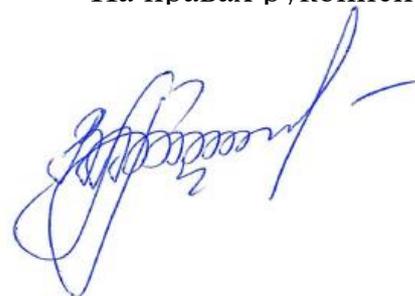


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный университет путей сообщения»

На правах рукописи



БУЗИН Владимир Анатольевич

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В
МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
АВТОМОБИЛЕЙ С УЧЕТОМ СЕЗОННЫХ УСЛОВИЙ**

Специальность 2.9.1 – Транспортные и транспортно-технологические
системы страны, ее регионов и городов, организация производства
на транспорте

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук
профессор
ЗАХАРОВ Николай Степанович

Екатеринбург 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА.....	9
1.1. Проблема обеспечения запасными частями и материалами для технического обслуживания автомобилей.....	9
1.2. Факторы, определяющие поток требований на ТО автомобилей.....	13
1.2.1. Система обеспечения работоспособности автомобилей и ее развитие.....	13
1.2.2. Структуры циклов технического обслуживания.....	16
1.2.3. Методы определения производственной программы по ТО.....	19
1.3. Система снабжения запасными частями и материалами для ТО и Р автомобилей.....	23
1.3.1. Факторы, определяющие потребность в ресурсах при эксплуатации автомобилей.....	23
1.3.2. Методики определения потребности в ресурсах.....	28
1.3.3. Методы управления запасами.....	31
1.4. Анализ результатов исследований влияния условий эксплуатации на интенсивность расходования ресурсов, используемых при ТО автомобилей.....	35
1.4.1. Запасные части.....	35
1.4.2. Эксплуатационные материалы и шины.....	38
1.4.3. Воздушные фильтры.....	40
1.5. Выводы. Задачи исследований.....	41
2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	43
2.1. Общая методика исследований.....	43
2.2. Целевая функция и структура изучаемой системы.....	46
2.3. Закономерности функционирования изучаемой системы.....	49
2.4. Предварительный отбор факторов, влияющих на потребность в ресурсах для ТО автомобилей.....	58

2.5.Закономерности формирования потока требований на ТО	70
2.6.Имитационная модель потока требований на ТО.....	74
2.7.Закономерности формирования ресурса фильтров с учетом сезонных условий.....	82
2.8.Имитационная модель формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей	86
2.9.Выводы по разделу 2	88
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	90
3.1.Общая методика экспериментальных исследований	90
3.1.1. Цели и задачи экспериментальных исследований.....	90
3.1.2. Методика сбора статистических данных	90
3.2.Оценка значимости сезонной вариации потребности в ресурсах для ТО автомобилей	94
3.3.Оценка значимости изменения по времени количества ТО	98
3.4.Оценка адекватности имитационной модели потока требований на ТО с учетом вариации интенсивности эксплуатации автомобилей ..	100
3.5.Влияние периодичности ТО и интенсивности эксплуатации автомобилей на вариацию потока требований на ТО	103
3.6.Ресурсы элементов автомобилей, заменяемых при ТО	107
3.7.Влияние температуры воздуха на интенсивность отказов приводных ремней	110
3.8.Влияние сезонных условий на ресурс воздушных фильтров.....	113
3.9.Оценка адекватности имитационной модели формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей	123
3.10.Выводы по разделу 3	127
4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	129
4.1.Методология использования полученных результатов	129
4.2.Методика определения потребности в материалах для	

технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий.....	130
4.2.1. Расчет годовых и месячных потребностей.....	130
4.2.2. Расчет страхового запаса.....	132
4.2.3. Определение периодичностей и объемов поставок.....	133
4.3.Программа для моделирования потока требований на ТО автомобилей.....	137
4.4.Программа для моделирования потока замен и ресурса фильтров	140
4.5.Эффект от использования методики определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий	143
4.6.Прогнозирование ресурса сменных элементов воздушных фильтров.....	151
4.7.Выводы по разделу 4	154
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ	155
ЛИТЕРАТУРА	157
ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	168
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	172
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	181
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	194
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	196
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	198
ПРИЛОЖЕНИЕ 6	204
ПРИЛОЖЕНИЕ 7	205
ПРИЛОЖЕНИЕ 8	209

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В современных условиях для успешной работы автотранспортные предприятия должны быть конкурентоспособными. Поэтому для снижения тарифов на услуги необходимо снижать затраты на эксплуатацию автомобилей. В себестоимости использования автомобилей существенную долю составляют затраты на материалы, используемые при техническом обслуживании (ТО) подвижного состава [81]. При снабжении материалами необходимо находить компромисс между бесперебойным снабжением, требующим увеличения размеров заказов, и снижением объемов запасов, увеличивающих стоимость оборотных фондов. На расход ресурсов существенно влияют климатические условия [14, 124, 129], поэтому необходимо учитывать их при снабжении. В настоящее время потребность в ресурсах для ТО планируется, как правило, исходя из фактического расхода за предыдущий год [56]. При этом не учитывается, что расход меняется по сезонам [45].

В этой связи необходимо отметить актуальность исследований, направленных на разработку методики планирования потребности автотранспортных предприятий в материалах для технического обслуживания с учетом вариации интенсивности и условий эксплуатации.

Степень разработанности темы. В разработанных ранее методиках определения потребности в материалах для ТО и ремонта автомобилей предполагается, как правило, что поток требований на ресурсы – стационарный. На практике же этот поток меняется по времени. Это обусловлено сезонными изменениями интенсивности и условий эксплуатации автомобилей. Известные методики определения потребности в ресурсах для ТО автомобилей и управления их запасами недостаточно учитывают вариацию потока требований на ТО. Поэтому необходимы исследования, направленные на разработку теоретических положений и практических рекомендаций по определению размеров

запасов материалов для ТО автомобилей при нестационарном потоке требований.

Объект исследований – процесс формирования потребности в материалах для ТО автомобилей.

Предмет исследований – закономерности формирования потребности в материалах для ТО в условиях неравномерности потока требований.

Области исследований (из паспорта специальности ВАК 2.9.1 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте: п. 9. Управление транспортным производством и перевозками в организационно-технических системах [102]).

Целью работы является повышение эффективности использования автомобилей путем разработки методики планирования потребности автотранспортных предприятий в материалах для технического обслуживания с учетом вариации интенсивности и условий эксплуатации.

Задачи исследований:

– установить факторы, влияющие на расход материалов для ТО автомобилей;

– разработать модель потока требований на ТО с учетом вариации интенсивности эксплуатации автомобилей;

– установить закономерности влияния условий эксплуатации на расход материалов для ТО автомобилей и математические модели для их описания;

– разработать методику определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей при нестационарном потоке требований и оценить эффект от ее использования.

Научную новизну определяют положения, выносимые на защиту:

– установлены факторы, влияющие на объем и неравномерность потока требований на материалы для ТО автомобилей, в число которых входит не только количество обслуживаемых автомобилей, но и вариация интенсивно-

сти эксплуатации, вариация фактической периодичности ТО, соотношение периодичности ТО и годового пробега автомобиля;

– установленные закономерности, формирующие расход материалов на ТО при эксплуатации автомобилей, учитывающие влияние неравномерности интенсивности эксплуатации, изменения температуры и влажности воздуха на потребность в ресурсах;

– разработанные математические модели влияния перечисленных факторов на интенсивность расходования ресурсов;

– разработанная имитационная модель формирования расхода материалов для ТО при эксплуатации автомобилей, позволяющая определять их расход при эксплуатации в переменных условиях, а также планировать периодичности и объемы поставок.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость заключается в установлении закономерностей и разработке моделей формирования потока требований на материалы для ТО автомобилей. Практическая значимость заключается в разработке методики планирования потребности автотранспортных предприятий в материалах для технического обслуживания автомобилей и уменьшение на этой основе суммарных затрат, связанных с приобретением, поставкой и хранением материалов.

Методология и методы исследований. Общая методология диссертационных исследований основана на системном подходе. При выполнении теоретических исследований использовались логический метод, анализ и синтез, гипотетический метод. В экспериментальных исследованиях применялись планирование эксперимента, пассивный натурный и активный имитационный эксперименты, корреляционно-регрессионный анализ, метод проверки статистических гипотез.

Степень достоверности результатов. Результаты исследований получены на основе известных методов разработки математических моделей, корректных подходов при оценке их адекватности экспериментальным данным.

Теоретические положения, выводы и рекомендации основаны на аналитических исследованиях, проверенных и подтверждённых при корректном получении, обработке и анализе достаточного объема экспериментальных данных.

Апробация результатов. Результаты диссертационных исследований доложены, обсуждены и апробированы на международных науч.-практ. конференциях «Проблемы функционирования систем транспорта» (Тюмень, 2015, 2017, 2018), «Транспортные и транспортно-технологические системы» (Тюмень, 2015, 2016, 2017, 2019), «Новые технологии – нефтегазовому региону» (Тюмень, 2017), «Наземные транспортно-технологические комплексы и средства» (Тюмень, 2017, 2020), «Наука в информационном обществе» (Оренбург, 2017), «Наука и технологии XXI века: возможности и риски» (Костанай, 2017), «Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе» (Тюмень, 2017), «Актуальные проблемы современной науки» (Челябинск, 2017), «Опыт, актуальные проблемы и перспективы развития нефтегазового комплекса» (Нижневартовск, 2017), всероссийской науч.-практ. конференции «Сервис автомобилей и технологических машин» (Тюмень, 2015).

1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1. Проблема обеспечения запасными частями и материалами для технического обслуживания автомобилей

Транспорт играет важную роль в промышленности, аграрном секторе, социальной сфере нашей страны. При этом доля автомобильного транспорта в транспортной системе России – 80 % объема грузовых и 58 % пассажирских перевозок. В настоящее время автомобильный парк страны достиг 40 млн. единиц [5]. Наблюдается устойчивая тенденция роста парка как легковых автомобилей, так и грузовых (рис. 1.1).

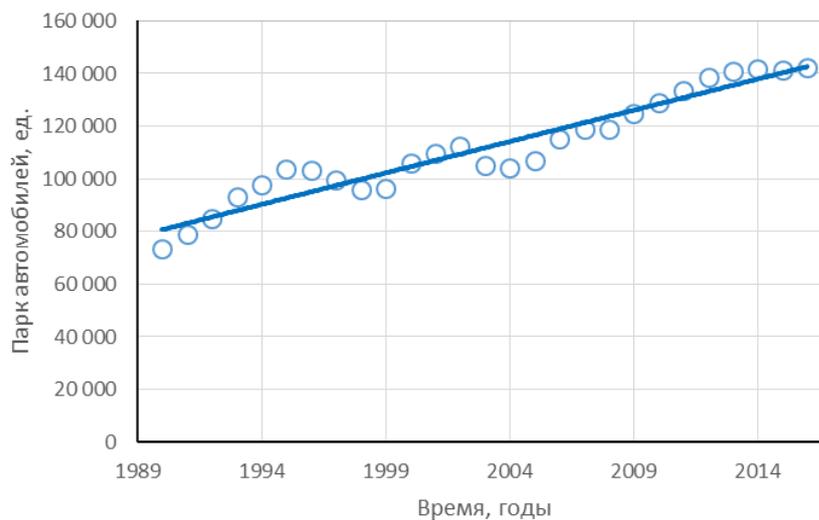


Рисунок 1.1 – Изменение по времени парка грузовых автомобилей в Тюменской области (по данным [100])

С ростом количества автомобилей возрастает актуальность проблемы обеспечения эффективности и безопасности их использования. Одно из условий ее успешного решения – своевременное и качественное техническое обслуживание (ТО) автомобилей. Для проведения ТО необходимы материальные ресурсы, включающие запасные части, специальные жидкости, масла, смазки и другие материалы. Недостаток ресурсов ведет к несвоевременному

или неполному выполнению профилактических операций, простоям в ожидании ТО, а излишние запасы – к увеличению стоимости оборотных фондов и, соответственно, затрат на эксплуатацию автомобилей [45, 81].

На рис. 1.2 приведены фактические данные о значениях коэффициента технической готовности (КТГ) в транспортных подразделениях ПАО «Сургутнефтегаз». Из рисунка видно, что даже при высокой культуре организации производства, характерной для рассматриваемых предприятий, в некоторых случаях не удается достичь высоких КТГ.

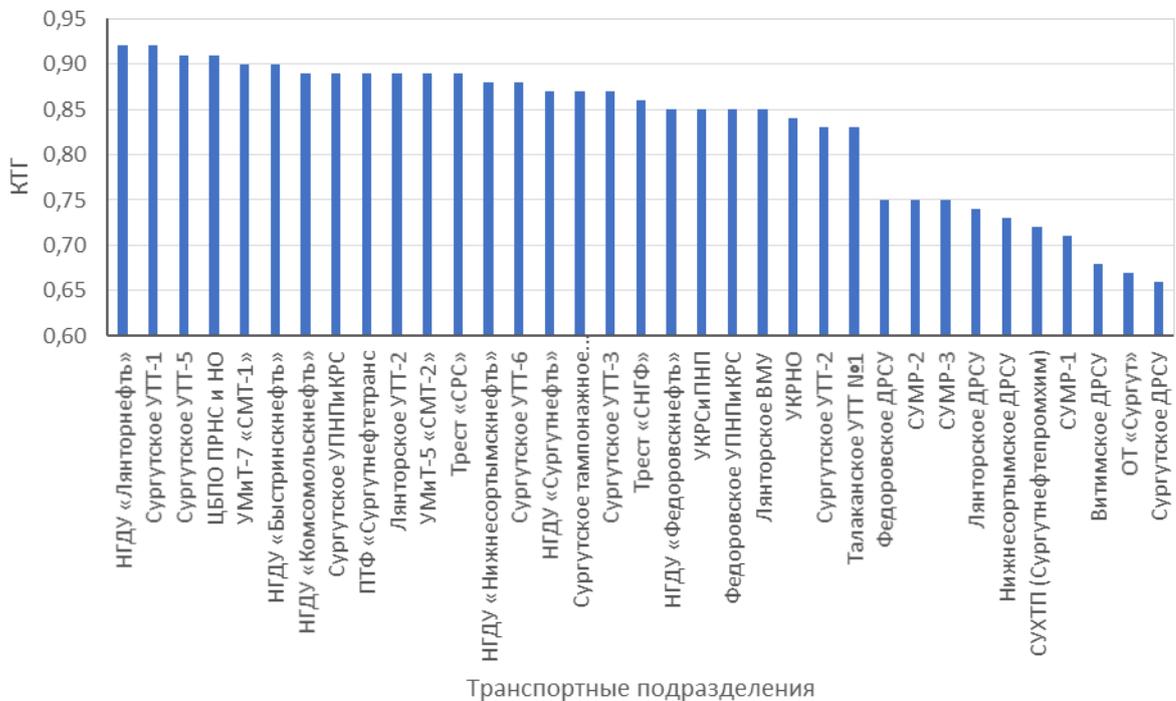


Рисунок 1.2 – Фактические значения коэффициента технической готовности

Анализ причин отклонений фактических значений КТГ от плановых показал наличие существенных простоев автомобилей в ожидании технических воздействий. Так, 13,6 % сверхнормативных простоев приходится на ожидание выполнения операций ТО. При этом одна из причин простоев – отсутствие материалов для ТО.

