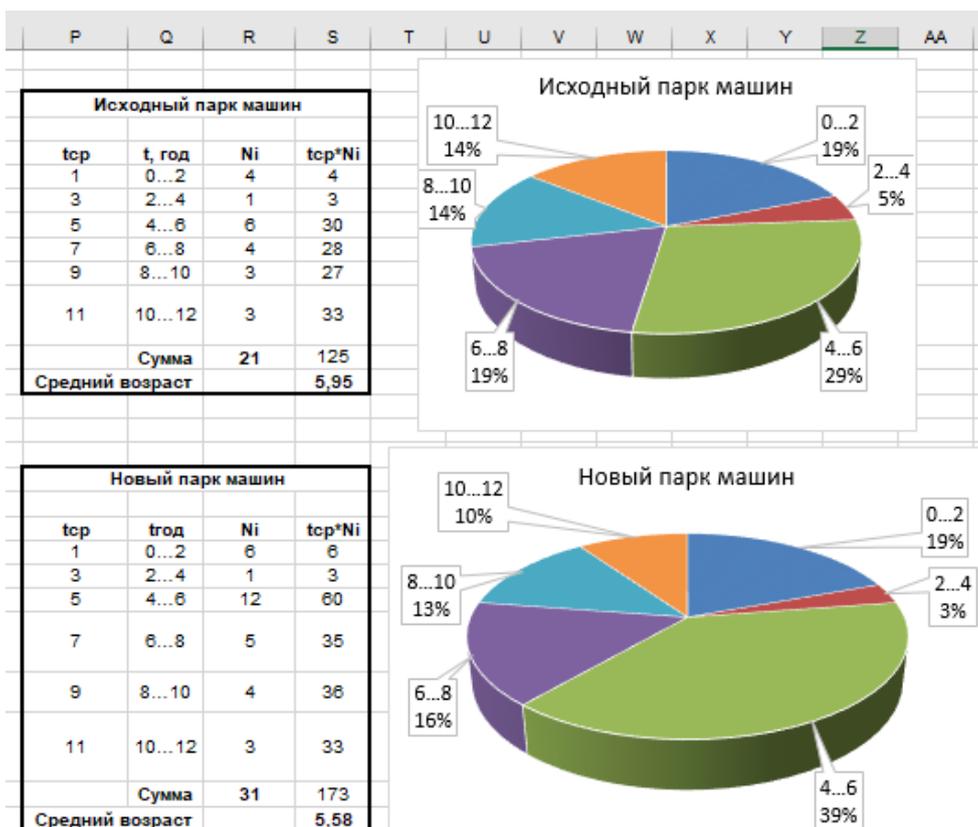


Рисунок 4.8 – Фрагмент листа Excel с анализом возрастной структуры исходного и нового парка машин: tcp – средний возраст машин в возрастной группе (ВГ); ti – временной интервал в ВГ; Ni – количество машин в возрастной группе

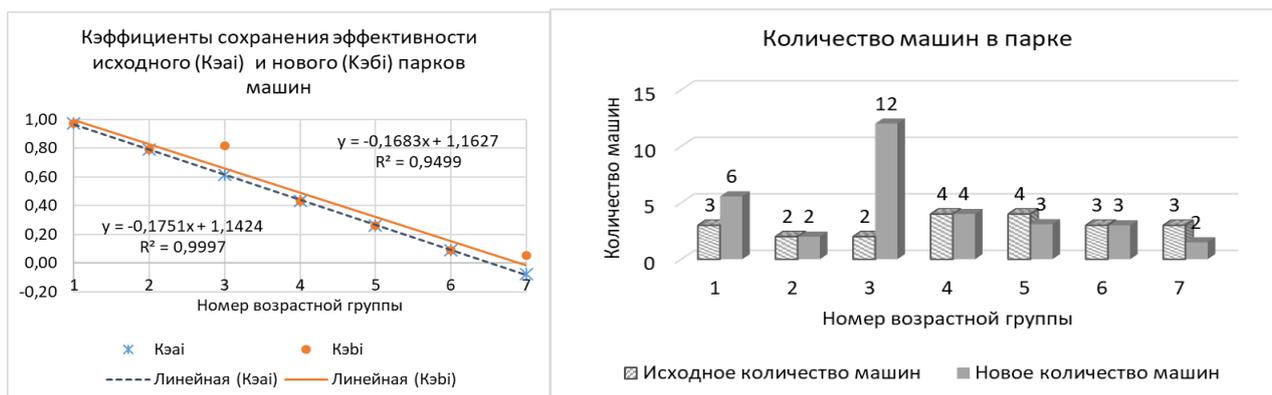


Рисунок 4.9 – Примеры сравнительного анализа показателей парка машин, реализуемые в Методике

Таблица 4.1. Показатели оптимизации парка машин

Показатели эксплуатации парка машин			
Показатель	Исходный парк	Новый парк	Относительное изменение, %
Общие затраты, тыс. руб./час на машину	1,12	1,04	-7,57
Выручка, тыс. руб./час на машину	1,40	1,40	0,00
Прибыль, тыс. руб./час на машину	0,28	0,36	21,74
Кг (средний по парку машин)	0,815	0,836	2,43
Кэ (средний по парку машин)	0,44	0,47	6,25
Уровень рентабельности ПМ, %	28,75	30,67	6,25
Мощность парка, маш.-час в месяц	3597	5600	35,78

В процессе работы над Excel-программой были внесены следующие изменения.

1. Как уже было указано, дополнена возможность оптимизации по новым целевым функциям:
  - коэффициенту сохранения эффективности Кэ;
  - уровню рентабельности, различного вида затрат – итого 12 целевых функций по сравнению с 7, которые были в предыдущей версии программы
2. Дополнена программа возможностью оценки вариантов формирования ПМ по ряду ключевых показателей: Кэ, возрастной структуре, фондоотдаче и др.;
3. Введены в программу дополнительные параметры (характеристики изменяемых параметров, ограничения, пределы изменений), позволившие применить вместо «Симплекс метода» линейной оптимизации нелинейный метод «Обобщенного понижающего градиента (ОПГ)» (рис. 4.10), позволяющий получать более широкий спектр возможных решений сложных нелинейных моделей. Например, снятие ограничений с количества покупаемых бывших в эксплуатации

машин и применения метода ОПГ позволило снизить капитальные вложения в обновление ПМ с 47,6 млн. руб. до 34,9 млн. руб. Правда, с некоторым снижением показателей надежности: Кг с 0,856 до 0,836 и Кэ с 0,49 до 0,47. Но, надо понимать, 12,7 млн. руб. экономии того стоят.

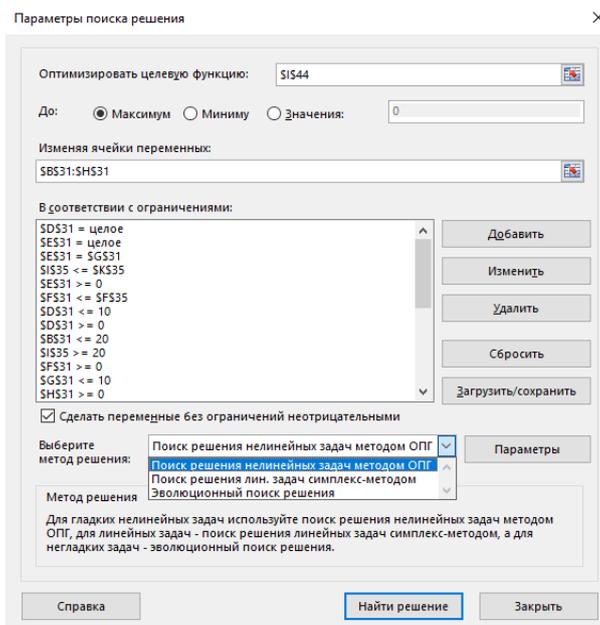


Рисунок 4.10 – Диалоговое окно Excel-программы «Поиск решения»

4. Программа дополнена методикой учета утилизационного сбора при оптимизации ПМ. Выполненный расчет оптимизации ПМ по данным на август 2021 года показал, что инвестиций для достижения заданного результата требуется примерно в четыре раза больше инвестиций, чем в 2016 году (правда, для отечественного экскаватора.
- Программа дополнена методикой учета инфляции при оптимизации ПМ. Исходные данные с ценовыми параметрами рассчитываются согласно методике, разработанной в разделе 3.2.6. Выполненные два примера расчета по данным на август 2021 года для первого года оптимизации ПМ по критерию минимума капитальных вложений и по критерию максимума коэффициента сохранения эффективности показали явные

преимущества второго критерия по сравнению с первым, заключающиеся в:

- двукратном сокращении срока окупаемости капитальных вложений, хотя эти вложения при втором варианте выше примерно на 30%;
- формировании ПМ исключительно новыми машинами с частичной продажей старых, в то время, как по первому варианту были куплены только БУ машины, а старые остались;
- омоложении ПМ (значительно выше Кг и Кэ) и сокращении на две единицы, и как результат – уменьшение затрат на содержание ПМ и времени простоя в неплановых ремонтах;
- инвестиций для достижения заданного результата, требуется примерно в три раза больше инвестиций, чем в 2016 году, что наглядно показывает влияние инфляции за 5 лет.

Сравнение расчетов первого и второго годов оптимизации по критерию максимума коэффициента сохранения эффективности показало увеличение потребности в инвестициях на 18% при уровне инфляции цен на машины 13%, что объясняется также повышением затрат на эксплуатацию техники и зарплату машинистов.

Хотя разработанная Методика предусматривает приобретение техники только за собственные средства предприятия, все нововведения применимы и для вариантов покупки и в лизинг, и в кредит. Отличия заключаются в том, что в объеме инвестиций вместо полной стоимости машин будут фигурировать авансовые платежи, выплаты долей стоимости по годам и процентов по кредитам [на34]. Учет утилизационного сбора и инфляции, а также оптимизация по максимуму коэффициента сохранения эффективности актуальны и реализуемы без существенных доработок во всех вариантах приобретения техники.

На новую версию программы получено свидетельство авторского права № 2019619466 (рис. 4.11).



Рисунок 4.11 – Свидетельство авторского права на программу для ЭВМ

В данном разделе не приводится формульный вид таблиц Excel, т.к. он откроет программное содержимое Методики, которая является интеллектуальной собственностью СПбГАСУ. Получение полного текста программы для ЭВМ «Оптимизация состава парка строительных машин» возможно по лицензионному договору с СПбГАСУ.

## 4.2. Практическая реализация методики, внедрение, экономическая эффективность

### 4.2.1 Внедрение результатов исследований

Методика оптимизации ПМ принята к внедрению в ООО «Севердорстрой» г. Вологды и используется в учебном процессе по дисциплине «Эффективность применения машин» в СПбГАСУ (рис. 4.12 и 4.13).



Утверждаю  
Генеральный директор  
ООО «Севердорстрой»  
Р.А. Голубев  
«    »                      20    г.

АКТ

внедрения результатов диссертации  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
Чечуева Василия Евгеньевича

Настоящим удостоверяется, что рекомендации, содержащиеся в диссертационном исследовании использовались в ООО «Севердорстрой» при создании:

1. Методики анализа современных требований к паркам машин;
2. Методики формирования и реновации парка машин;
3. Методики формирования реновации парков, учитывающей новые возможности и научные достижения в данной области;
4. Методики оценки эффективности методов формирования и эксплуатации парков машин.

Использование указанных результатов позволяет повысить эффективность использования парка строительных машин на современном этапе.

Рисунок 4.12 – Акт внедрения результатов исследований в ООО «Севердорстрой»  
(Вологодская область)

Утверждаю проректор  
по учебной работе  
Санкт-Петербургского  
государственного  
архитектурно-строительного  
университета  
С. Г. Головина  
\_\_\_\_\_ 2021 г.

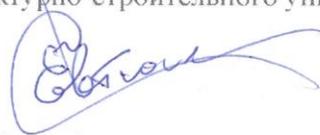
АКТ  
об использовании результатов  
кандидатской диссертационной работы  
Чечуева Василия Евгеньевича

Комиссия в составе:

Председателя – заведующего кафедрой наземных транспортно-технологических машин, д.т.н., профессора С.А. Евтюкова,  
членов комиссии: д.т.н., профессора В.Н. Добромирова, д.т.н., профессора А.Е. Пушкарева

составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы «Методика управления парком транспортно-технологических машин по ключевым показателям», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, используются в курсе лекций и расчетных заданиях по дисциплине «Эффективность применения машин» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.

Председатель комиссии С.А. Евтюков



Члены комиссии В.Н. Добромиров



А.Е. Пушкарев



#### 4.2.2 Экономическая эффективность внедрения результатов исследований

Существующие рекомендации по оценке эффективности внедрения результатов научных исследований и объектов интеллектуальной собственности [10, 53, 63, 92, 94] рассматривают «результат внедрения инноваций как экономический эффект, так и социальный, экологический, информационный и иной положительный эффект» [94].

Разработанная в диссертации Методика оптимизации ПМ реализована в виде программы для ЭВМ, экономическая эффективность которой от внедрения на предприятии складывается из двух составляющих – сокращения трудозатрат на планирование формирования оптимального ПМ и получения наилучшего из возможных результатов, оптимизированного по нескольким целевым функциям. Программа для ЭВМ выполнена в наиболее распространенной математической среде – MS Excel и включает в себя разделы, помещенные в отдельные листы книги Excel:

- анализ технико-экономических показателей машин в функции срока службы (см. раздел 3.1);
- расчет коэффициентов готовности и сохранения эффективности (см. раздел 3.3);
- методики расчета утилизационного сбора и инфляции (см. разделы 4.1 и 4.2);
- собственно программа оптимизации ПМ (см. раздел 4.3);
- блок сравнения показателей исходного и нового парка машин (см. раздел 4.3).

Определение годового экономического эффекта от первой составляющей основывается на сравнении базового (индекс «1» в формуле (4.8)) и нового (индекс «2») вариантов выполнения работ [53, 63]:

$$\mathcal{E} = [(C_1 - C_2) - E_n \cdot (K_2 - K_1)] A_2, \quad (4.8)$$

где  $C$  – себестоимость единицы (продукции) работы, руб/ед.;  $K$  – удельные капитальные вложения, руб/ед.;  $E_n$  – нормативный коэффициент

эффективности капитальных вложений (0,15);  $A_2$  – годовой объем продукции производимый новым вариантом выполнения работ (в рассматриваемом случае  $A_2 = 1$ , т.к. планирование обновления ПМ производится один раз в год).

### **Себестоимость единицы работы**

Себестоимость единицы работы заключается в оплате трудозатрат работника по составлению и расчету плана оптимизации ПМ. В обоих вариантах состав работ включает в себя.

1. Анализ объемов строительных работ на планируемый период (на следующий год) по каждому типу и типоразмеру машин в машино-часах, причем только по машинам, которые предприятие планирует приобретать в собственность;
2. Анализ рынка техники;
3. Анализ технико-экономических показателей машин в функции срока службы;
4. Расчет коэффициентов готовности и сохранения эффективности;
5. Методики расчета утилизационного сбора и инфляции;
6. Собственно программа оптимизации ПМ;
7. Сравнение показателей исходного и нового парка машин.

Разделы 4...7 входят в состав программы оптимизации ПМ и позволяют существенно сократить время работы над планом оптимизации ПМ. На основании проведенной работы по опытному внедрению программы на ООО «Севердострой» совместно с работниками планово-технического отдела (ПТО) трудозатраты по базовому и новому вариантам составили около 250 и 200 человеко-часов соответственно. При месячном окладе инженера ПТО 70 тыс. руб. и ста шестидесяти часах работы в месяц экономия на себестоимости работ составляет 22 тыс. руб.