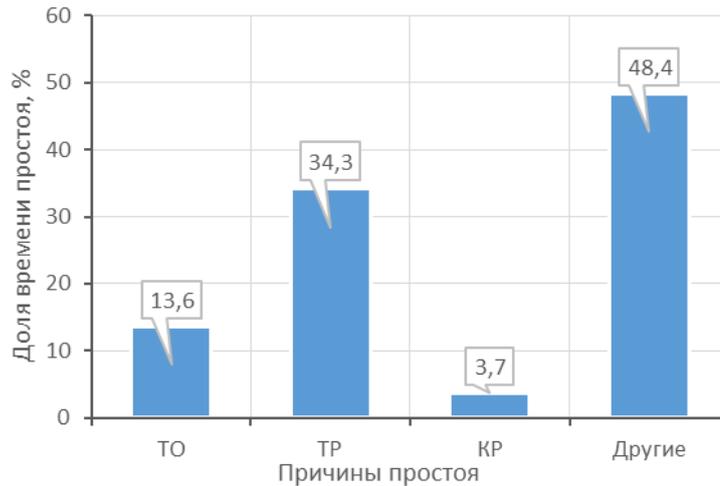


Рисунок 1.3 – Распределение причин сверхнормативного простоя автомобилей в ТО и Р

Таким образом, существует проблема совершенствования технической эксплуатации в части системы снабжения материалами для технического обслуживания автомобилей, решение которой позволит снизить простои в ожидании технических воздействий, а также затраты на эксплуатацию.

В качестве методологической основы исследований нужно использовать системный подход. В этой связи рассмотрим дерево систем технической эксплуатации, построенное Кузнецовым Е.С. (рис. 1.4). В приведенной структуре из подсистем первого уровня необходимо выделить следующие две: $S^{1_{05}}$ – Система снабжения и резервирования и $S^{1_{07}}$ – Условия эксплуатации.

Из подсистем второго уровня, входящих в подсистему $S^{1_{05}}$, наиболее значимы при решении задач исследований $S^{2_{052}}$ – Применение рациональных норм расхода топлива, масел и других материалов, а также $S^{2_{053}}$ – Обеспечение оптимальных запасов и методов их пополнения.

Помимо них необходимо рассмотреть подсистемы, входящие в $S^{1_{07}}$ (рис. 1.4): $S^{2_{071}}$ – Учет природно-климатических условий; $S^{2_{072}}$ – Учет дорожных условий; $S^{2_{073}}$ – Учет транспортных условий и интенсивности использования изделий. Это обусловлено влиянием условий эксплуатации на периодичность

ТО и наработки до предельного состояния элементов, заменяемых по состоянию. Соответственно от условий эксплуатации зависит количество обслуживаний и расход материалов, заменяемых по наработке, а также расход элементов, заменяемых по состоянию.

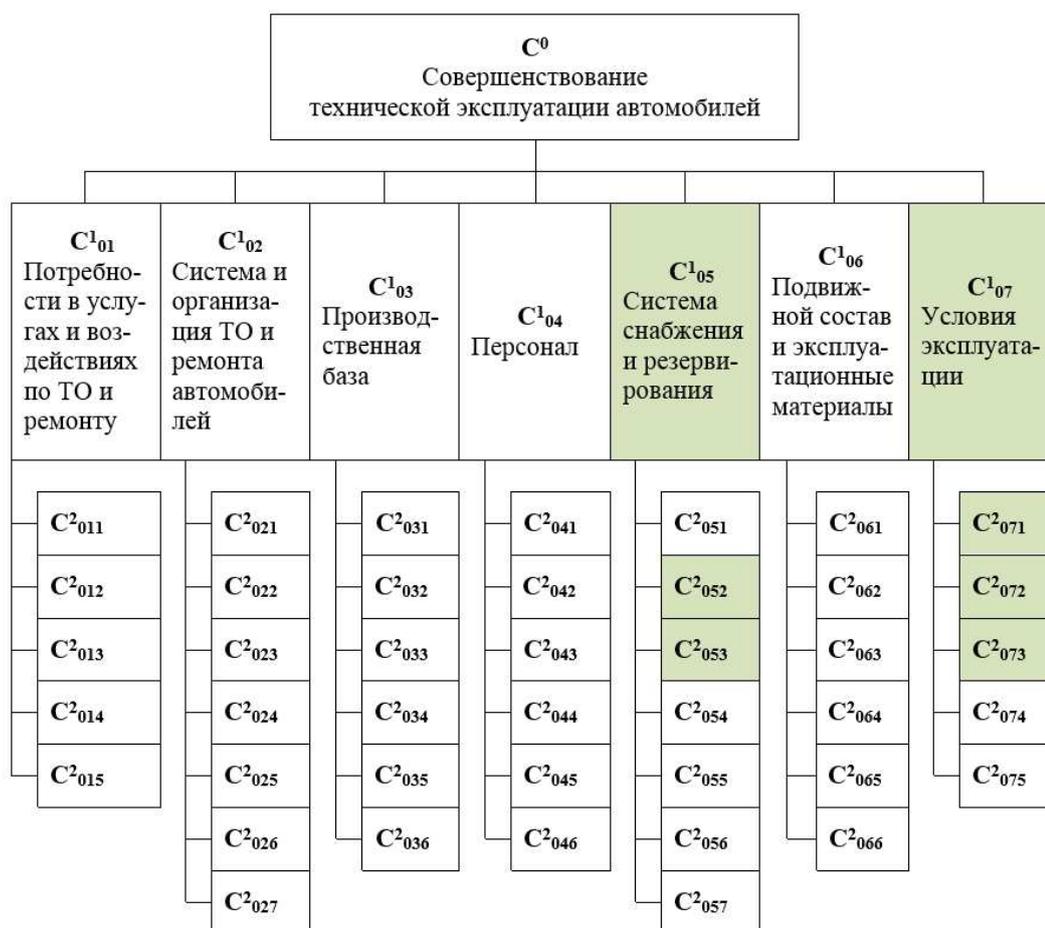


Рисунок 1.4 – Место системы снабжения в дереве систем технической эксплуатации автомобилей (по данным [74, с. 43])

Далее при решении проблемы совершенствования технической эксплуатации в части системы снабжения материалами для технического обслуживания автомобилей объект исследований, изучаемый в данной работе, будет определяться как подсистема в рамках рассмотренной структуры [47]. Предметом исследований необходимо выбрать закономерности, определяющие

функционирование этой подсистемы.

1.2. Факторы, определяющие поток требований на ТО автомобилей

1.2.1. Система обеспечения работоспособности автомобилей и ее развитие

Как отмечают Кузнецов Е.С. и соавторы [124], возможны две различных стратегии обеспечения работоспособности:

- профилактическая, предусматривающая предупреждение отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания;
- восстановительная, предусматривающая восстановление утраченной работоспособности путем проведения ремонта.

Но известно [73, 120], что первая стратегия нереализуема в полной мере, поскольку при даже сколь угодно малой периодичности ТО нельзя обеспечить стопроцентную вероятность безотказной работы. Вторая же стратегия нерациональна, поскольку отказы случайны, и невозможно предсказать, в какой момент времени сколько отказов наступит, и каков будет уровень работоспособности парка машин. Поэтому широкое распространение получила третья стратегия обеспечения работоспособности, представляющая собой сочетание первой и второй. Реализуется эта стратегия в виде системы ТО и ремонта машин.

В соответствии с ГОСТ 18322-78 «... система технического обслуживания и ремонта автомобилей – совокупность взаимосвязанных средств, нормативной документации и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления работоспособности» [20].

В известных системах ТО и Р стратегия обеспечения работоспособности реализуется в различных тактиках, которые можно свести к трем вариантам:

- обслуживание по наработке или времени (hard time maintenance and repair) – плановое техническое обслуживание или ремонт после достижения нор-

мативной наработки или времени, оговоренных в сервисных документах (регламентированное техническое обслуживание в соответствии с ГОСТ 18322-78 [20]);

– обслуживание по состоянию (on condition) – в этом случае операция ТО включает контрольную и исполнительскую части; после выполнения первой части операции в зависимости от состояния объекта обслуживания принимается решение о выполнении или невыполнении второй части операции (техническое обслуживание с периодическим контролем в соответствии с ГОСТ 18322-78 [20]);

– обслуживание по состоянию с постоянным контролем (condition monitoring) – осуществляется периодическое или непрерывное измерение контролируемых параметров; в случае достижения предельного состояния выполняется восстановление (техническое обслуживание с непрерывным контролем в соответствии с ГОСТ 18322-78 [20]).

Техническим обслуживанием называется « ... комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании» [20]. Соответственно, различают ТО при эксплуатации, ТО при ожидании, ТО во время хранения, ТО после транспортирования.

Поскольку 2-й ... 4-й из указанных видов ТО являются эпизодическими и не оказывают существенного влияния на расход ресурсов, то рассмотрим более детально ТО при использовании.

Техническое обслуживание при использовании включает периодическое ТО, выполняемое через определенные интервалы наработки или времени, сезонное ТО, выполняемое при смене сезона эксплуатации, и ТО в особых условиях [20].

В нашей стране система планово-предупредительных ремонтов была введена впервые в 1935 году с принятием Руководящих указаний по авторе-

монту [118] и предполагала четыре вида ремонтных воздействий: №0 – ежедневный, №1 – через 650 км, №2 – через 13 тыс. км и №3 – через 38 000 км.

Положение о профилактическом обслуживании автомобилей, принятое в 1943 году [72], предполагало трехступенчатую структуру цикла ТО: ЕУ – ежедневный уход; ТО-1 – через 300 ... 500 км; ТО-2 – через 1 500 ... 2 500 км.

Первое Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта, принятое в 1962 году, предполагало также трехступенчатую структуру цикла ТО, но при этом возросли периодичности: ТО-1 – до 1 300 ... 1 500 км, ТО-2 – до 6 500 ... 7 500 км [105].

Второе Положение о ТО и Р подвижного состава автомобильного транспорта [106] принято в 1972 году. Оно предусматривало более глубокую дифференциацию при корректировании нормативов в зависимости от условий эксплуатации.

Третье Положение ... было утверждено в 1984 году [107]. В нем периодичности ТО-1 и ТО-2 увеличились до 3 000 ... 4 000 и 12 000 ... 16 000 км соответственно.

В настоящее время структуры циклов ТО некоторых отечественных автомобилей близки к изложенным в последнем Положении Например, для автомобилей Урал-4320 и их модификаций установлены периодичности ТО-1 и ТО-2 4 000 и 16 000 км соответственно [4]. Периодичности ТО, устанавливаемые для автомобилей ведущих мировых производителей, существенно выше, чем для отечественных автомобилей. Так, например, для магистральных тягачей MAN установлена периодичность ТО, равная 50 тыс. км, а для самосвалов – 40 тыс. км [24]. Mercedes еще в 1998 году для магистральных тягачей установил периодичность ТО 100 тыс. км, а при работе в тяжелых условиях – 30 тыс. км [69].

Эта тенденция поддержана и автозаводом КАМАЗ: для полноприводных и тяжелых автомобилей экологического класса Евро-3 периодичности ТО-1 и ТО-2 составляют 10 и 30 тыс. км, для Евро-4 – 25 и 50 тыс. км, а для

Евро-5 – уже одна ступень ТО с периодичностью от 40 до 80 тыс. км в зависимости от типа автомобиля и условий использования [127].

Таким образом, наблюдается долговременная устойчивая тенденция к увеличению периодичности ТО. Так, если по последнему Положению ... для грузовых автомобилей максимальная периодичность ТО-1 составляла 3 тыс. км, а ТО-2 – 12 тыс. км, то ведущие мировые производители рекомендуют проводить ТО через 50 ... 120 тыс. км, то есть обслуживание может проводиться не каждый год, и это создает сложности для расчета годовой производственной программы традиционными методами.

1.2.2. Структуры циклов технического обслуживания

В соответствие с ГОСТ 18322-78 «...цикл технического обслуживания – наименьший повторяющийся интервал времени или наработки, в течение которых выполняются в определенной последовательности в соответствии с требованиями нормативно-технической или эксплуатационной документации все установленные виды периодического технического обслуживания» [20].

Существующие структуры циклов ТО можно разбить на две группы: одноступенчатые (все обслуживания выполняются с одинаковой периодичностью) и многоступенчатые (обслуживания каждой ступени имеют свою периодичность, кратную периодичности более высокой ступени).

Одноступенчатые структуры предусматривают проведение ТО через равные интервалы наработки, при этом часть операций выполняется каждое обслуживание, а другая часть – через одно, два и более обслуживаний. Для характеристики частоты выполнения операций используется коэффициент повторяемости операций K_{Π} , равный отношению периодичности ТО к периодичности выполнения операции [124]. Например, если периодичность ТО составляет 10 тыс. км, а периодичность выполнения операций – 20 тыс. км, то $K_{\Pi} = 0,5$. Поэтому перечни операций ТО, выполняемых при разных наработках автомобилей, существенно отличаются. Но при этом после выполнении ряда ТО

в течение наработки, соответствующей периодичности операции с минимальным значением коэффициента повторяемости, следующие обслуживания выполняются в том же порядке, то есть цикл ТО повторяется.

Для современных автомобилей в большинстве случаев цикл включает шесть ТО (например, автомобили ВАЗ, табл. 1.1), но есть и циклы с большим количеством обслуживаний (например, IVECO DAILY [136]).