### **Удельные капиталовложения в приобретение программы для ЭВМ**

Дополнительные капиталовложения включают затраты на приобретение лицензии на использование программы для ЭВМ по Свидетельству №

2019619466 (50 тыс. руб. по согласованию администрации СПбГАСУ и ООО «Севердорстрой»).

Тогда экономическая эффективность от сокращения трудозатрат на планирование формирования оптимального ПМ составит:  $\mathcal{E} = 20 + 0,15 \cdot 50 = 27,5$  тыс. руб. и окупит капиталовложения менее, чем за два года.

### **Вторая составляющая экономического эффекта**

Вторая составляющая экономического эффекта от получения наилучшего из возможных результатов, оптимизированного по нескольким целевым функциям, может быть определена на сравнении сроков окупаемости капитальных вложений (КВ). Сравнивая расчеты оптимизации ПМ по данным рынка техники за август 2021 года, выполненные по базовому варианту Методики оптимизации ПМ [56] с целевой функцией минимум КВ (см. рис. 4.20) и новому варианту с целевой функцией максимум коэффициента сохранения эффективности (см. рис. 4.21), наблюдаем сокращение срока окупаемости КВ в два раза. В денежном выражении это означает, что по базовому и новому вариантам на счет предприятия ежегодно возвращается 10 и 27 млн руб. от вложенных в формирование ПМ средств соответственно. Хотя КВ в ПМ по новому варианту больше на 18%.

В составе «иных положительных эффектов» [10, 94], как уже указывалось в разделе 4.3, можно назвать: формирование ПМ исключительно новыми машинами с частичной продажей старых, в то время, как по базовому варианту были куплены только БУ машины, а старые остались; омоложение ПМ и сокращение на две единицы, и как результат – уменьшение затрат на содержание ПМ и времени простоев неплановых ремонтах.

### **Выводы по 4 главе**

1. Проведена модернизация Методики оптимизации возрастной структуры парка машин, позволившая повысить ее функциональные возможности в реализации методов оптимизации и расчета

показателей эксплуатации ПМ.

2. Научная новизна Методики заключается в:

- дополнении основной Методики методиками учета влияния утилизационного сбора и инфляции на формирование ПМ;
- разработке новых математических моделей оптимизации ПМ по дополнительным пяти целевым функциям – коэффициенту сохранения эффективности, уровню рентабельности, различного вида затратам;
- доработке Excel-программы с целью возможности оценки ключевых показателей эксплуатации ПМ;
- доработке Excel-программы с целью применения метода нелинейной оптимизации «Обобщенного понижающего градиента (ОПГ)», расширяющего функциональные возможности программы;

3. Новизна методики подтверждена свидетельством на программу для ЭВМ № 2019619466.

4. Практическая значимость методики подтверждена актами внедрения в ООО «Севердорстрой» и использования в учебном процессе в СПбГАСУ.

5. Срок окупаемости методики в части сокращения трудозатрат по оптимизации парка машин составляет два года.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ВЫВОДЫ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

1. Достигнута цель диссертационной работы – совершенствование методов управления эффективностью парков ТТМ на основе Методики оптимизации ПМ и системы ключевых показателей.

2. Решены задачи диссертационной работы, представляющие ее научную новизну:

- выполнен анализ состояния ПСМ и основных тенденций в развитии рынка строительной техники в РФ;
- выполнен анализ потребительских качеств СМ с точки зрения эксплуатирующих предприятий;
- разработана система показателей эффективности ПСМ и методов их расчета;
- разработана Методика расчета коэффициента сохранения эффективности;
- разработана Методика анализа влияния различных видов эксплуатации (технической, коммерческой, производственной) на эффективность применения парка машин;
- разработаны методики учета влияния утилизационного сбора и инфляции на процессы формирования ПСМ;
- усовершенствована Методика оптимизации ПСМ.

3. Вариант оптимизации ПСМ по новой целевой функции – коэффициенту сохранения эффективности, обеспечивает сокращение срока окупаемости капитальных вложений в два раза, дает более высокие показатели надежности, снижение среднего возраста ПМ, уменьшение количества машин в парке.

4. Новизна нового варианта методики подтверждена свидетельством на программу для ЭВМ № 2019619466.

5. Практическая значимость методики подтверждена актами внедрения в

ООО «Севердорстрой» и использования в учебном процессе в СПбГАСУ.

6. Срок окупаемости методики в части сокращения трудозатрат по оптимизации парка машин составляет два года.

7. Комплекс научных положений, разработанный в диссертационной работе, содержит решение научной задачи, имеющей значение для развития строительной отрасли, а также для других отраслей знаний, рассматривающих вопросы оптимального формирования парков машин и оборудования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов С.И. Эксплуатация подъемно-транспортных машин. – М.: Стройиздат. – 1991. – 158 с.
2. Абрамов С.И. Надежность подъемно-транспортных и строительных машин. – М.: Стройиздат. – 1993. – 146 с.
3. Абрамов С.И. Эффективность использования строительных машин. – М.: Стройиздат. – 1977. – 136 с.
4. Акбердин Р.З. Экономика обновления парка оборудования в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1987. – 184 с.
5. Анализ текущего состояния мирового рынка лизинговых услуг / Макущенко В.А., Кирова // *Economy and Business*, vol. 10-2 (56) 2019, p. 175-181/
6. Анализ рынка дорожно-строительных машин в России и эволюция потребительских качеств этих машин / Максимов С. Е., Репин С. В., Зазыкин А. В., Чечуев В. Е. // *Строительные и дорожные машины*. – 2019. – № 7. - С. 3-12.
7. Аргинбеков, А. У. Обновление парка машин и оборудования на промышленном предприятии: Дис. ... канд. экон. наук. 08.00.05./ Аргинбеков Адильхан Уланбекович; –М., 2000.–197с.
8. Бобобеков О.К. Методика формирования парка машин крупного города для содержания дорог и обеспечения его работоспособности (на примере города Душанбе) / Диссертация на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. по спец. 0.5.05.04 – СПб. – СПбГАСУ. – 2018.- 175 с.
9. Большая советская энциклопедия. Электронный ресурс: <https://bse.slovaronline.com/>. Дата обращения 22.07.21.
10. Викторова А.Н. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов научно-исследовательского профиля: метод. указ. по дипломному проектированию / сост. А.Н.Викторова. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2007. – 24 с.
11. Волков Д.П., Николаев С.Н. Надежность строительных машин и оборудования/Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа. –1979. – 400с.
12. В текущем году спецтехника подорожала // Рейс.РФ. - Электронный ресурс: <http://reis.zr.ru/news/v-tekushhem-godu-spectehnika-podorozhala/>. Дата обращения 22.07.21.
13. Гаркави, Н.Г. Комплектование парка машин в условиях неполной определенности. Монография. /Г.Н. Гаркави. Военная Академия тыла и транспорта.– Л:ВАТТ,1968.– 110с.
14. ГОСТ Р ИСО 22400-2-2016. Системы промышленной автоматизации и интеграция. Ключевые технико-экономические показатели (KPIs) для управления производственными операциями
15. Государственная Программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» (с изменениями на 31 марта 2020 года). Электронная версия. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/499091750>.
16. Годовые режимы работы строительных машин. МДС 12-13.2003. – М.: ЦНИОМТП. – 2003. – 65 с.
17. ГОСТ 18322-2016. Система технического обслуживания и ремонта. Термины и определения. – М.: Стандартинформ. – 2017. – 16 с.
18. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения.

19. ГОСТ Р ИСО 9004-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации.
20. Гражданский кодекс РФ. Часть вторая, глава 34 "Аренда", параграф 6 "Финансовая аренда (лизинг)".
21. Грифф М.И. Качество, эффективность и основы сертификации машин и услуг. Монография. – М.: АСВ. – 2004. – 488 с.
22. Данные АЕБ: анализ продаж спецтехники в России // Экскаватор РУ, 19.02.2021. – Электронный ресурс: [https://exkavator.ru/main/news/inf\\_news/124723\\_dannie\\_aeb\\_analiz\\_prodag\\_spetstehniki\\_v\\_rossii.html](https://exkavator.ru/main/news/inf_news/124723_dannie_aeb_analiz_prodag_spetstehniki_v_rossii.html). Дата обращения 12.07.21
23. Дорожное строительство в 2020 году выросло на 14% // Экономика и бизнес. Электронный ресурс: <https://tass.ru/ekonomika/10353365>. Дата обращения 03.11.21
24. Евтюков, С.А. Строительные машины. Учебное пособие. / С.А. Евтюков, С.А. Рысс-Березарк, Я. Райчук.– СПб.: СПбГАСУ, 2000.– 167 с.
25. Егоров А. В. Лизинг: аренда или финансирование? // Вестник ВАС РФ. 2012. № 3. С. 36-60.
26. Единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР. Постановление совмина СССР от 22-10-90 1072 (ред. от 06-04-2001) о единых нормах... (актуально на 2018 год)
27. Елина Л.А. Утилизационный сбор на самоходные машины // «Главная книга», № 11, 2016 г. Электронный ресурс: [https://glavkniga.ru/elver/2016/11/2353-utilizatsionnij\\_sbor\\_samokhodnie\\_mashini.html](https://glavkniga.ru/elver/2016/11/2353-utilizatsionnij_sbor_samokhodnie_mashini.html). Дата обращения 22.07.21
28. Желтая таблица 2019: 50 крупнейших мировых производителей строительной техники: [https://exkavator.ru/main/news/inf\\_news/124217\\_geltaya\\_tablitsa\\_2019\\_50\\_krupneyshih\\_mirovih\\_proizvoditeley\\_spetstehniki.html](https://exkavator.ru/main/news/inf_news/124217_geltaya_tablitsa_2019_50_krupneyshih_mirovih_proizvoditeley_spetstehniki.html). Дата обращения 22.07.21
29. Жёлтая таблица 2021: 50 крупнейших мировых производителей спецтехники: [https://exkavator.ru/main/news/inf\\_news/124799\\_gyoltaya\\_tablitsa\\_2021\\_50\\_krupneyshih\\_mirovih\\_proizvoditeley\\_spetstehniki.html](https://exkavator.ru/main/news/inf_news/124799_gyoltaya_tablitsa_2021_50_krupneyshih_mirovih_proizvoditeley_spetstehniki.html). Дата обращения 22.07.21
30. Иванов, В.Н. Концепция эффективного использования парка машин дорожно-строительных организаций / Иванов Виталий Николаевич: Дис. ... д-ра техн. наук. 05.05.04.– Омск, 2005.– 353с.
31. Индексы-дефляторы от Минэкономразвития до 2021 года // Электронный ресурс: [2021god.com/indeksy-deflyatory-ot-minekonomrazvitiya-do-2021-goda/](http://2021god.com/indeksy-deflyatory-ot-minekonomrazvitiya-do-2021-goda/). Дата обращения 22.07.21.
32. Инфляция в России. Электронный ресурс: <https://gogov.ru/articles/inflation-ru>. Дата обращения 22.07.21.
33. Информационно-аналитические материалы. 2021 г. // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Электронный ресурс. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium>. Дата обращения 15.07.21.
34. Казакова Н.В. Экономика и организация инвестирования в строительстве. Учебное пособие. - Альфа-М, 2016. – 256 с.
35. Канторер, С.Е. Строительные машины и экономика их применения./С.Е. Канторер.– М.: Изд. Высшая школа,1973.–528с.
36. Канторович Л.В. Математические методы организации и планирования производства. – Л.: ЛГУ. – 1939. – 68 с.
37. Ким Б.Г. Повышение уровня готовности парков строительных машин путем совершенствования системы технической эксплуатации: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.04 /Ким Борис Григорьевич; Москов. гос. строит. ун-т.– М,1996 – 36 с.

38. Классификация основных средств, включаемых в амортизационные группы, утв. Постановлением Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (с 1 января 2002 года)
39. Климов, А.Л. О возможном механизме обновления парка машин и оборудования предприятий строительного комплекса. //Экономика строительства. –2000.–№2– стр. 11-16.
40. Ковалев, А.П. Экономическое обеспечение надежности машин/ А.П.Ковалев, В.И.Кантор, А.Б. Можаяев. – М.:Машиностроение, 1991.– 249 с.
41. Колегаев, Р. Н. Управление обновлением машинного парка. /Р. Н. Колегаев, П. А. Орлов, В. И. Шелепко. — Киев.: Техника, 1981.—176 с.
42. Колчин А. Ф., Овсянников М. В., Стрекалов А. Ф., Сумароков С. В. Управление жизненным циклом продукции. - М.: Анархис. – 1998. –304с.
43. Комплексный критерий эффективности парка машин для содержания дорог / Боброва Т.В., Слепцов И.В. // Вестник СибАДИ, выпущк 2 (24), 2012. – с. 33-38.
44. Концептуальные основы научных исследований / Белицкий В.И., Казимиров Н.В., Якушенко Е.И. – Санкт-Петербург: ВМИИ. – 2000. – 120 с.
45. Кудрявцев, Е.М. Оптимизация парков строительных и дорожных машин: Учеб. пособие. /Е.М. Кудрявцев.– М.: МИСИ,1987.– 80с.
46. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. — СПб.: ВHV — Санкт-Петербург. – 1997. – 384с.
47. Лучка, М.Х. Управление и оптимизация использования машинных парков строительных организаций. / М.Х.Лучка, Р.Я.Зельцер. – Киев.: УкрНИИТИ,1980.– 38 с.
48. Льготный лизинг специализированной техники и оборудования. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/compendium>. Дата обращения 25.07.21.
49. Максимов С.Е. Изменение потребительских качеств дорожно-строительных машин. // Журнал современных строительных технологий “Красная линия”, Выпуск “ДОРОГИ”, - 2013, - №-69 / май. – стр.: 34-36.
50. Методика оценки остаточной стоимости транспортных средств с учетом технического состояния / Государственный научно-исследовательский институт автомобильного транспорта (НИИАТ). – М., 1998. – 28 с.
51. Методические указания по разработке и внедрению системы управления качеством эксплуатации строительных машин (МДС 12-12.2002) .
52. Методические указания по разработке сметных норм и расценок на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств [МДС 81-3.99] – М.: Госстрой России. – 1999. – 32 с.
53. Методология научного исследования: учебное пособие / Н.В. Липчиу, К.И. Липчиу. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 290 с.
54. Метод определения периодичности замен элементов транспортно-технологических машин по условию обеспечения заданного уровня безопасности дорожного движения. Авторы (сотрудники СПбГАСУ): Репин С.В., д.т.н, профессор, Зазыкин А.В., к.т.н, доцент, Чечуев В.Е., аспирант / межвузовская научно-практическая конференция «НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА СТРАНЫ» 25 апреля 2019 года. Военный институт (железнодорожных войск и сообщений) – Петергоф, 2019.-С. 161-170.
55. Мировой лизинговый рынок. Электронный ресурс. Режим доступа: [https://studbooks.net/1656361/finansy/mirovoy\\_lizingovyy\\_rynok](https://studbooks.net/1656361/finansy/mirovoy_lizingovyy_rynok). Дата обращения 30.07.21.
56. Надежность и эффективность эксплуатации транспортно-технологических машин / Репин С.В., Евтюков С.А., Зазыкин А.В., Рулис К.В. – СПб, Издательский дом «Петрополис». – 2017 – 404 с.