Таблица 1.1 – Характеристика ступеней технического обслуживания автомобилей ВАЗ-2110 [124, с. 133]

Номер сервисного талона	Наработка, тыс. км		Число укрупненных операций		Нормативы трудоемкости, чел.·ч
	Всего	Между ТО	Всего	Совпадает с предыдущим обслуживанием, %	
2	15	15	24	–	2,62-3,06
3	30	15	37	62	5,36-6,33
4	45	15	27	78	4,47-4,91
5	60	15	37	70	6,36-7,43
6	75	15	25	76	3,75-3,90
7	90	15	38	47	7,20-8,27
8	105	15	24	Соответствует талону №2	2,62-3,06

В известных методиках расчета производственной программы рассматриваются, как правило, двухступенчатые системы ТО, включающие ТО-1 и ТО-2, а также ЕО и СО [94, 99, 120, 128]. Но в настоящее время для автомобилей предусмотрено большее число ступеней. Например, для автомобилей Урал-4320 ТО-1 включает два перечня операций, выполняемых при четных и нечетных обслуживаниях. Для ТО-2 предусмотрены пять различных перечней. При этом перечни ТО-2-1 и ТО-2-5 совпадают, а каждое 3-е, 4-е, 5-е и 6-е отличаются от них как по перечню операций, так и по трудоемкости [4].

Структура цикла ТО автомобилей Урал-4320 включает [4]:

- ЕО – ежедневное обслуживание;
- ТО-1000 – техническое обслуживание в начальный период эксплуатации после первых 1000 км пробега;

– ТО-1 – первое техническое обслуживание; каждое второе ТО-1 отличается от первого, поэтому обозначим: ТО-1-1 и ТО-1-2;

– ТО-2 – второе техническое обслуживание; выполняются по циклу из шести обслуживаний, отличающихся по содержанию, при этом во всех случаях выполняются операции ТО-1, ТО-2-1 и дополнительные операции, включенные в каждое ТО-2, кроме 1-го и 5-го; после проведения первых шести ТО-2 цикл повторяется; обозначим: ТО-2-1 (ТО-2-1 – базовое ТО-2); ТО-2-2; ТО-2-3; ТО-2-4; ТО-2-5 (полностью совпадает по содержанию с ТО-2-1); ТО-2-6;

– СО – сезонное техническое обслуживание; отличается СО, выполняемое осенью (СО-3) и весной (СО-Л);

– ТО-2года – техническое обслуживание, выполняемое по времени через два года.

Таблица 1.2 – Трудоемкости выполнения технического обслуживания автобусов IVECO DAILY [136]

Пробег, тыс. км	Трудоемкость		Относительная трудоемкость
	чел.-мин	чел.-ч	
20	242	4,03	1,00
40	258	4,30	1,07
60	288	4,80	1,19
80	258	4,30	1,07
100	242	4,03	1,00
120	383	6,38	1,58
140	242	4,03	1,00
160	258	4,30	1,07
180	242	4,03	1,00
200	401	6,68	1,66

В рассмотренном случае (рис. 1.5) каждое из пяти ступеней отличаются по трудоемкости, по перечню и объемам расходных материалов. Поток требований на ТО имеет сложную структуру. Поэтому при использовании извест-

ных методик расчета производственной программы по ТО потребность в материалах не может быть спрогнозирована с достаточной точностью.

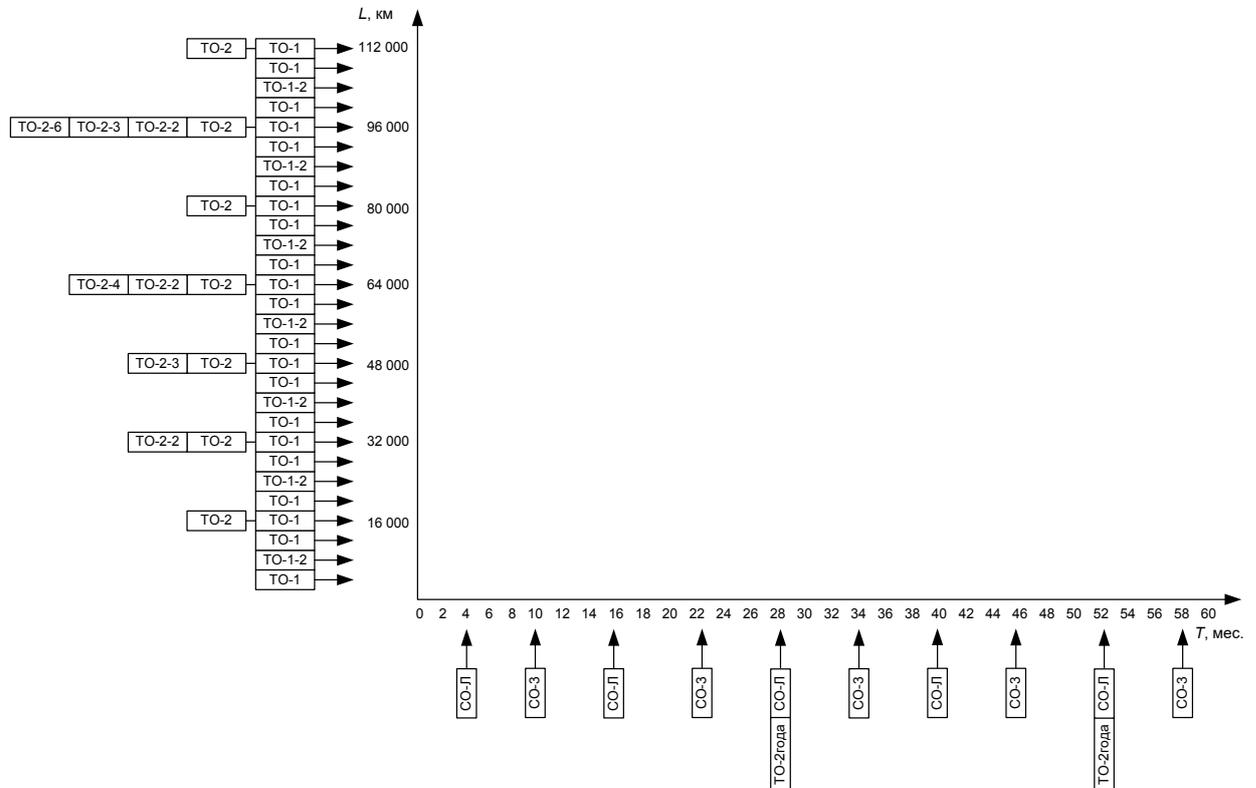


Рисунок 1.5 – Структура цикла технического обслуживания автомобиля Урал-4320

Кроме того, например, для автомобиля Урал-4320 ТО-2-6 проводится через 96 тыс. км, а для автобусов IVECO DAILY ТО-10 проводится через 200 тыс. км, то есть не каждый год, а через 1 ... 3 года. Это создает сложности для расчета годовой производственной программы традиционными методами.

1.2.3. Методы определения производственной программы по ТО

По определению Напольского Г.М. «... производственная программа АТП по ТО характеризуется числом технических обслуживаний, планируемых на определенный период времени (год, сутки)» [94]. Для каждого вида ТО

производственная программа рассчитывается на один год. Исходя из нее определяются годовые объемы работ ТО [94]. Кроме того, эти расчеты дают возможность определить потребность в ресурсах для проведения ТО.

Расчет производственной программы по ТО – неотъемлемая часть технологического проектирования АТП. В этой связи ему уделяется большое внимание в практической деятельности, в учебной и методической работе профильных вузов, в научных исследованиях.

Наибольший вклад в разработку и совершенствование методик расчета производственной программы внесли Давидович Л.Н. [30], Шейнин А.М. [134], Напольский Г.М. [94, 92, 93], Кузнецов Е.С. и Курников [72], Захаров Н.С. [42, 52] и другие.

Методы определения производственной программы по ТО и Р можно разделить на детерминированные [11, 18, 30, 40, 58, 68, 72, 79, 94, 99, 120, 124, 125, 128] и стохастические [33, 48, 42, 61, 133].

Существует несколько детерминированных методов определения годовой производственной программы по ТО и ремонту.

Чаще всего используют цикловой метод, предусматривающий расчет количества технических воздействий за цикл до капитального ремонта автомобилей, а затем – переход от цикла к году через коэффициент перехода. Но в настоящее время полнокомплектный капитальный ремонт (КР) практически не выполняют, а для ряда марок и моделей автомобилей норматив ресурса до КР не определен. В этой связи в методике, изложенной в [98], предлагается в расчете использовать цикл технических обслуживаний вместо цикла до КР.

Близкие результаты дает более простой метод, заключающийся в расчете общего годового пробега всех автомобилей и делении его на периодичности ТО соответствующих ступеней, а затем вычитании из количества ТО с меньшей периодичностью количества ТО с большей периодичностью [52].

Детерминированные методы относительно просты, но они не учитывают случайный характер поступления автомобилей на ТО и Р. Это не влияет

существенно на результат расчета производственной программы в случае стационарного потока требований на ТО, когда соблюдается установленная периодичность обслуживания, а интенсивность эксплуатации автомобилей постоянна [46]. Но, как правило, фактическая периодичность существенно отличается от нормативной [82], а интенсивность эксплуатации меняется по времени в широких пределах [33, 46]. Поэтому, как отмечает Захаров Н.С., «... в общем случае поток требований на проведение ТО отличается нестационарностью, а его характеристики определить аналитическим путем невозможно. Поэтому наиболее приемлемый метод решения такой задачи – использование имитационной модели» [42, с. 43].

Стохастический подход для определения производственной программы по ТО и Р использовался в ряде методик, разработанных в МАДИ [61], ТИУ [33, 34, 43, 121, 133].

В исследованиях Захарова Н.С. [46] разработаны базовые модели потока требований на технические воздействия, в том числе модель потока при фиксированной наработке до предельного состояния (рис. 1.6). Эта модель позволяет воспроизводить поток требований на ТО при изменении интенсивности использования автомобилей.

Позднее Довбня Б.Е. установил типичные закономерности изменения интенсивности эксплуатации по времени, выделив трендовую, периодическую и случайную компоненты. Используя полученные данные, а также указанную выше базовую модель, он установил типичные закономерности изменения потока ТО по времени [33]. Фрагмент полученных результатов представлен на рис. 1.7. Кроме того, им предложен упрощенный вариант методики расчета производственной программы по ТО, который можно использовать в сочетании с известными методиками для расчета числа постов ТО [33]:

$$N_{TO-1} = N_{TO-1}^{(C)} \cdot \Phi_{TO-1};$$

$$N_{TO-2} = N_{TO-2}^{(C)} \cdot \Phi_{TO-2},$$

где $N_{TO-1}^{(C)}$, $N_{TO-2}^{(C)}$ – постоянные компоненты числа постов ТО;

$\Phi_{ТО-1}$, $\Phi_{ТО-2}$ – коэффициенты неравномерности поступления автомобилей на ТО-1 и ТО-2, рассчитанные с использованием разработанной имитационной модели.

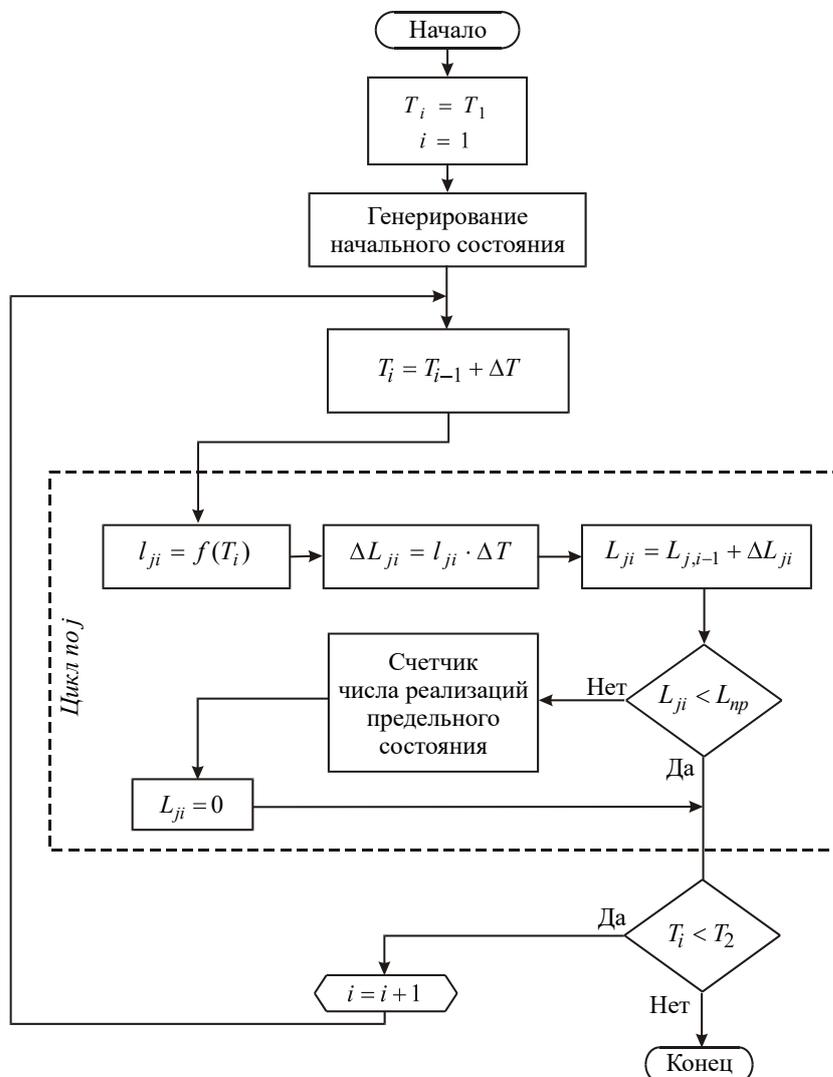


Рисунок 1.6 – Алгоритм модели потока требований на ТО [46, с. 65]

Следующий шаг в развитии стохастического подхода к расчету производственной программы по ТО – имитационная модель, разработанная Шевелевым Е.С., позволяющая моделировать поток требований на ТО автомобилей не только при изменении интенсивности эксплуатации, но и при вариации фактической периодичности ТО [133].