57. Нормы потребности в строительных машинах. СН 494-77. – М.: Стройиздат, - 1978. – 23 с.
58. Обзор арендных ставок на землеройную технику в июне 2021 // Экскаватор. Ру - Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.cdminfo.ru/ryinok-spetstehniki/novosti-ryinka-spetstehniki/proizvodstvo-rossiyskoy-spetstehniki-v-2020-godu-znachitelno-vyiroslo.html>. Дата обращения 25.07.21.
59. Обзор рынка лизинга // Banki.ru. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.banki.ru/news/bankpress/?id=6447631>. Дата обращения 31.07.21.
60. Об утверждении нормативных сроков работы до капитального ремонта и списания автомобильной, дорожно-строительной техники и электротехнических средств, периодичности технического обслуживания автомобильного транспорта федерального бюджетного учреждения "Управление автотранспорта Федеральной службы исполнения наказаний" и порядка хранения и консервации автотранспортной техники, станочного и паркового оборудования. Приказ Федеральной службы исполнения наказаний от 18.04.2005 № 268 (с изменениями на 12 октября 2010 года)
61. Об утверждении технического регламента о безопасности машин и оборудования. Постановление Правительства РФ от 15.09.2009 N 753 (ред. от 24.03.2011)
62. О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы. Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 № 1.
63. Определение экономической эффективности использования изобретений и рационализаторских предложений в строительстве: [Метод. рекомендации / Подгот. Б. Б. Штеренлихтом - Киев : О-во "Знание" УССР, 1990. - 15с.
64. Пермяков, В.Б. Математическая модель оптимизация структуры парка машин дорожно-строительной организации. /В.Б. Пермяков, В.Н. Иванов // Известия вузов: Строительство. –1998.–№7.– стр. 93–96.
65. Петухов, Р.М. Методика экономической оценки износа и сроков службы машин. /Р.М. Петухов.–М.: Экономика,1965.–168с.
66. Постановление Правительства РФ от 06.02.2016 N 81 (ред. от 24.06.2021) "Об утилизационном сборе в отношении самоходных машин и (или) прицепов к ним и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации" (вместе с "Правилами взимания, исчисления, уплаты и взыскания утилизационного сбора в отношении самоходных машин и (или) прицепов к ним, а также возврата и зачета излишне уплаченных или излишне взысканных сумм этого сбора")
67. Прогноз рынка лизинга на 2021 год: оперативная трансформация // Эксперт-РА. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://raexpert.ru/researches/leasing/2020/>. Дата обращения 30.07.21. Дата обращения 27.07.21.
68. Производство российской спецтехники в 2020 году значительно. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.cdminfo.ru/ryinok-spetstehniki/novosti-ryinka-spetstehniki/proizvodstvo-rossiyskoy-spetstehniki-v-2020-godu-znachitelno-vyiroslo.html>. Дата обращения 25.07.21.
69. Прохоров С.В. Совершенствование формирования парков строительной техники: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Прохоров Сергей Викторович. - М., 2012. - 24 с.
70. Прудовский Б.Д., Ухарский В.Б. Управление технической эксплуатацией автомобилей по нормативным показателям. – М.: Транспорт. – 1990. – 240 с.
71. Развитие рынка импортной спецтехники в 2014-2020 годах. Электронный ресурс. Режим доступа: [https://exkavator.ru/main/news/inf\\_news/124646\\_utilsbor\\_koronavirus\\_i\\_ne\\_tolko\\_razvitiye\\_rinka\\_importnoy\\_spetstehniki\\_v\\_2014-2020\\_godah.html](https://exkavator.ru/main/news/inf_news/124646_utilsbor_koronavirus_i_ne_tolko_razvitiye_rinka_importnoy_spetstehniki_v_2014-2020_godah.html). Дата обращения 25.07.21.

72. Рекомендации по определению годовых режимов работы и эксплуатационной производительности строительных машин / ЦНИИОМТП – М.: Стройиздат. – 1982. – 40 с.
73. Рекомендации по организации технического обслуживания и ремонта строительных машин [МДС 12-8.2007]. – М.: ЦНИИОМТП. – 2007. – 61 с.
74. Репин, С.В. Методика формирования парка транспортно-технологических машин с использованием лизинга и кредита / Репин С.В., Зазыкин А.В., Рулис К.В., Максимов С.Е. // Вестник гражданских инженеров, 2017, 4(63). - СПб.: СПбГАСУ. – С. 209-218.
75. Репин, С.В. Эффективность формирования парка транспортно-технологических машин: лизинг, кредит или собственные средства? / Репин С.В., Зазыкин А.В., Рулис К.В., Бакланова Т.В. // Строительные дорожные машины. – 2016. - №7. С. 27-32.
76. Российский лизинг - перспективы и вызовы 2020 // Эксперт-РА. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://raexpert.ru/researches/leasing/9m2019/> Дата обращения 27.07.21.
77. Российский статистический ежегодник 2003...2020. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994>. Дата обращения 15.07.21.
78. Рынок аренды спецтехники: колоссальные темпы роста // Основные средства. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://os1.ru/article/4505-rynok-arendy-spetstehniki-kolossalnye-tempy-rosta>. Дата обращения 31.07.21.
79. Салманов О.Н. Математическая экономика с применением Mathcad и Excel. – СПб.: БХВ-Санкт-Петербург. – 2003. – 464 с.
80. Свидетельство на программу для ЭВМ № 2019619466, 09.07.2019. Оптимизация состава парка строительных машин / Репин С.В., Зазыкин А.В., Чечуев В.Е
81. Селиванов, А.И. Основы теории старения машин. /А.И. Селиванов.–М.:Машиностроение.,1971.– 408с.
82. Современное состояние парка машин в строительных организациях России / Чечуев В.Е., Репин С.В. // в кн. «Актуальные проблемы современного строительства. Материалы 71-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб: СПбГАСУ – 2018. – С. 111-116.
83. Спецтехника в лизинговых договорах. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994>. Дата обращения 25.07.21.
84. Спецтехника в финансовом лизинге. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994>. Дата обращения 25.07.21.
85. Спивак О.Н. Современные тенденции российского рынка строительно-дорожных машин и его влияние на развитие стройиндустрии. // Вестник ИрГТУ, 2008, №-4 (36). – стр. 111-116.
86. Срез рынка. Обзор онлайн-предложений гусеничных экскаваторов в марте 2021. Электронный ресурс. Режим доступа: [https://exkavator.ru/main/news/news\\_partners/124746\\_srez\\_rinka\\_obzor\\_onlayn-predlozheniy\\_gusenichnih\\_ekska\\_vatorov\\_v\\_marte\\_2021\\_nalichie\\_tseni\\_regioni\\_rf.html?yrfwinfo=1626197831085045-554170168211730631000323-production-app-host-vla-web-yp-210](https://exkavator.ru/main/news/news_partners/124746_srez_rinka_obzor_onlayn-predlozheniy_gusenichnih_ekska_vatorov_v_marte_2021_nalichie_tseni_regioni_rf.html?yrfwinfo=1626197831085045-554170168211730631000323-production-app-host-vla-web-yp-210) . Дата обращения 24.07.21.
87. Стабин И.П. Автоматизированный системный анализ / И.П.Стабин, В.С.Моисеева. – М.: Машиностроение. – 1984. – 312 с.
88. Статистическое обозрение, 2021 г. // Федеральная служба государственной статистики. Электронный ресурс. Режим доступа: [https://gks.ru/bgd/regl/b21\\_06/Main.htm](https://gks.ru/bgd/regl/b21_06/Main.htm). Дата обращения 15.07.21.
89. Структура рынка финансового лизинга оборудования по лизингополучателю. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://leasingstat.ru/struktura-rynka-finansovogo-lizinga-oborudovaniya-po-lizingopoluchatelju/>. Дата обращения 25.07.21.
90. Сухарев, Э.А. Теория эксплуатационной надёжности машин. / Э.А. Сухарев.– Ровно: Ровенский ГТУ, 2000.–164с.

91. Тайсаев К.К. Методика оценки коэффициента эффективности автобусов / Диссертация на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – СПб: СПбГАСУ. – 2021. – 149 с.
92. Теория и практика анализа экономической эффективности НИОКР и объектов интеллектуальной собственности / Е.А. Яковлева, Д.С. Демиденко // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки № 3(197) 2014. – С. 194-206.
93. Тимофеев, В.Н. Экономическая эффективность машин: основные факторы, резервы повышения, управление. / В.Н. Тимофеев.— Харьков.: Изд-во «Основа» ХарьковГУ.,1990. — 156 с.
94. Тодорова Л.И. Экономический анализ эффективности внедрения инноваций. - Государственный университет Молдовы, г. Кишинев, Республика Молдова. Электронный ресурс: [https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/18952/1/Тодорова\\_Экономический%20анализ.pdf](https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/18952/1/Тодорова_Экономический%20анализ.pdf). Дата обращения 20.08.21
95. Трынов А.М. Экономико-статистический анализ воспроизводства основных фондов в газовой отрасли. – Оренбург: ИПК «Газпромпечатъ». – 2002. – 21с.
96. Туровец О.Г., Родионова В.Н. Теория организации. – М.: ИНФРА-М. –2004. – 254 с.
97. Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года».
98. Федеральная служба государственной статистики РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru>.
99. Федеральный закон от 29.10.98 № 164-ФЗ. "О финансовой аренде (лизинге)" (с изменениями от Зиюля 2016 года)"
100. Хабатов, Р.Ш. Оптимизация парка мелиоративных и строительных машин в производственной организации с учетом межхозяйственного сотрудничества. /Р.Ш. Хабатов, В.А. Евграфов, Э.Ю. Ашхотов.– М.: МГУП.,1996.–115с.
101. Хазов, Б.Ф. Надежность строительных и дорожных машин. / Б.Ф.Хазов.– М.: Машиностроение, 1979.–192с.
102. Хайт, М.Д. Оптимизация формирования и использования парка средств механизации строительства: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук. 05.13.06. /Хайт Михаил Давидович; Калининский полит. институт.–Калинин,1974.–31с.
103. Хасанов Т. Дорогая спецтехника: как утильсбор ударит по экономике // Газета.ру. – Электронный ресурс: <https://www.gazeta.ru/business/2021/02/12/13476800.shtml>. Дата обращения 11.07.21
104. Ховалыг Н.К-О. Методика оптимизации состава парка строительных машин в условиях региона (в материалах Республики Тыва) / Диссертация на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. по спец. 0.5.05.04 – СПб. – СПбГАСУ. – 2012.- 165 с.
105. Чечуев В. Е. Анализ рынка дорожно-строительных машин в России и эволюция потребительских качеств этих машин / Максимов С. Е., Репин С. В., Зазыкин А. В., Чечуев В. Е. // Строительные и дорожные машины. – 2019. - № 7 . С. 3-12.
106. Чечуев В. Е. Анализ состояния рынка строительных машин в России / Репин С.В., Чечуев В.Е., Грушецкий С.М., Евтюков С.А. // Строительные и дорожные машины, 2021, № 9, с. 11-13.
107. Чечуев В. Е. Методика расчета коэффициента сохранения эффективности строительных машин по данным эксплуатации / Чечуев В. Е. // Строительные и дорожные машины. – 2021. - № 5 . С. 15-20.
108. Чечуев В.Е. Свидетельство на программу для ЭВМ № 2019619466, 09.07.2019. Оптимизация состава парка строительных машин / Репин С.В., Зазыкин А.В., Чечуев В.Е.

109. Чечуев В.Е. Современное состояние парка машин в строительных организациях России / Чечуев В.Е., Репин С.В. // в кн. «Актуальные проблемы современного строительства. Материалы 71-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб: СПбГАСУ – 2018. – С. 111-116.
110. Чечуев В. Е. Состояние и тенденции развития рынка дорожно-строительной техники в России / Репин С.В., Чечуев В.Е., Евтюков С.А., Максимов С.Е., Зазыкин А.В. // Путевой навиатор, 2021, № 11, с. 4-9.
111. Чечуев В.Е. TECHNIQUE OF OPTIMIZATION OF LIFE CYCLE OF CONSTRUCTION MACHINES ON THE BASIS OF DATA OF OPERATION / Репин С.В., Зазыкин А.В., Евтюков С.С., Чечуев В.Е. Sciences of Europe T.1, № 33, 2018. Электронная версия с 61-66. <http://european-science.org/wp-content/uploads/2018/12/VOL-1-No-33-2018.pdf>.
112. Чупранов С. Расчет ключевых показателей эффективности работы предприятия. Электронный ресурс: [http://www.up-pro.ru/print/library/production\\_management/operations\\_management/kpi-raschet-oe-1.html](http://www.up-pro.ru/print/library/production_management/operations_management/kpi-raschet-oe-1.html). Дата обращения 11.07.21
113. Шаменко, В.А. Повышение эффективности использования парка строительных машин за счет его обновления на лизинговой основе: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08. / Шаменко Василий Александрович; – М., 2005.–25с.
114. Шафранкий В.Н. Определение потребности в строительных машинах. /В.Н. Шафранкий, А. Т. Чистяков.– М.Стройиздат.1983–144с.
115. Шеверда Д.В. Россия на мировом рынке лизинга // Эко, 2007. С. 164-178. Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiya-na-mirovom-rynke-lizinga>. Дата обращения 11.07.21
116. Экономическое моделирование в Microsoft Excel / Дж. Мур, Р. Уздерфорд. – М.: «Вильямс». – 2004. – 1024 с.
117. Specifications & Applications Handbook. Edition 25. Komatsu, Japan. – 2004. – 445 p.
118. Chechuev V.E. Planning methods for machinery restoration repairs for trunk pipelines construction in North S.V. Repin, S.E. Maximov, A.V. Zazykin & V.E. Chechuev // Contemporary Problems of Architecture and Construction. Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction (ICCPAC-2020), November 25-26, 2020, Saint Petersburg, Russia. P. 393-400. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003176428-76/planning-methods-machinery-restoration-repairs-trunk-pipelines-construction-north-repin-maximov-zazykin-chechuev?context=ubx&refId=0bc2f223-fb62-4c66-90da-50b62c075107>. DOI <https://doi.org/10.1201/9781003176428>.
119. Cohrs H.H. /Welchen wuhler wahlen ? // Bd: Baumaschinendienst. 1996 32. № 9. С. 594-596.
120. Craig D.A. /Equipment selection by computer speeds up job analysis. // Constructing and construction Engineer. 1970. № 8. v. 24.
121. Miszczuk W. Kalkulacja kosztow I cen w budownictwie mieszkaniowym // Problemy rozwojubudownictwa. 1996. № 1. s. 36-42.
122. Shao-Fei Jiang (2014) Structural Reliability Assessment by Integrating Sensitivity Analysis and Support Vector Machine / Shao-Fei Jiang, Da-Bao Fu, Si-Yao Wu // Mathematical Problems in Engineering. Volume 2014 (2014), Article ID 586191, 6 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/586191>.