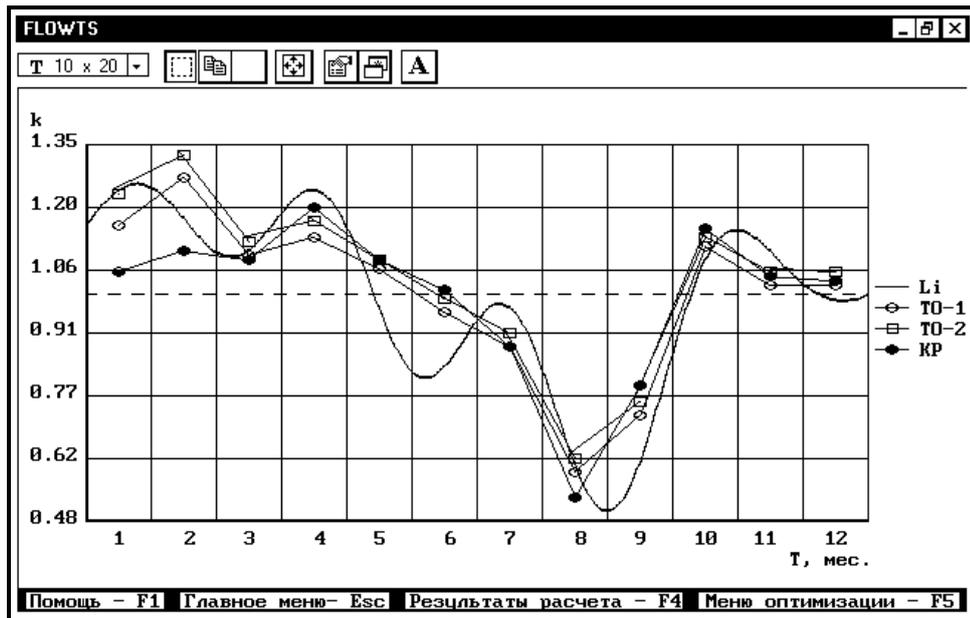


Рисунок 1.7 – Фрагмент результатов моделирования потока требований на ТО автомобилей [33]

Таким образом, результаты ранее выполненных исследований подтверждают предположение о нестационарности потока требований на ТО, что позволяет сделать вывод о стохастичности процесса расходования ресурсов для проведения ТО. Опыт создания описанных имитационных моделей может быть использован для создания модели потока требований на ресурсы для ТО.

1.3. Система снабжения запасными частями и материалами для ТО и Р автомобилей

1.3.1. Факторы, определяющие потребность в ресурсах при эксплуатации автомобилей

При использовании автомобилей расходуются ресурсы, которые можно разбить на две группы: ресурсы для использования автомобилей по назначению и ресурсы для ТО и Р. Номенклатура ресурсов второй группы достаточно широкая, что создает определенные трудности со снабжением, а от уровня организации снабжения в значительной степени зависит эффективность работы

АТП. Подсистема материально-технического снабжения (МТС) предназначена для бесперебойного снабжения ресурсами. Она должна обеспечивать использование автомобилей без простоев, связанных с отсутствием ресурсов, но при этом затраты на приобретение, доставку, хранение материальных ресурсов должны быть минимальными.

Процессы функционирования автотранспортной системы являются стохастическими, соответственно процессы потребления и поставки ресурсов также являются стохастическими. В этой связи систему МТС можно представить как систему массового обслуживания (СМО) [14]. Стохастичность системы обусловлена не только свойствами протекающих процессов, но и случайностью влияющих на них факторов. В этой связи для управления рассматриваемой системой необходимо знать перечень факторов, определяющих интенсивности расходования ресурсов, а также закономерности их изменения.

В контексте рассматриваемой в данных исследованиях проблемы важен не только средний расход материалов, но его изменение по времени. Поэтому для характеристики расхода необходимо выбрать показатели, учитывающие, в том числе, и вариацию расхода. К ним можно отнести следующее:

- средний годовой расход;
- коэффициент вариации расхода в течение года;
- средние месячные расходы;
- коэффициенты вариации расхода по месяцам в течение года.

В соответствие с тактиками проведения ТО требования на использование ресурсов генерируются или в результате достижения регламентированной наработки до ТО (тактика I-1 по определению Кузнецова Е.С. [124]), или технического состояния, близкого к предельному (тактика I-2). В этой связи необходимо отдельно рассмотреть факторы, влияющие на расход материалов на замену по пробегу или времени, а также факторы, влияющие на расход материалов для замены по состоянию.

Факторы, влияющие на потребность в ресурсах, классифицированы в

ряде исследований. Наиболее известна классификация Кузнецова Е.С. и соавторов [124]. На рис. 1.8 приведена такая классификация, уточненная и расширенная Вознесенским А.В. [14].



Рисунок 1.8 – Классификация факторов, определяющих расход ресурсов при эксплуатации автомобилей [14]

Расход материалов на замену по наработке (материалы 1-й группы) определяется:

- количеством материала на одно обслуживание;
- периодичностью замены;
- интенсивностью эксплуатации автомобилей;
- количеством автомобилей в парке.

Расход материала на одно обслуживание определяется конструктивными факторами, а периодичность замены – еще и условиями эксплуатации.

Известны два метода планирования постановки автомобилей на ТО: календарное планирование и планирование по пробегу.

При календарном планировании дата очередного ТО рассчитывается делением нормативной периодичности ТО на средний суточный пробег автомобиля [124, с. 136].

Для определения даты очередного ТО при планировании по пробегу складываются фактические пробеги автомобиля за сутки после проведения предыдущего обслуживания. При сумме пробегов, близкой к нормативной периодичности ТО, определяется конкретная дата проведения ТО для данного автомобиля [124, с. 137].

Календарное планирование просто применять на практике, но его целесообразно использовать только при стабильной интенсивности эксплуатации автомобилей. Планирование по пробегу дает более точные результаты, но оно и более трудоемко.

Частота технических обслуживаний зависит от фактической периодичности ТО и интенсивности эксплуатации автомобилей.

Интенсивность эксплуатации определяется многими факторами. Среди них можно выделить тип автомобиля, дорожные, климатические условия эксплуатации. Ранее установлено, что изменение интенсивности эксплуатации во времени определяется тремя компонентами – постоянной (трендовой), периодической (сезонной) и случайной [46].

Постоянная компонента определяется пробегом автомобиля с начала эксплуатации. Чем больше пробег, тем больше количество отказов и время простоя в ремонте. По данным [135], снижение интенсивность эксплуатации автомобилей с увеличением времени эксплуатации описывается экспоненциальной моделью.

Периодическая (сезонная) компонента обусловлена сезонной вариацией потребности в перевозках, а также изменением условий эксплуатации. По данным [46], наилучшее описание сезонной компоненты обеспечивает гармонический ряд, включающий от 2 до 5 гармоник. Например, по данным Ракитина

А.Н., изменение по времени среднего суточного пробега автомобиля (км) описывается моделью [111]:

$$L = 270 + 27,8 \cdot \text{Cos}(30(T - 2,4)).$$

Наличие случайной компоненты интенсивности эксплуатации связано со стохастичностью процессов использования автомобилей. По данным Довбни Б.Е., случайная компонента интенсивности эксплуатации может быть описана различными законами: Вейбулла (65 % случаев), экспоненциальным (22 %), нормальным и логнормальным (11 %), ГР-законом (2 %) [33]. Полученные в описанных исследования типичные зависимости интенсивности эксплуатации автомобилей от времени приведены на рис. 1.9.

Расход ресурсов на замену по наработке зависит от количества проведенных ТО, которое, в свою очередь, зависит от интенсивности эксплуатации. Очевидно, что потребность в ресурсах изменяется по закономерностям, аналогичным закономерности изменения интенсивности эксплуатации. Можно предположить, что при этом, в зависимости от соотношения годового пробега и нормативной периодичности ТО, сезонная волна потребности в ресурсах будет выражена в меньшей или большей степени. Кроме того, от указанных факторов, возможно, зависит смещение экстремумов первой зависимости относительно экстремумов второй.

Расход материалов на замену по состоянию (материалы 2-й группы) зависит от тех факторов, что и расход запасных частей на текущий ремонт. В этой связи в качестве исходного перечня можно принять факторы, приведенные на рис. 1.8. Учитывая, что в рассматриваемую группу входят различные по свойству материалы (тормозные колодки, воздушные фильтры, масла и спецжидкости на долив, приводные ремни, электролампы и др.), необходимо отметить, что на каждую позицию материалов второй группы перечень влияющих факторов может быть индивидуальным, отличающимся от набора факторов для другой позиции.

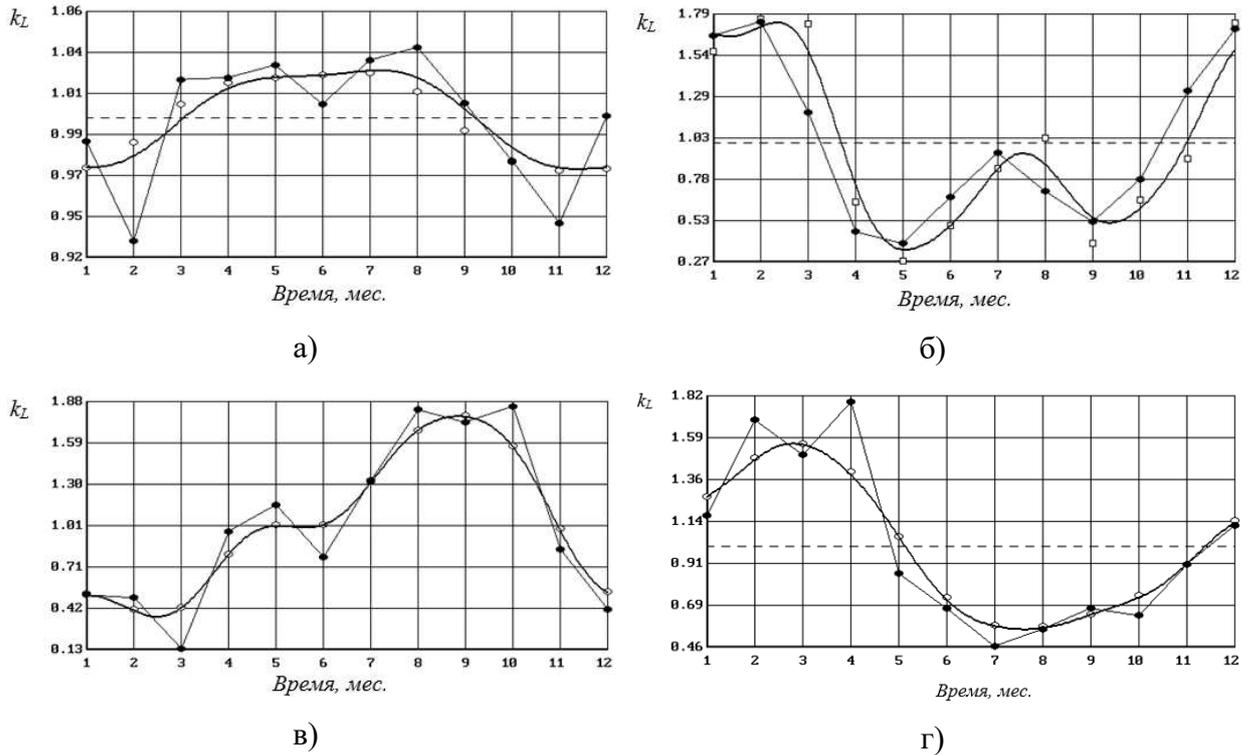


Рисунок 1.9 – Типичные зависимости интенсивности эксплуатации автомобилей от времени [33]:

а – городские маршрутные автобусы; б – автомобили-лесовозы; в – автомобили сельхозпредприятий; г – автомобили предприятий технологического транспорта в нефтегазодобыче

Таким образом, на потребность в ресурсах для ТО влияет большое количество факторов, причем, предположительно, перечни значимых факторов различны не только для материалов 1-й и 2-й групп, но и разных материалов из 2-й группы. Для определения факторов, значимо влияющих на расход ресурсов каждого наименования, необходимо провести специальные исследования.

1.3.2. Методики определения потребности в ресурсах

Методики определения потребности в ресурсах отличаются в зависимости от вида ресурса.

Потребность в запасных частях определяется следующими методами [124, 135]:

- по номенклатурным нормам;
- по фактическому спросу;
- смешанный метод, представляющий собой комбинацию двух предыдущих.

Номенклатурные нормы устанавливают расход запасных частей по каждой детали на 100 автомобилей в год и устанавливаются нормативными документами [96]. Под нормой расхода запасных частей на период эксплуатации автомобиля понимают «... среднее ожидаемое за этот период количество замен составных частей из-за отказов и выработки ресурса. Под нормой расхода материалов на период эксплуатации понимают среднее ожидаемое за этот период количество израсходованных материалов» [22, с. 6].

В соответствии с ГОСТ 2.601-2013 в комплекте эксплуатационных документов должны быть отражены сведения о номенклатуре запасных частей и материалов, их количестве, расходуемом за период эксплуатации [22, с. 5].

Исходя из номенклатурной нормы N , потребность рассчитывается по формуле [124, с. 335]:

$$P_{зч} = \frac{NA}{100} K_n K_1 K_2 K_3,$$

где A – количество автомобилей в парке, ед.;

K_n – коэффициент, учитывающий соотношение фактического годового и нормативного пробегов;

K_1, K_2, K_3 – коэффициенты корректирования потребности, учитывающие категорию условий эксплуатации, модификацию подвижного состава и климатический регион [107].

Методика расчета потребности в запасных частях по фактическому расходу предусматривает сбор информации о потоке требований и определение плана поставок по расходу за предыдущий аналогичный период [124, с. 335].

Смешанный метод основан на сочетании двух первых методов [124, с. 335].

Потребность в моторных, трансмиссионных, специальных маслах и

смазках в соответствии с действующим нормативным документом [97] определяется, исходя из планового расхода топлива. Норма расхода моторного масла увеличивается на 20% для автомобилей, возрастом более пяти лет или капитально отремонтированных.

Разработанные в 1996 году Центрооргтрудоавтотрансом Нормы расхода материалов и запасных частей на техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей [96] устанавливают нормативные расходы моторного и трансмиссионного масла, специальных и пластических смазок, обтирочного материала, инструмента, тормозной и амортизаторной жидкостей, серной кислоты, этилового спирта в натуральном выражении на 1000 км пробега по видам технического воздействия (ЕО, ТО-1, ТО-2, ТР). При этом АТП разрешается корректировать нормы расхода с помощью коэффициентов из Положения ... [105]. Необходимо отметить, что в указанном документе, во-первых, нет нормативов по расходу запасных частей, используемых при ТО, во-вторых, рекомендаций по запасам ресурсов и, в-третьих, не учитывается вариация потока требований на ресурсы по времени.

Эти недостатки частично устранены в исследованиях Вознесенского А.В. и Захарова Н.С. [14, 45]. В них потребность в ресурсах данного вида N_i за промежуток времени T_i рассчитывается по формуле:

$$N_i = H \cdot T_i \cdot \sum_{j=1}^{A_c} l_{ji} \cdot K,$$

где H – норма расхода ресурсов на километр пробега автомобиля;

l_{ji} – интенсивность эксплуатации j -го автомобиля за промежуток времени T_i ;

A_c – размер парка автомобилей;

K – коэффициент, учитывающий сезонную вариацию требований на ресурсы.