123. Yoshihiro Yamazaki, Kahori Iiyama, Masataka Hosono, Takanori Ishida, Kohei Fujita, Tsuyoshi Ichimura, Lalith Wijerathne, Hitoshi Morikawa, Muneo Hori, Satoshi Yamada, Hiroyasu Sakata, Hiroaki Yamanaka, Soichi Hirose Practical method for damage evaluation based on point estimate considering uncertainty of structural properties // *Applied Mechanics and Materials* 802, 255-260.
124. Siva Kumar a/l Subramaniam; Siti Huzaimah binti Husin; Yusmarnita binti Yusop; Abdul Hamid bin Hamidon / Real time shop floor monitoring system for a better production line management // *Asia-Pacific Conference on Applied Electromagnetics*, 2007.
125. Planning methods for machinery restoration repairs for trunk pipelines construction in North / S.V. Repin, S.E. Maximov, A.V. Zazykin & V.E. Chechuev. // *Contemporary Problems of Architecture and Construction. Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction (ICCPAC-2020)*, November 25-26, 2020, Saint Petersburg, Russia. P. 393-400. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003176428-76/planning-methods-machinery-restoration-repairs-trunk-pipelines-construction-north-repin-maximov-zazykin-chechuev?context=ubx&refId=0bc2f223-fb62-4c66-90da-50b62c075107>. DOI <https://doi.org/10.1201/9781003176428>.
126. TECHNIQUE OF OPTIMIZATION OF LIFE CYCLE OF CONSTRUCTION MACHINES ON THE BASIS OF DATA OF OPERATION / S.V. Repin, A.V. Zazykin, S.S. Evtjukov, V.E. Chechuev // *Sciences of Europe T.1, № 33, 2018. Электронная версия*, с. 61-66. <http://european-science.org/wp-content/uploads/2018/12/VOL-1-No-33-2018.pdf>.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1. Публикации Чечуева В.Е.

#### Издания, рекомендованные ВАК

1. Чечуев В. Е. Анализ рынка дорожно-строительных машин в России и эволюция потребительских качеств этих машин / Максимов С. Е., Репин С. В., Зазыкин А. В., Чечуев В. Е. // Строительные и дорожные машины. – 2019. - № 7 . С. 3-12.
2. Чечуев В. Е. Методика расчета коэффициента сохранения эффективности строительных машин по данным эксплуатации / Чечуев В. Е. // Строительные и дорожные машины. – 2021. - № 5 . С. 15-20.
3. Чечуев В. Е. Анализ состояния рынка строительных машин в России / Репин С.В., Чечуев В.Е., Грушецкий С.М., Евтюков С.А. // Строительные и дорожные машины, 2021, № 9, с. 11-13.
4. Чечуев В. Е. Состояние и тенденции развития рынка дорожно-строительной техники в России / Репин С.В., Чечуев В.Е., Евтюков С.А., Максимов С.Е., Зазыкин А.В. // Путевой навигатор, 2021, № 5, с. 4-9.

#### Патенты, свидетельства на программу для ЭВМ

5. Чечуев В.Е. Свидетельство на программу для ЭВМ № 2019619466, 09.07.2019. Оптимизация состава парка строительных машин / Репин С.В., Зазыкин А.В., Чечуев В.Е.

#### Издания, индексируемые в Скопус

6. *Chechuev V.E.* Planning methods for machinery restoration repairs for trunk pipelines construction in North S.V. Repin, S.E. Maximov, A.V. Zazykin & V.E. Chechuev // Contemporary Problems of Architecture and Construction. Proceedings of the 12th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction (ICCPAC-2020), November 25-26, 2020, Saint Petersburg, Russia. P. 393-400. DOI <https://doi.org/10.1201/9781003176428>.

**Прочие издания**

7. Чечуев В.Е. Современное состояние парка машин в строительных организациях России / Чечуев В.Е., Репин С.В. // в кн. «Актуальные проблемы современного строительства. Материалы 71-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб: СПбГАСУ – 2018. – С. 111-116.
8. Чечуев В.Е. TECHNIQUE OF OPTIMIZATION OF LIFE CYCLE OF CONSTRUCTION MACHINES ON THE BASIS OF DATA OF OPERATION / Репин С.В., Зазыкин А.В., Евтюков С.С., Чечуев В.Е. Sciences of Europe T.1, № 33, 2018. Электронная версия с 61-66. <http://european-science.org/wp-content/uploads/2018/12/VOL-1-No-33-2018.pdf>.
9. Чечуев В.Е. Метод определения периодичности замен элементов транспортно-технологических машин по условию обеспечения заданного уровня безопасности дорожного движения. Авторы (сотрудники СПбГАСУ): Репин С.В., д.т.н, профессор, Зазыкин А.В., к.т.н, доцент, Чечуев В.Е., аспирант / межвузовская научно-практическая конференция «НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ, ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА СТРАНЫ» 25 апреля 2019 года. Военный институт (железнодорожных войск и сообщений) – Петергоф, 2019.- С. 161-170.

## Приложение 2. Формульный вид таблицы Excel с расчетом целесообразности покупки машин со сроком эксплуатации и проведения капитального ремонта

	A	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Срок службы, год	Суммарная наработка за срок службы без КР, час	Суммарная наработка за срок службы с КР, час	Средняя наработка в год без КР, час	Средняя наработка в год с КР, час	Остаточный ресурс без КР, час	Остаточный ресурс с КР, час	Относительный остаточный ресурс без КР (Тотн)	Относительный остаточный ресурс с КР (Тотн.кр)	Рыночная цена, тыс. руб.	Рыночная цена после КР, тыс. руб.	Цена единицы ресурса без КР, тыс.руб/час	Цена единицы ресурса с КР, тыс.руб/час	Относительное снижение рыночной цены без КР (Сотн)	Относительное снижение рыночной цены с КР (Сотн.кр)
1															
2	0	0		0		10000		1		5500		=K2/F2		=K2/\$K\$2	
3	1	1870		=B3/A3		=B\$17-B3		=F3/\$B\$17		5099		=K3/F3		=K3/\$K\$2	
4	2	5260		=(B6-B3)/3		=B\$17-B6		=F6/\$B\$17		2890		=K6/F6		=K6/\$K\$2	
6	6	6990		=(B8-B6)/2		=B\$17-B8		=F8/\$B\$17		2050		=K8/F8		=K8/\$K\$2	
8	8	8560	=B8+E9	=(B9-B8)/2	1360	=B\$17-B9	=B\$18-C9	=F9/\$B\$17	=H9/\$B\$18	1650	3200	=K9/F9	=L9/H9	=K9/\$K\$2	=L9/(\$K\$2+\$L\$18)
10	10	9600	9880	=(B10-B9)/2	=(C10-C9)/2	=B\$17-B10	=B\$18-C10	=F10/\$B\$17	=H10/\$B\$18	1080	2550	=K10/F10	=L10/H10	=K10/\$K\$2	=L10/(\$K\$2+\$L\$18)
12	12		11650		=(C14-C10)/2		=B\$18-C14		=H14/\$B\$18		2030		=L14/H14		=L14/(\$K\$2+\$L\$18)
14	14		12920		=(C15-C14)/2		=B\$18-C15		=H15/\$B\$18		1300		=L15/H15		=L15/(\$K\$2+\$L\$18)
15	15		13500		=C16-C15		=B\$18-C16		=H16/\$B\$18		650		=L16/H16		=L16/(\$K\$2+\$L\$18)
17	Ресурс	10000													
18	Ресурс с КР	14000							Цена КР, тыс. руб.	=L9-K9	=K2/B17		=(K2+L18)/B18		
	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z					
	Тотн/Сотн	Тотн.кр/Сотн.кр	Источник информации					Кг без КР	Кг с КР	Цена машино-часа, тыс. руб.					
1															
2	=I2/O2							=EXP(-A2*0,143)							
3	=I3/O3							=EXP(-A3*0,143)		1,1					
6	=I6/O6							=EXP(-A6*0,143)							
8	=I8/O8							=EXP(-A8*0,143)							
9	=I9/O9	=J9/P9						=EXP(-A9*0,143)	=EXP(-A9*0,105)						
10	=I10/O10	=J10/P10	<a href="https://zavod-chzsm.com/pr-cat/buldozery/">https://zavod-chzsm.com/pr-cat/buldozery/;</a>					=EXP(-A10*0,143)	=EXP(-A10*0,105)						
14		=J14/P14	<a href="https://spec.drom.ru/buldozer/+/%D7%D2%CC/">https://spec.drom.ru/buldozer/+/%D7%D2%CC/;</a> <a href="https://exkavator.ru/trade/zemlerojnaya-tehnika/buldozery/chtz-yralktrak/">https://exkavator.ru/trade/zemlerojnaya-tehnika/buldozery/chtz-yralktrak/;</a> <a href="https://www.unibo.ru/tags/47708/buldozer-b10m/">https://www.unibo.ru/tags/47708/buldozer-b10m/</a>						=EXP(-A14*0,105)						
15		=J15/P15							=EXP(-A15*0,105)						
16		=J16/P16							=EXP(-A16*0,105)						

### Приложение 3. Терминология

Жизненный цикл продукта	«Совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определенной продукции до удовлетворения этих потребностей и утилизации продукта» [ГО 74]
Капитальный ремонт	«Восстановление частей основных фондов, израсходовавших свой нормативный ресурс, и обновление ещё не изношенных элементов основных фондов с целью использования их эксплуатационных ресурсов. Капитальный ремонт оборудования — комплекс работ по восстановлению технических качеств оборудования и его работоспособности. Как правило, в процессе капитального ремонта осуществляется и модернизация оборудования» [ГО 38].
Качество	«Совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, обеспечивающие удовлетворение обусловленных или предполагаемых потребностей» [ИСО 8402, 1986].
Концепция	«(От лат. conceptio – понимание, система) определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений, основная точка зрения, руководящая идея для их освещения; ведущий замысел, конструктивный принцип различных видов деятельности» [ГО 38].
«Коэффициент готовности»	«Вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается» [ГОСТ 27.002–2015].
«Коэффициент сохранения эффективности»	«Отношение значения показателя эффективности использования объекта по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают» [ГОСТ 27.002–2015].
«Коэффициент технического использования»	«Отношение математического ожидания суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период» [ГОСТ 27.002–2015].
Метод	«(От греч. methodos - путь исследования, теория, учение) способ достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи; совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения действительности» [ГО 38].
Методология	«Учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности. Термин «методология» (от греч. methodos - путь исследования или познания, logos - понятие, учение) обозначает совокупность способов, приемов и операций практического или теоретического освоения действительности. При этом в современной науке термин «методология» применяют к трем разным уровням научного знания. 1. <i>Общая методология</i> - это совокупность общих принципов, способов организации (построения) и стандартов достоверности

	<p>научного знания. Примерами могут быть принципы детерминизма, развития, соответствия, дополнительности и т.п.</p> <p>2. <i>Частная методология</i> - система частных принципов, постулатов, посылок и т.п., применяемых в конкретной области знания.</p> <p>3. <i>Методологические приемы</i> - множество методик исследования, проведения экспериментов, опытов и т.п.</p> <p><i>Методология науки</i> - часть науковедения, исследующая структуру научного знания, средства и методы научного познания, способы обоснования и развития знаний» [бo38].</p>
Моделирование	«Исследование каких-либо явлений, процессов или систем путем построения и изучения их моделей» [бo38].
Модель	«(от лат. <i>modulus</i> – мера, образец) в широком смысле – любой образ, аналог какого-либо объекта, процесса или явления, используемый в качестве его «заместителя», «представителя»» [бo38].
Надежность	«Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Составляющие надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость» [ГОСТ 27.002–2015].
Отказ	«Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта» [ГОСТ 27.002–2015].
Отказ внезапный	«Отказ, характеризующийся скачкообразным переходом объекта в неработоспособное состояние» [ГОСТ 27.002–2015].
Отказ постепенный	«Отказ, возникающий в результате постепенного изменения значений одного или нескольких параметров объекта» [ГОСТ 27.002–2015].
Параметр	«Качественно-количественная характеристика, объективно отражающая свойства объекта» [ст12].
Показатель	«Значение параметра в качественном или количественном виде, характеризующая состояние объекта по данному параметру в определенный момент времени» [ст12].
Признак	«Параметр (ряд параметров), показатель (ряд показателей) или их сочетание, необходимое для решения конкретной задачи» [ст12].
Процесс	<p>«(от лат. <i>processus</i> - продвижение)</p> <p>1) последовательная смена явлений, состояний в развитии чего-нибудь.</p> <p>2) Совокупность последовательных действий для достижения какого-либо результата (напр., производственный процесс)» [бo38].</p>
Процессный подход	«Непрерывная цепь логически взаимосвязанных управленческих функций, воздействующих на производство с определенной целью, например, обеспечения качества» [бo38].
Работоспособность ( <i>работоспособное состояние</i> )	«Состояние объекта, при котором он способен выполнять определенные его предназначением функции, сохраняя значения рабочих (заданных) параметров в пределах, установленных нормативно-справочной документацией» [ГОСТ 27.002–2015].
Ресурс	«Суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до момента достижения предельного состояния» [ГОСТ 27.002–2015].

Ресурс назначенный	«Суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация объекта может быть продолжена только после принятия решения о возможности продления данного показателя» [ГОСТ 27.002–2015].
Ресурс остаточный	«Суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до момента достижения предельного состояния» [ГОСТ 27.002–2015].
Система	«(От греч. system - целое, составленное из частей; соединение). Множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство» [бо38]
Система качества	«Совокупность организационной структуры, ответственности, процедур, процессов и ресурсов, направленных на внедрение административного управления качеством» [ИСО 8402, 1986].
Система эксплуатации	«Совокупность изделий, средств эксплуатации, исполнителей и устанавливающей правила их взаимодействия документации, необходимых и достаточных для выполнения задач эксплуатации» [бо38].
Средство	«1. Прием, способ действия для достижения чего-нибудь. 2. Орудие (предмет, совокупность приспособлений) для осуществления какой-нибудь деятельности» [бо38].
Средства эксплуатации	«Здания, сооружения, технические устройства, в том числе инструмент, запасные части и эксплуатационные материалы, необходимые для эксплуатации изделия» [бо38].
Срок службы	«Календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после капитального ремонта до момента достижения предельного состояния» [ГОСТ 27.002–2015].
Технический сервис	«Целенаправленная деятельность юридических и физических лиц, не являющихся потребителями машин, по обеспечению эффективной и безопасной эксплуатации машин» [ГОСТ 25646-95].
Условия	«Обстановка, в которой протекает целенаправленный процесс» [бо38].
Эксплуатация	«Стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество. Эксплуатация изделия включает в себя в общем случае использование по назначению, транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт» [ГОСТ 25866-83].
Эксплуатация коммерческая	«Деятельность, прямо или косвенно направленная на получение доходов путем использования технического средства и не обремененная при этом заботами об обеспечении его технической исправности» ( <a href="https://opredelim.com/">https://opredelim.com/</a> )
Эксплуатация производственная	«Комплексная система организационно-технических мероприятий, обеспечивающих высокую производительность и безопасность машин при минимальных затратах ресурсов на поддержание и восстановление их работоспособности» [ГОСТ 25866-83].
Эксплуатация техники по состоянию	«Стратегия эксплуатации, при которой управляющие воздействия на эксплуатируемое изделие формируются с учетом информации о текущем состоянии изделия» [ГОСТ 25866-83].
Эксплуатация техническая	«Часть эксплуатации, включающая транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт изделия» [ГОСТ 25866-83].
Элемент системы	«Часть системы, предназначенная для выполнения определенных

	функций и неделимая на составные части при данном уровне рассмотрения» [бо38].
Эффективность	«1. Связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами» [ИСО 9000:2000, п. 3.2.15]. 2. «Эффективность – степень соответствия реального результата операции желаемому» [ту65].