Для ресурсов, расход которых не зависит от пробега автомобилей, расчет месячной потребности выполняется по формуле [14, 45]:

$$N_i = \frac{1}{12} N_2 \cdot K,$$

где N_2 – годовая потребность в ресурсе данного вида.

В описанных исследованиях на основе установленных закономерностей влияния сезонных условий на расход ресурсов рассчитаны значения коэффициента сезонной неравномерности (табл. 1.3.).

Таблица 1.3 – Значения коэффициента сезонной неравномерности требований на ресурсы в зависимости от температуры воздуха [14]

Температура, °С	Значения K для видов ресурсов							
	Горюче-смазочные материалы	Запасные части	Шины	Электрическая энергия	Тепловая энергия	Другие сырье и материалы	Расходы по хранению	Суммарные затраты на ресурсы
Ниже –25 ... –20	1,29	1,38	1,02	1,18	2,00	1,12	1,14	1,27
Свыше –20 ... –15	1,20	1,25	0,93	1,13	1,64	1,08	1,11	1,19
Свыше –15 ... –10	1,12	1,14	0,88	1,08	1,48	1,05	1,08	1,12
Свыше –10 ... –5	1,04	1,04	0,87	1,03	1,37	1,02	1,05	1,05
Свыше –5 ... 0	0,97	0,95	0,89	0,98	1,22	0,99	1,02	0,98
Свыше 0 ... 5	0,91	0,87	0,94	0,94	0,97	0,95	1,00	0,92
Свыше 5 ... 10	0,85	0,81	1,03	0,90	0,62	0,92	0,97	0,86
Свыше 10 ... 15	0,79	0,76	1,16	0,85	0,22	0,90	0,95	0,81
Свыше 15 ... 20	0,74	0,72	1,32	0,82	0,00	0,87	0,92	0,76

1.3.3. Методы управления запасами

Управление запасами материальных ресурсов достигается решением следующих задач [124]:

- контроль текущего запаса на складе;
- определение размера страхового запаса;
- определение размера заказа;

– определение момента (периодичности) поставки.

Текущий запас (ТЗ) теоретически меняется в пределах от максимального запаса, сформированного после очередной поставки, до минимального, равного страховому запасу. Для характеристики запасов используют показатель «Средний текущий запас». От его величины зависит размер оборотных средств, вложенных в запасы, а также стоимость хранения [124].

Страховой запас (СЗ) – часть запаса, предназначенный для минимизации рисков, связанных с колебаниями спроса и невыполнением срока поставок [113]. Страховой запас — [safety stock] запас ресурсов, предназначенный для бесперебойного снабжения производства и потребления в случаях уменьшения поставок по сравнению с предусмотренными [78].

Известны различные методики определения размера СЗ (табл. 1.4).

Таблица 1.4 – Методы определения размера страхового запаса

Название метода	Суть метода
1	2
На основе текущего запаса	При расчете учитываются особенности системы снабжения. Размер страхового запаса равен $\frac{1}{2}$ текущего запаса [113].
По доверительному интервалу (ДИ) времени между поставками	Половина ДИ среднего планового времени между поставками [135].
Процент от спроса во время выполнения заказа	Процентная доля спроса за планируемое время выполнения заказа [140].
На основе дневного потребления	Произведение количества дней, на которое рассчитан страховой запас, и текущего дневного спроса [140].
Задание вручную	Менеджер по закупкам на основании своего опыта устанавливает размер запаса [140].
На основе среднего отклонения спроса	Произведение среднего отклонения спроса на коэффициент отклонения. Коэффициент выбирается в зависимости от желаемого уровня обслуживания покупателей, определяемого как доля товарных позиций, по которым поставки покупателям были осуществлены за один раз к обещан-

Продолжение таблицы 1.4

1	2
	ной дате. Чем больше коэффициент, тем больше страховой запас [16, 140].
Оптимальный размер запаса в условиях неопределенности	$CЗ = k\sqrt{\sigma_N\bar{T} + \sigma_T\bar{N}^2},$ где k — коэффициент безопасности, который определяет степень защиты от дефицита, рассчитывается в зависимости от принятого значения вероятности дефицита; \bar{T} — средняя длительность выполнения заказа; \bar{N} — среднее значение потребности в сырье и материалах; σ_N, σ_T — среднеквадратические отклонения потребности соответственно в сырье и материалах и времени выполнения заказа [131].

Например, Щетина В.А. и его соавторы определяют СЗ равным половине доверительного интервала для среднего времени между поставками [135, с. 90]. При небольшом расстоянии от предприятия размер СЗ может составлять $\frac{1}{3}$ текущего запаса.

При относительно стабильном спросе и близко расположенном источнике снабжения возможна реализация концепции JIT (Just-In-Time – точно вовремя), которая впервые была внедрена в концерне Toyota. Ее использование позволяет снизить уровень запасов на 40% и сократить складские площади на 15% [140].

Объем запаса можно представить следующей суммой [81]:

$$N_{\text{зап.}} = N_{\text{ТЗ}} + N_{\text{СЗ}},$$

где $N_{\text{ТЗ}}$ – текущий запас;

$N_{\text{СЗ}}$ – страховой запас.

Величина максимального текущего запаса составляет [113]:

$$N_{\text{ТЗ}} = n_{\text{дн.}} T_{\text{пост.}}$$

где $n_{\text{дн.}}$ – интенсивность расходования ресурса, ед. /день;

$T_{\text{пост.}}$ – периодичность поставки, дни.

К задачам управления запасами относятся определение размера и периодичности поставок, размера СЗ. При решении этих задач используют детерминированные или стохастические подходы. Детерминированные методы позволяют находить более простые, но менее точные решения. Поэтому их можно использовать для планирования среднего расхода за достаточно большой период [123]. Стохастические методы значительно сложнее в реализации. Необходимо разрабатывать имитационные модели, предполагающие использование метода Монте-Карло [81].

Определение параметров системы управления запасами сводят к оптимизационной задаче, заключающейся в расчете объемов и периодичностей поставок, соответствующих минимуму суммы стоимости приобретения, доставки и хранения материалов [8, 9, 16, 140].

Для определения объема поставки при управлении запасами оптимальный размер заказа Q рассчитывают по моделям, приведённым в табл. 1.5.

Таблица 1.5 – Модели определения объема поставки при управлении запасами

Наименование модели	Расчетная формула	Параметры, входящие в модель
Модель экономического заказа (формула Вильсона) [16, 17, 77, 122, 124]	$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$	D – годовая потребность в деталях в стоимостном выражении; S – издержки, связанные с оформлением и получением заказа; H – затраты на хранение единицы запаса
Модель производственного заказа [17]	$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H \cdot \left(1 - \frac{D}{M}\right)}}$	M – мощность производителя
Модель заказа с резервным запасом [17]	$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H} \cdot \frac{H+B}{B}}$	B – затраты резервирования
Модель заказа с дисконтом [17]	$Q = \sqrt{\frac{2DS}{hЦ}}$	h – затраты хранения в долях от цены; $Ц$ – закупочная цена.

В большинстве известных методик расчета потребности в ресурсах исходят из стационарности потока требований на ресурсы. На практике этот поток – нестационарный, то есть его параметры меняются во времени. Это обусловлено изменениями по сезонам интенсивности и условий эксплуатации автомобилей [45]. Следовательно, известные аналитические модели, используемые для расчета параметров системы снабжения и управления запасами, не позволяют получить достаточно точного результата. В таких условиях целесообразно использовать имитационное моделирование.

1.4. Анализ результатов исследований влияния условий эксплуатации на интенсивность расходования ресурсов, используемых при ТО автомобилей

1.4.1. Запасные части

В соответствие с ГОСТ 18322-78 запасная часть (ЗЧ) «... является составляющей частью изделия, предназначенной для замены находившейся в эксплуатации такой же части с целью обеспечения исправности или только работоспособности изделия» [20].

Как отмечают Щетина В.А. и соавторы, от наличия ЗЧ существенно зависит уровень технической готовности автомобилей [135]. Там же отмечается, что потребность в ЗЧ в основном определяется надежностью автомобилей.

Исследованиям влияния условий эксплуатации на надежность и расход запасных частей посвящены работы Авдонькина Ф.Н. [1, 2], Андрианова Ю.В. [6], Бедняка М.Н. [11], Власова В.М. [13], Вознесенского А.В. [14], Говорущенко Н.Я. [18], Денисова А.С. [32], Евтюкова С.А. и соавторов [132], Захарова Н.С. [45, 50], Звягина А.А. [53], Катаргина В.Н. [59], Корчагина В.А. [65, 66], Краморенко Г.В. [68], Кузнецова Е.С. [71, 73, 74, 75], Лукинського В.С. [80], Макаровой А.Н. [82], Мастепана Н.А. [85], Проникова А.С. [108], Ракина А.Н. [111], Резника Л.Г. [115], Сергиенко Е.С. [121], Тахтамышева Х.М. [123], Филатова М.И. [129], Шейнина А.М. [134], Щетины В.А. [135] и других.

В ряде исследований установлены причины неравномерности потребности в ЗЧ в течение года. Одна из главных причин – сезонное изменение климатических условий. По данным НИИАТ при изменении температуры воздуха с 5 °С до –25 °С общее число отказов и неисправностей автомобилей увеличивается в пять раз [124]. По данным Кузнецова Е.С. интенсивность изнашивания тормозных накладок автомобилей МАЗ летом, весной и осенью возрастет более чем в два раза по сравнению с зимним периодом (табл. 1.6).

Таблица 1.6 – Изменение по сезонам интенсивности изнашивания тормозных накладок [70]

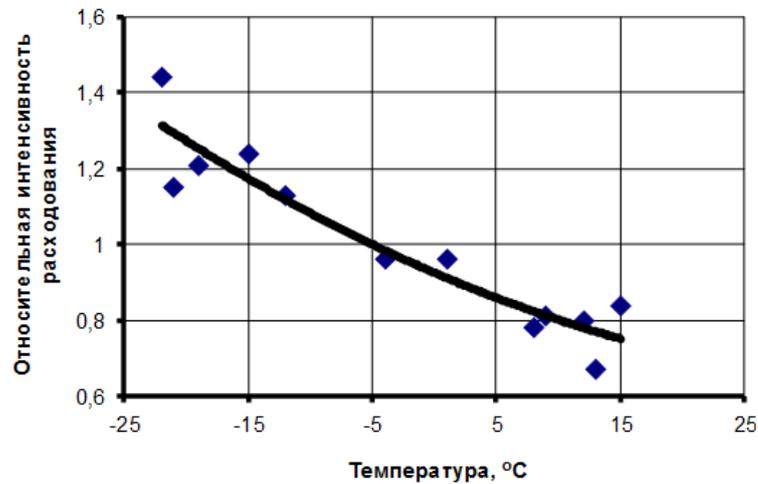
Модели автомобилей	Интенсивность изнашивания по временам года, %			
	Зима	Весна	Лето	Осень
МАЗ-500 с прицепом	100	240	130	320
МАЗ-503Б	100	240	160	220

Данные о влиянии климатических условий на надежность автомобилей приводят и другие авторы – Лудченко А.А. [79], Крамаренко Г.В. и Барашков И.В. [79], Королев А.И. и Джуромская Е.А. [64], Пасечников Н.С. [101], Резник Л.Г. [115] и другие.

Вознесенский А.В. установил закономерности влияния сезонных условий на интенсивности расходования ресурсов по видам при эксплуатации автомобилей. Так, например, относительная интенсивность расходования ЗЧ увеличивается при снижении температуры воздуха (рис. 1.10) [14].

Ракитин А.Н. установил, что на параметр потока отказов разных агрегатов и систем автомобилей температура воздуха влияет по-разному: для двигателей, коробок передач, раздаточных коробок, ведущих мостов характерно увеличение количества отказов при понижении температуры, а для рулевого управления – снижение [111]. Кроме того, в указанных исследованиях автор, основываясь на концепции формирования качества автомобилей в процессе

эксплуатации, разработанной Захаровым Н.С. [46], выделил три компоненты потока отказов: постоянную (или трендовую), периодическую и случайную.



$$n = 0,69 + 0,00026 \cdot (t - 29)^2$$

Рисунок 1.10 – Влияние температуры воздуха на интенсивность расходования запасных частей

Зиганшин Р.А. предложил разделить все запасные части на три группы: группа Т (thermal) – ЗЧ со значительной вариацией расхода и потребляются интенсивнее при высокой температуре воздуха;

группа U (uniform) – ЗЧ со стабильным расходом и незначительным влиянием на него температуры воздуха;

группа С (cold) – ЗЧ со значительной вариацией расхода и потребляются интенсивнее при низкой температуре воздуха [54, 55, 56].

Большая часть выполненных ранее исследований посвящена определению потребности в запасных частях для капитального и текущего ремонта автомобилей. Вопросы планирования потребности запасных частях для технического обслуживания автомобилей исследованы недостаточно.

1.4.2. Эксплуатационные материалы и шины

К эксплуатационным материалам, используемым при ТО, относятся моторные, трансмиссионные и гидравлические масла, смазки, охлаждающие и тормозные жидкости.

Наибольшее количество исследований посвящено расходованию моторного масла. При этом чаще всего изучалось влияние наработки двигателя (автомобиля) на расход масла [39, 60, 81, 88, 91].

Влияние сезонных условий на ресурс моторного масла исследовано Петелиным А.А. [103]. Макаров Е.А. установил закономерности влияния сезонной вариации интенсивности и условий эксплуатации на расход моторного масла по компонентам (рис. 1.11) [81].

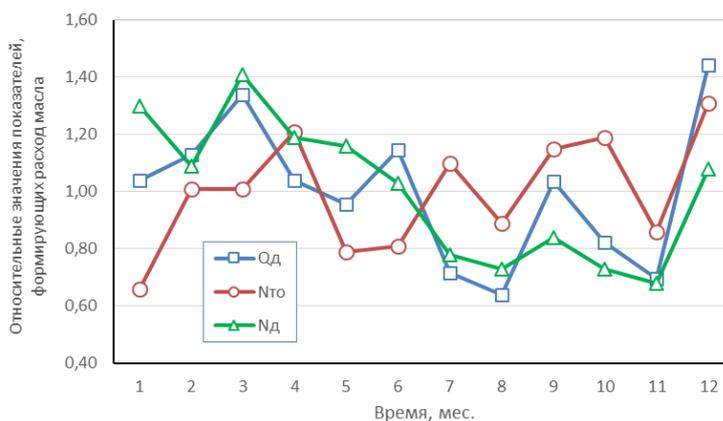
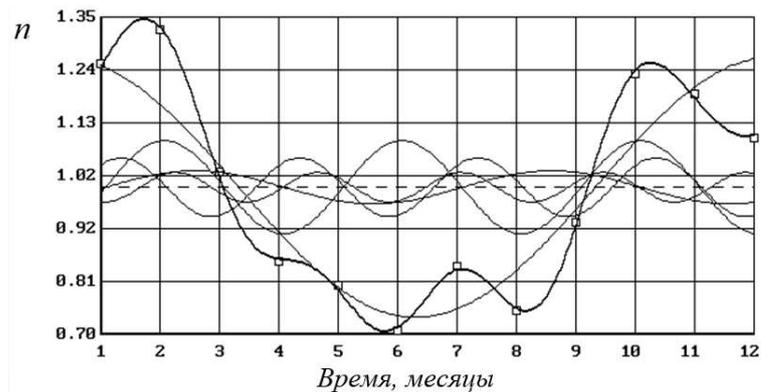


Рисунок 1.11 – Изменение в течение года показателей, формирующих расход масла автомобилями КАМАЗ-43118: Nто – количество ТО; Nd – количество выполненных операций по доливу масла в двигатель; Qд – объем долитого масла [81]

Более общий случай рассмотрен в исследованиях Вознесенского А.В. Им установлены закономерности сезонной вариации расхода ресурсов при эксплуатации автомобилей по видам, в том числе топлива и смазочных материалов (рис. 1.12) [14].

Влияние сезонных условий на интенсивность изнашивания и расход автомобильных шин легковых, грузовых автомобилей и автобусов установлено в работах Захарова Н.С. (рис. 1.13) [44]. Эти исследования явились основой для других подобных работ, поскольку был создан методический подход к изучению влияния сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей.



$$n = 1,00 + 0,26 \text{ Cos}(30(T - 0,33))$$

Рисунок 1.12 – Закономерность относительного изменения по времени потока требований на топливо, смазочные материалы [14]

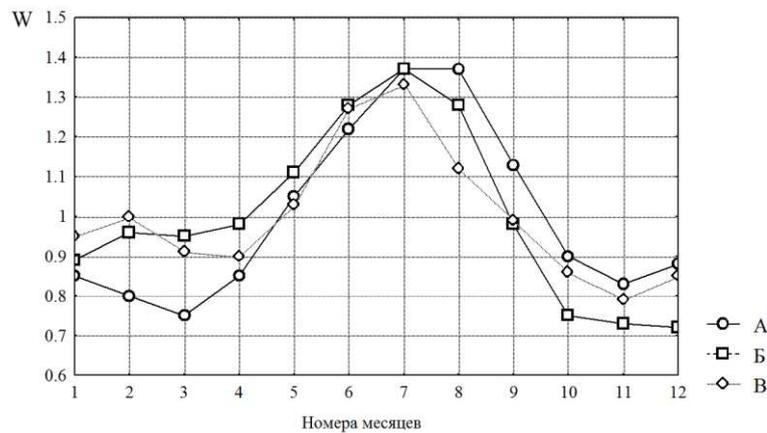


Рисунок 1.13 – Изменение коэффициента корректирования потребности в заменах шин 205/70R14 ИД-220 в течение года (А - при односменном режиме работы автомобиля; Б - при двухсменном; В - при трехсменном) [44]

Таким образом, в ранее выполненных исследованиях разработана методическая основа для изучения процессов расходования ресурсов в переменных условиях эксплуатации, которая может быть использована для изучения закономерностей формирования и расходования запасов материалов для технического обслуживания автомобилей при нестационарном потоке требований.

1.4.3. Воздушные фильтры

Воздушные фильтры – элементы двигателей автомобилей, существенно влияющие на интенсивность изменения технического состояния. При этом в нормативных документах присутствуют неоднозначные рекомендации по критериям их замены.

Так, в одном источнике [126] рекомендуется смена воздушного фильтра двигателя на автомобилях КАМАЗ при сезонном обслуживании (СО), в другом [130] – при срабатывании индикатора засоренности или принудительно после 60 тыс. км пробега (в первой категории условий эксплуатации).

Для двигателей ЯМЗ, в которых используются такие же фильтры, как и в двигателях КАМАЗ, рекомендуется при СО проводить обслуживание фильтра, заключающееся в обдуве его сжатым воздухом для очистки от пыли, или в промывке в растворе моющего средства [31]. Кроме того, рекомендуется обслуживать фильтр при срабатывании индикатора засоренности, при ТО-1, а при высокой запыленности – чаще. При этом оговаривается ориентировочный ресурс фильтра – 1500 часов работы двигателя [31].

Неоднозначность рекомендаций по обслуживанию и замене фильтров ведет к тому, что на разных предприятиях реализуют различные подходы. В одних – заменяют фильтры по состоянию, в других – при проведении ТО-2.

Но необходимо отметить, что в разных условиях эксплуатации ресурс фильтров реализуется с разной интенсивностью. Так, для двигателей автомобилей Jeep Grand Cherokee 3,0 рекомендуется замена фильтров через 20 тыс. км или через 12 месяцев, а для Jeep Wrangler JK 3,6 – через 24 тыс. км или 24

месяца, если автомобили эксплуатируются в условиях пыльных дорог или вне дорог. В нормальных условиях замена рекомендуется через 48 тыс. км [3].

В исследованиях Прохорченко Е.С. [109] выдвинуто предположение о том, что сезонные условия существенно влияют на интенсивность загрязнения фильтров.

Таким образом, неоднозначность рекомендаций по критериям замены воздушных фильтров создает сложность при планировании потребности в них и требует проведения специальных исследований для установления закономерностей влияния условий эксплуатации на интенсивность их загрязнения.

1.5. Выводы. Задачи исследований

На основе выполненного анализа ранее выполненных исследований сформулированы следующие выводы.

1. В соответствие с тактиками проведения ТО требования на использование ресурсов генерируются или в результате достижения регламентированной наработки до ТО (тактика I-1), или технического состояния, близкого к предельному (тактика I-2). В этой связи необходимо отдельно рассмотреть факторы, влияющие на расход материалов на замену по пробегу или времени, а также факторы, влияющие на расход материалов для замены по состоянию.

2. На потребность в ресурсах для ТО влияет большое количество факторов, причем, предположительно, перечни значимых факторов различны не только для материалов 1-й и 2-й групп, но и разных материалов из 2-й группы. Для определения факторов, значимо влияющих на расход ресурсов каждого наименования, необходимо провести специальные исследования.

3. Результаты ранее выполненных исследований подтверждают предположение о нестационарности потока требований на ТО, что позволяет сделать вывод о стохастичности процесса расходования ресурсов для проведения ТО. Опыт создания описанных имитационных моделей может быть использован для создания модели потока требований на ресурсы для ТО.

4. В большинстве известных методик при расчете потребностей в ресурсах процесс их потребления рассматривается как стационарный. На практике же он меняется во времени, при этом наиболее значимы сезонные изменения. Соответственно, учитывая нестационарность потока требований на ресурсы, аналитическим моделям следует предпочесть имитационные.

Проведённый анализ выполненных по данному направлению исследований, а также известных методик определения потребности в ресурсах и управления их запасами, показал, что для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Установить факторы, влияющие на расход материалов для ТО автомобилей.
2. Разработать модель потока требований на ТО с учетом вариации интенсивности эксплуатации автомобилей.
3. Установить закономерности влияния условий эксплуатации на расход материалов для ТО автомобилей и разработать математические модели для их описания.
4. Разработать методику определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий и оценить эффект от ее использования.

2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая методика исследований

Общая методика исследований основывается на системном подходе, суть которого заключается в представлении объекта исследований как системы [46]. Укрупненная схема исследований представлена на рис. 2.1

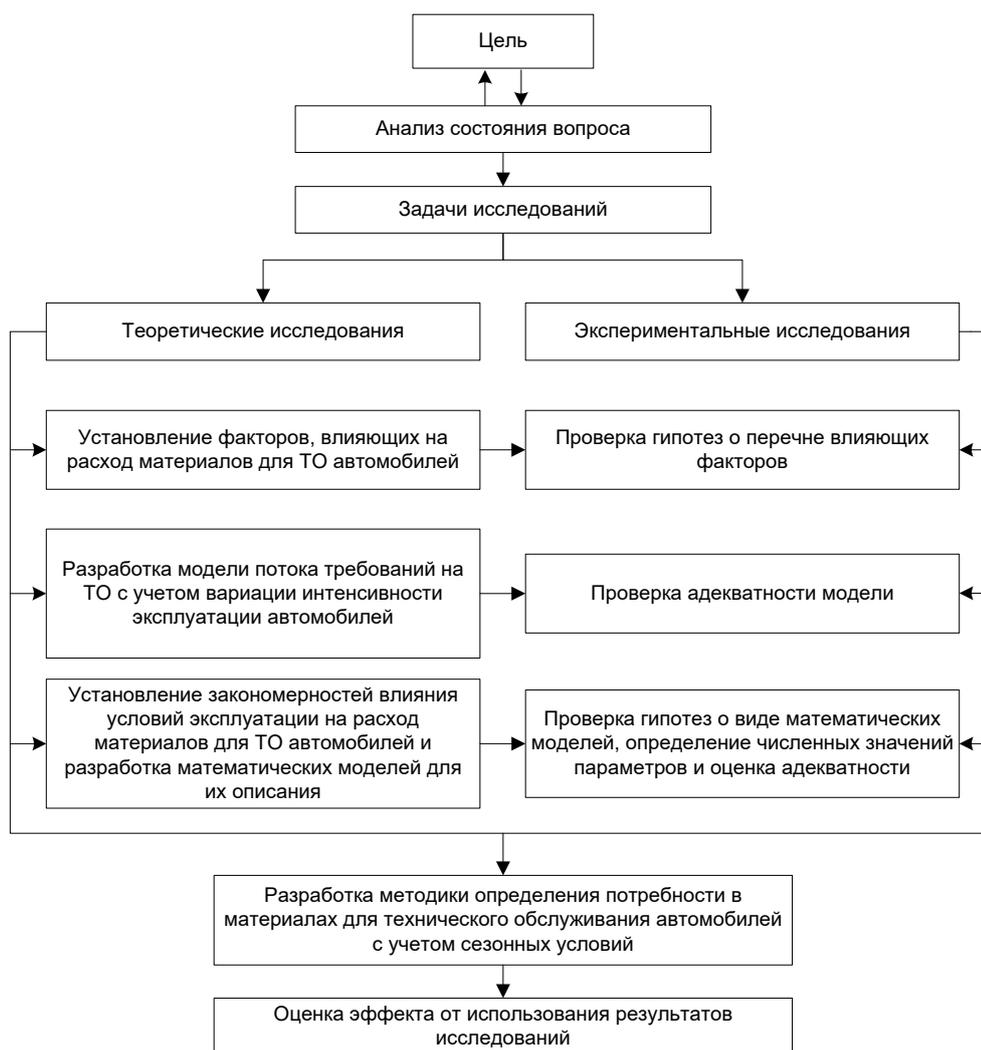


Рисунок 2.1 – Укрупненная схема общей методики исследований

Актуальность исследований по теме диссертационной работы определена в формуле специальности 05.22.10: «Эта область науки включает исследования ... процессов их эксплуатации, технического обслуживания, ... содер-

жит научные, технические и организационные разработки в области ... ресурсосбережение. Значение решения научных и практических проблем ... состоит в ... минимизации затрат ресурсов и потерь, связанных с ними» [102].

Выполненные исследования соответствуют следующим пунктам из области исследования, приведенным в паспорте специальности 05.22.10:

«п. 2. Оптимизация планирования, организации и управления ... технического обслуживания, ... использования программно-целевых и логистических принципов.

п. 12. Эффективность и качество эксплуатационных материалов.

п. 19. Методы ресурсосбережения в автотранспортном комплексе» [102].

Известные методики планирования потребности в ресурсах для ТО автомобилей и управления их запасами недостаточно учитывают вариацию потока требований на ТО. Поэтому необходимы исследования, направленные на разработку теоретических положений и практических рекомендаций по определению размеров запасов материалов для ТО автомобилей при нестационарном потоке требований.

В качестве цели исследований выбрано повышение эффективности использования автомобилей путем разработки методики планирования потребности автотранспортных предприятий в материалах для технического обслуживания с учетом вариации интенсивности и условий эксплуатации.

Для определения задач исследований проведен анализ состояния вопроса, в результате которого изучены результаты ранее выполненных в данном направлении исследований, а также нормативные документы, регламентирующие организацию ТО и планирование затрат на ресурсы для его выполнения.

Решение поставленных задач исследований требует проведение теоретических и экспериментальных исследований.

В теоретических исследованиях разработана целевая функция исследований, установлена структура изучаемой системы, проведен предварительный отбор факторов, влияющих на расход материалов для ТО автомобилей, разработана структура и алгоритм функционирования имитационной модели, позволяющей генерировать поток требований на ТО, выдвинуты гипотезы о виде закономерностей влияния сезонных условий на расход материалов для ТО автомобилей и математических моделей этих закономерностей. При выполнении теоретических исследований использовались следующие методы: системный анализ, априорное ранжирование, имитационное моделирование, гипотетический метод.

Для проверки результатов предварительного отбора факторов, влияющих на расход материалов для ТО, оценки адекватности и определения численных значений параметров математических моделей проведены экспериментальные исследования. При этом выполнен ряд пассивных натурных экспериментов, заключающихся в сборе и анализе информации из базы данных, измерении фактических интенсивностей загрязнения воздушных фильтров. Кроме того, проведен ряд активных вычислительных экспериментов на разработанных имитационных моделях. При подготовке экспериментальных исследований использовались методы планирования эксперимента, при обработке результатов эксперимента – корреляционный, регрессионный и гармонический анализ, проверка статистических гипотез.

Полученные результаты реализованы на практике в виде методики определения размеров запасов материалов для технического обслуживания автомобилей при нестационарном потоке требований. При ее разработке использовались методы управления запасами, имитационного моделирования, оптимизации.

Эффект от использования полученных результатов оценивался по уровню реализации поставленной цели исследований в рамках предложенной

в работе целевой функции. При этом рассматривались и сравнивались существующий вариант планирования и управления запасами ресурсов для ТО автомобилей, а также оптимизированный с использованием разработанной на основе выполненных исследований методики.

Итоги исследований проанализированы и обобщены в разделе «Основные результаты и выводы».

2.2. Целевая функция и структура изучаемой системы

Система снабжения предназначена для обеспечения предприятия материальными ресурсами в необходимом для бесперебойного функционирования объеме. При этом затраты на ее функционирование должны быть минимальными.

Эффективность функционирования изучаемой системы оценивается суммарными затратами C_{Σ} на приобретение, транспортировку, хранение ресурсов, а также а также потерь от вложения средств в оборотный фонд [8, 9, 16, 66, 80, 81, 95, 131, 135, 139, 140]. Поэтому в общем виде целевую функцию для данных исследований можно записать так:

$$C_{\Sigma} - C_{\Sigma \min} \rightarrow 0,$$

где $C_{\Sigma \min}$ – минимально возможные затраты, связанные со снабжением ресурсами для ТО автомобилей.

Для достижения этой цели текущие суммарные затраты должны приближаться к минимально возможным, то есть (рис. 2.2)

$$C_{\Sigma} = C_{\text{пр.}} + C_{\text{тр.}} + C_{\text{хр.}} + C_{\text{оф}} \rightarrow \min,$$

где $C_{\text{пр.}}$ – затраты на приобретение ресурсов;

$C_{\text{тр.}}$ – затраты на транспортировку ресурсов;

$C_{\text{хр.}}$ – затраты на хранение ресурсов;

$C_{\text{оф}}$ – потери, связанные с вложением средств в запасы ресурсов (оборотный фонд).

Учитывая, что в последнем выражении все компоненты затрат и суммарные затраты в общем случае зависят от размера запасов $P_{\text{зап.}}$, можно записать

в развернутом виде целевую функцию следующим образом:

$$C_{\Sigma}(P_{\text{зап.}}) = C_{\text{пр.}}(P_{\text{зап.}}) + C_{\text{тр.}}(P_{\text{зап.}}) + C_{\text{хр.}}(P_{\text{зап.}}) + C_{\text{ОФ}}(P_{\text{зап.}}) \rightarrow \min.$$

В качестве ограничения в целевой функции принимается:

$$\begin{cases} P_{\text{зап.}} > 0 \\ h = 7 \dots 100 \% \\ t = -40 \dots 34 \text{ } ^\circ\text{C} \\ V_T = 15 \dots 60 \text{ км/ч} \end{cases}$$

где h , t , V_T – факторы, влияющие на расход ресурсов: относительная влажность; температура воздуха; средняя техническая скорость.

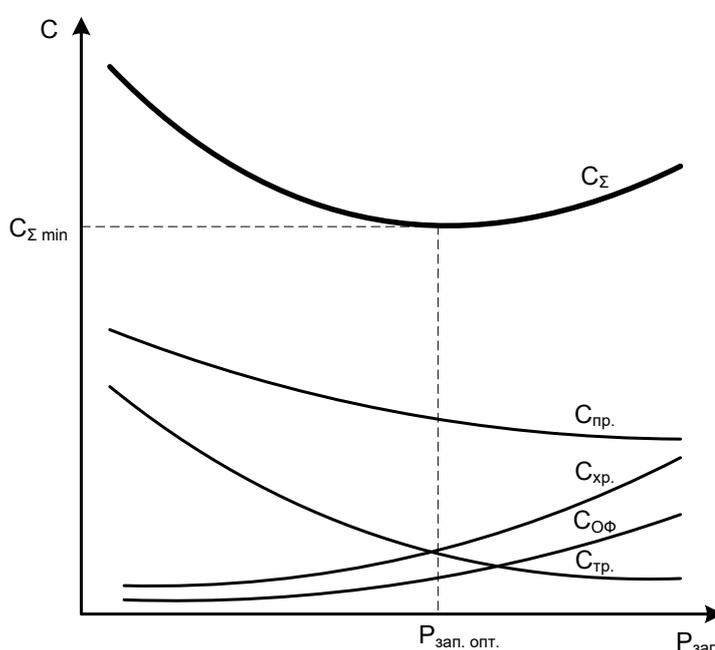


Рисунок 2.2 – Графическая интерпретация целевой функции

Первое ограничение предусматривает постоянное наличие запаса, то есть исключается отсутствие ресурсов и связанные с этим простои автомобилей, а также снижение ресурсов элементов автомобилей из-за несвоевременной замены масел, смазок, фильтрующих элементов и других материалов. Такое ограничение позволяет упростить модель изучаемой системы, так как в этом случае не рассматривается влияние срока службы материалов на увеличение трудоемкости ТО и Р.

Второе, третье и четвертое ограничение определяются интервалами варьирования факторов, влияющих на расход ресурсов. При этом необходимо

Интенсивность эксплуатации определяет приращение наработки и, соответственно, ее величину к заданному моменту времени [46].

От условий эксплуатации и наработки автомобиля зависит режим работы агрегатов и узлов, от которого зависит интенсивность изменения технического состояния. Интенсивность расходования материалов определяется техническим состоянием автомобилей и интенсивностью эксплуатации.

Чем выше интенсивность эксплуатации автомобилей, тем больше их наработка за определённый промежуток времени и, соответственно, большее количество технических обслуживаний необходимо выполнить. Количество обслуживаний определяет потребность в материалах, заменяемых по наработке. Интенсивность расходования материалов и наработка определяют количество случаев замен по состоянию. В совокупности замены по наработке и замены по потребности формируют суммарный расход материалов.

2.3. Закономерности функционирования изучаемой системы

В структуре изучаемой системы (рис. 2.3) необходимо выделить ряд ключевых закономерностей, формирующих расход и вариацию расхода материалов для ТО:

- 1 – 2.1 – изменение по времени условий эксплуатации;
- 1 – 2.2 – изменение по времени интенсивности эксплуатации;
- 2.1 – 3.1 – влияние условий эксплуатации на ресурсы деталей, заменяемых по состоянию;
- 1 – 4.1 – изменение по времени расхода деталей, заменяемых по состоянию;
- 1 – 3.4 – изменение по времени количества ТО по видам и ступеням;
- 1 – 4.2 – изменение по времени расхода материалов, заменяемых по наработке.
- 2.2 – 3.4 – влияние интенсивности эксплуатации и периодичности ТО на количество обслуживаний по видам и ступеням.

Эти закономерности формируют параметры системы снабжения:

- объемы поставок;
- периодичности поставок;
- объемы запасов.

Первые две из перечисленных закономерностей достаточно хорошо изучены, доказано их существование:

– закономерности «1 – 2.1» – в работах Захарова Н.С. и Ракитина А.Н. [44, 46, 111];

– закономерности «1 – 2.2» – в работах Довбни Б.Е. и Захарова Н.С. [33, 43, 44, 46].

Для описания этих закономерностей используются гармонические модели.

Закономерности «2.1 – 3.1» изучены в ряде работ применительно к разным материалам:

– зависимость интенсивности расходования моторного масла от температуры воздуха (Макаров Е.И.) [81];

– влияние температуры воздуха на ресурс автомобильных шин (Захаров Н.С.) [44];

– влияние температуры воздуха на ресурс тормозных колодок (Елесин А.С.) [37]

и другие.

В то же время закономерности «2.1 – 3.1» для ряда других материалов недостаточно изучены. В частности, требует изучения закономерность влияния сезонных условий на ресурс воздушных фильтров, ресурс приводных ремней двигателей.

Рассмотрим закономерности, формирующие ресурс воздушных фильтров. Основная причина замены фильтра – засорение, вызывающее повышенное сопротивление проходящему через него воздуху. На интенсивность засорения влияют ряд факторов, среди которых необходимо выделить те, которые

вливают на пылеобразование: тип дорожного покрытия, температура воздуха, влажность.

На дорогах с твердым покрытием пылеобразование меньше, чем на грунтовых дорогах и дорогах с покрытиями переходного типа. Этот фактор сложно оценить количественно, можно только рассматривать долю пробега по дорогам с твердым покрытием. Очевидно, что чем выше эта доля, тем ниже интенсивность загрязнения фильтра. Предположительно эта зависимость описывается линейной моделью.

Температура воздуха – один из важнейших факторов, определяющих интенсивность пылеобразования. Чем выше температура, тем большее количество пыли присутствует на дорожном покрытии и в воздухе. Предположительно, при повышении температуры воздуха интенсивность загрязнения фильтров увеличивается линейно.

Влажность можно характеризовать относительной влажностью воздуха (%), количеством осадков (мм), долей дней с осадками. Чем выше показатели влажности, тем меньше интенсивность загрязнения. Предположительно, эта зависимость линейная.

Далее рассмотрим влияние факторов на ресурс приводных ремней. Интенсивность расходования ресурса и, соответственно, интенсивность отказов приводных ремней зависит от передаваемого момента, а также от их температуры. Для северных регионов характерно существенное увеличение передаваемого ремнем момента при понижении температуры, так как увеличивается вязкость смазочных материалов и момент сопротивления вращению валов приводимых агрегатов. Кроме того, изменение температуры окружающей среды ведет к изменению рабочей температуры ремня и свойств его материалов, определяющих ресурс. Таким образом, влияние температуры воздуха на интенсивность отказов приводных ремней может быть описано одной из двух моделей, представленных на рис. 2.4. Квадратичная модель (2) адекватна в том

случае, если превалирует влияние температуры на прочностные свойства материала, а обратная линейная (1) – в случае более сильного влияния температуры на изменение передаваемого момента.

Следующие три из перечисленных закономерностей «1 – 4.1», «1 – 3.4» и «1 – 4.2» представляют собой ряды динамики (временные ряды). Их существование обусловлено закономерностями «1 – 2.1» и «1 – 2.2».

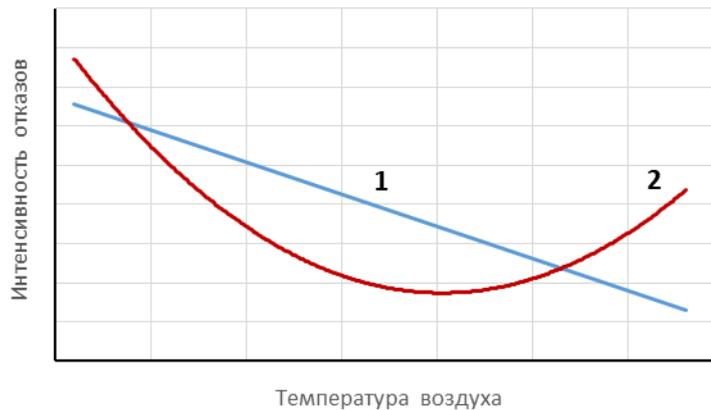


Рисунок 2.4 – Предполагаемый вид математической модели влияния температуры воздуха на интенсивность отказов приводных ремней

При изучении этих закономерностей сначала нужно выявить их наличие. Обычно такие зависимости связаны с сезонными изменениями влияющих факторов и описываются гармоническими моделями. Поэтому для оценки значимости изменения по времени рассматриваемых параметров можно воспользоваться методом, предусматривающим линеаризацию гармонической модели. Рассмотрим этот подход на примере расхода по времени материалов для ТО.

Для описания закономерности изменения по времени расхода материалов для ТО можно использовать гармонический ряд следующего вида [44]:

$$P = P_C + \sum_{j=1}^n P_j \cos(m(jT_i - T_j)) + P_P, \quad (2.1)$$

где P_C – постоянная компонента расхода;

j – номер гармоники;

n – число гармоник;

P_j – полуамплитуда изменения j -й гармоники;

T_i – текущее время, месяцы;

m – разница между T_i и T_{i+1} , угловые градусы;

T_j – начальная фаза гармоники j , месяцы;

P_P – случайная компонента.

Оценка значимости сезонных изменений расхода проводилась путем линеаризации гармоник заменой переменных [46]:

$$P = \sum_{j=1}^n P_j z_j, \text{ где } z_j = \text{Cos}(m(jT_i - T_j)).$$

При цикле вариации расхода материалов, равном 12 месяцам, условие значимости гармоники, проверенное по коэффициенту корреляции расхода и переменной z_j , имеет вид [46]:

$$t_r = \frac{3,16 |r_{P/z}|}{\sqrt{1-r_{P/z}^2}} \geq t_\alpha, \quad (2.2)$$

где t_α – критическое значение статистики Стьюдента для вероятности α .

Закономерность «2.2 – 3.4 – влияние интенсивности эксплуатации и периодичности ТО на количество обслуживаний по видам и ступеням» хорошо изучена, но в основном с использованием детерминированного подхода. Например, при использовании циклового метода количество ТО-1 N_1 и ТО-2 N_2 за цикл рассчитывается, исходя из пробега автомобилей за цикл L_K , количества капитальных ремонтов N_K и соответствующих периодичностей ТО L_1 и L_2 [52, 94]:

$$N_2 = \frac{L_K}{L_2} - N_K; \quad N_1 = \frac{L_K}{L_1} - (N_K + N_2).$$

Как видно из последних формул, количество обслуживаний прямо пропорционально пробегу за цикл и обратно пропорционально периодичности ТО. Детерминированный подход можно использовать только с определенными допущениями: постоянная интенсивность эксплуатации, постоянное значение периодичности ТО. На практике интенсивность эксплуатации варьирует как для разных автомобилей, так и в течение года. Фактическая перио-

дичность ТО также существенно отличается от нормативной. Поэтому процесс формирования потока требований на ТО – стохастический. В этой связи, исходя из приведенных выше формул, предположим, что количество ТО зависит от интенсивности эксплуатации линейно, причем чем меньше периодичность ТО, тем сильнее увеличивается количество технических воздействий при возрастании интенсивности эксплуатации (рис. 2.5).

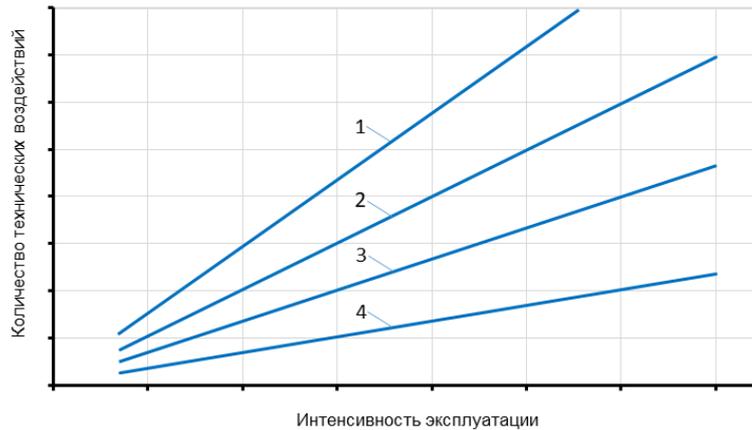


Рисунок 2.5 – Предполагаемый вид зависимости количества обслуживаний от интенсивности эксплуатации автомобилей и периодичности ТО: 1 – ТО с наименьшей периодичностью; ... ; 4 – ТО с наибольшей периодичностью

При изменении периодичности ТО количество воздействий изменяется по гиперболе (рис. 2.6).

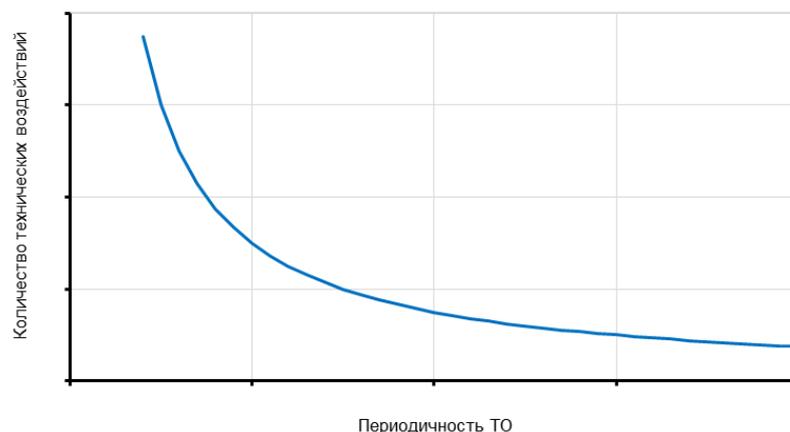


Рисунок 2.6 – Гипотеза о закономерности периодичности ТО на количество обслуживаний

Если же рассмотреть обобщенную зависимость количества ТО от интенсивности эксплуатации автомобилей l и периодичности $L_{\text{ТО}}$, то целесообразно использовать отношение годового пробега автомобилей к периодичности ТО. Очевидно, что эта зависимость линейна (рис. 2.7).

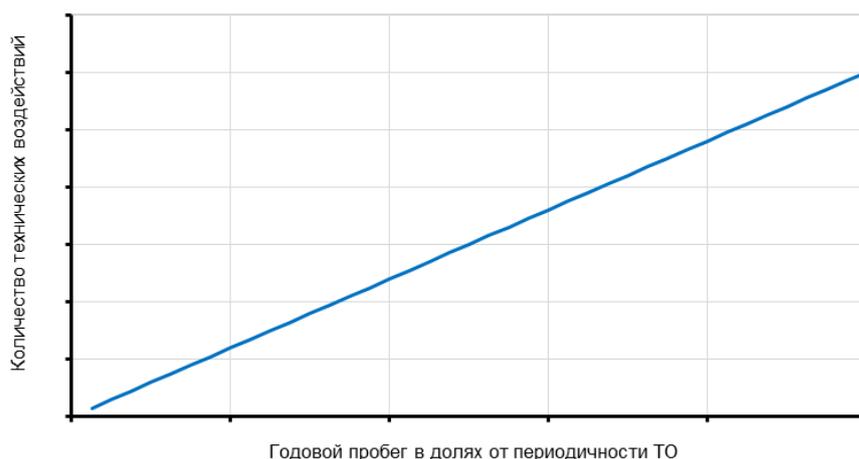


Рисунок 2.7 – Гипотеза о закономерности влияния годового пробега автомобилей в долях периодичности ТО на количество обслуживаний

Таким образом, модели рассматриваемых зависимостей имеют вид:

$$N_{\text{ТО}} = a_0 + a_1 l;$$

$$N_{\text{ТО}} = b_0 + \frac{b_1}{L_{\text{ТО}}};$$

$$N_{\text{ТО}} = A_0 + A_1 l + A_2 / L_{\text{ТО}},$$

где $a_0, a_1, b_0, b_1, A_0, A_1, A_2$ – эмпирические коэффициенты.

Обобщенная модель имеет вид:

$$N_{\text{ТО}} = A_0 + A_1 l / L_{\text{ТО}}.$$

При стохастическом процессе необходимо, кроме средних значений количества ТО за определенные периоды времени, знать еще и коэффициент вариации. Вариация значений относительно среднего связана со случайностью процесса поступления автомобилей на ТО. Чем больше количество воздей-

ствий, тем меньше случайная компонента. Например, по данным [42] при изменении размера парка подвижного состава на предприятии со 100 ед. до 1000 ед. коэффициент неравномерности поступления автомобилей в текущий ремонт изменяется с 1,6 до 1,1.

При увеличении интенсивности эксплуатации количество технических воздействий увеличивается, следовательно, коэффициент вариации снижается. При уменьшении периодичности ТО количество воздействий также увеличивается, и коэффициент вариации снижается. Например, коэффициент вариации количества ТО-1 должен быть меньше, чем ТО-2, имеющего большую периодичность (рис. 2.8).

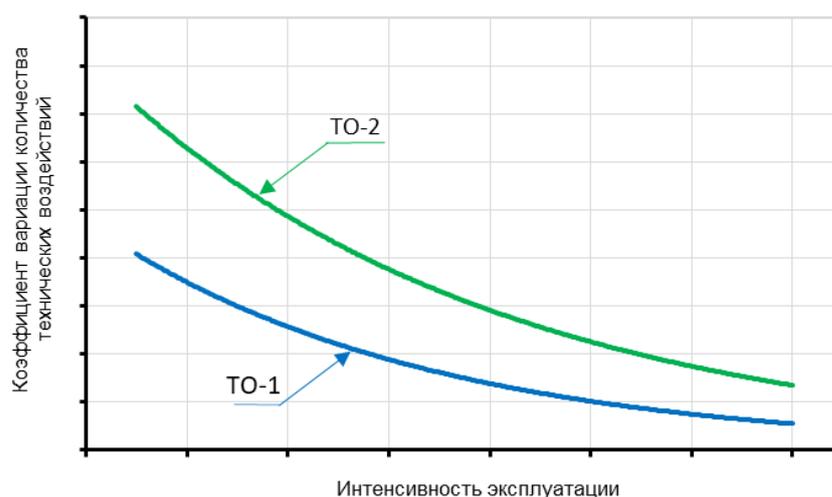


Рисунок 2.8 – Влияние интенсивности эксплуатации и периодичности ТО на коэффициент вариации количества технических воздействий

Для описания рассматриваемой зависимости можно использовать одну из трех моделей – экспоненциальную, степенную или логарифмическую:

$$V_{N_{\text{ТО}}} = a_0 e^{-a_1 l};$$

$$V_{N_{\text{ТО}}} = a_0 l^{-a_1};$$

$$V_{N_{\text{ТО}}} = a_0 + a_1 \ln(l),$$

где a_0, a_1 – эмпирические коэффициенты.

Выбор лучшей из них необходимо сделать на основе дискриминационного анализа по результатам эксперимента.

Обобщенный вид рассматриваемой зависимости представлен на рис. 2.9. Для ее описания предполагается использовать степенную модель:

$$V_{N_{TO}} = a_0 \left(\frac{l}{L_{TO}} \right)^{a_1},$$

где a_0, a_1 – эмпирические коэффициенты.

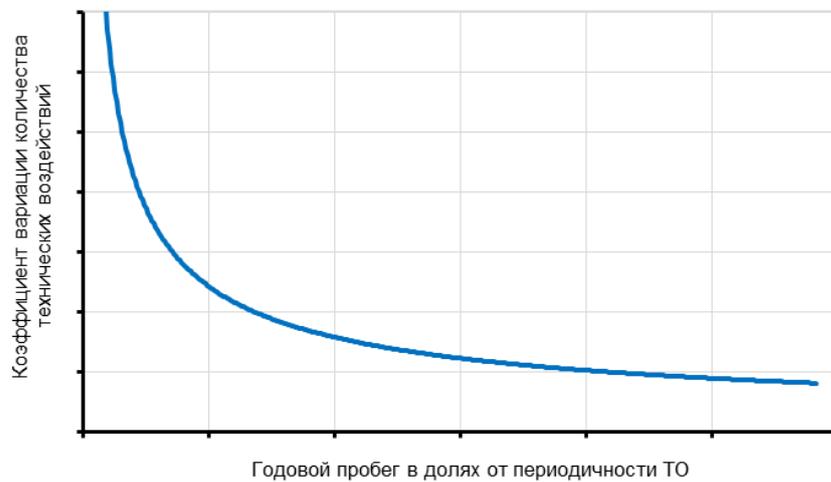


Рисунок 2.9 – Обобщенная зависимость коэффициента вариации количества технических воздействий от годового пробега в долях периодичности ТО

Обобщенная зависимость коэффициента вариации количества технических воздействий от периодичности ТО в долях от годового пробега представлена на рис. 2.10. Для ее описания предполагается использовать логарифмическую модель:

$$V_{N_{TO}} = a_0 + a_1 \ln \left(\frac{L_{TO}}{l} \right),$$

где a_0, a_1 – эмпирические коэффициенты.

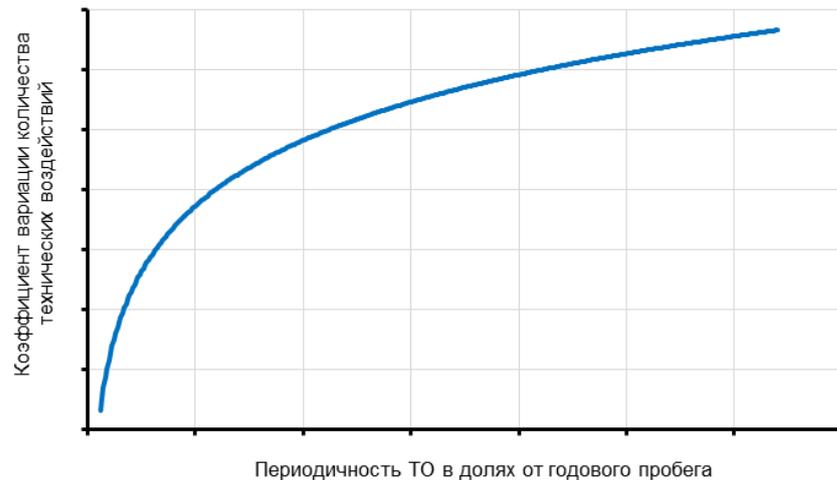


Рисунок 2.10 – Обобщенная зависимость коэффициента вариации количества технических воздействий от периодичности ТО в долях от годового пробега

Таким образом, на основе теоретических исследований выдвинуты гипотезы о виде закономерностей функционирования изучаемой системы и моделях для их описания.

2.4. Предварительный отбор факторов, влияющих на потребность в ресурсах для ТО автомобилей

Для предварительного отбора в качестве исходного перечня используем факторы, приведенные в классификации Кузнецова Е.С. и соавторов [124], уточненной и расширенной в работе Вознесенского А.В. (рис. 1.8) [14].

Для рациональной организации снабжения материалами необходимо знать не только средние расходы по всем пунктам номенклатуры, но и вариацию расходов. В этой связи рассмотрим факторы, влияющие как на расход, так и его вариацию для материалов, заменяемых как по наработке, так и по состоянию. То есть необходимо рассмотреть четыре группы факторов.

Факторы, влияющие на расход ресурсов, заменяемых по наработке.

Расход ресурсов, заменяемых по наработке, зависит от периодичности замен, количества автомобилей в парке и интенсивности их эксплуатации. Пе-

риодичность замены зависит от совершенства конструкции и технологии изготовления (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Исходный перечень факторов, влияющих на потребность в ресурсах для ТО автомобилей

Наименования факторов	Влияние (+) или отсутствие влияния (–) на расход / вариацию расхода ресурсов, заменяемых	
	по наработке	по состоянию
Конструктивные		
Совершенство конструкции	+ / –	+ / +
Сложность конструкции	+ / –	+ / +
Унификация	+ / +	+ / +
Технология изготовления	+ / –	+ / +
Эксплуатационные		
Интенсивность эксплуатации	+ / +	+ / +
Качество вождения	– / –	+ / +
Транспортные, дорожные, климатические условия	+ / +	+ / +
Технологические		
Качество ТО и ремонта	– / –	+ / +
Качество материальных ресурсов	– / –	+ / +
Обеспеченность производственными площадями и технологическим оборудованием	– / –	+ / +
Способ межсменного хранения подвижного состава	– / –	+ / +
Организационные		
Возрастная структура парка	– / –	+ / +
Однородность парка по маркам и моделям	– / +	+ / +
Уровень концентрации подвижного состава	+ / +	+ / +
Учет работы подвижного состава	+ / –	+ / +
Удаленность от источников ресурсов	+ / –	+ / –

Периодичность корректируется в зависимости от условий эксплуатации (транспортных, дорожных, климатических). Кроме того, фактическая периодичность может существенно отличаться от нормативной [82]. Величина этого отличия зависит от условий эксплуатации и уровня организации учета работы подвижного состава. Запасы ресурсов зависят от расстояния до источника их получения.

Номенклатура используемых материалов определяется сложностью конструкции и унификацией.

Таким образом, анализ показал, что перечень факторов, влияющих на расход ресурсов, заменяемых по наработке, включает восемь наименований (табл. 2.1). Для предварительного отбора наиболее значимых из них выполнен экспертный анализ по методике априорного ранжирования, изложенной в [74].

Для проведения экспертного анализа выбраны десять экспертов – специалистов в области эксплуатации автомобилей. Разработана анкета. Экспертам предложено проранжировать предложенные в ней факторы в порядке убывания значимости. Результаты опроса экспертов представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты экспертного опроса по оценке значимости факторов, влияющих на расход ресурсов, заменяемых по наработке

Наименования факторов	Ранги, выставленные экспертами									
	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6	Эксперт 7	Эксперт 8	Эксперт 9	Эксперт 10
Совершенство конструкции	1	4	3	4	1	4	5	5	4	4
Сложность конструкции	8	5	9	5	7	9	6	6	5	7
Унификация	9	6	5	6	9	7	7	7	8	5
Технология изготовления	7	7	6	7	6	6	8	8	7	6
Интенсивность эксплуатации	2	1	2	1	3	2	2	1	1	3
Транспортные, дорожные, климатические условия	5	3	1	2	5	5	3	2	3	2
Уровень концентрации подвижного состава	3	2	4	3	2	3	1	3	2	1
Учет работы подвижного состава	4	9	8	9	4	1	9	9	9	8
Удаленность от источников ресурсов	6	8	7	8	8	8	4	4	6	9
СУММА	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45

Полученные результаты обработаны. По каждому фактору рассчитана сумма рангов, средний ранг, а также определены приоритеты. Рассчитаны веса

факторов, показывающие долю изменения расхода ресурсов, связанную с каждым фактором (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Ранги и веса факторов, определяющих расход ресурсов, заменяемых по наработке

Наименования факторов	Суммы оценок	Средние оценки	Ранги	Веса факторов
X1 – Совершенство конструкции	35	3,50	4	0,13
X2 – Сложность конструкции	67	6,70	5	0,11
X3 – Унификация	69	6,90	8	0,04
X4 – Технология изготовления	68	6,80	6	0,09
X5 – Интенсивность эксплуатации	18	1,80	1	0,20
X6 – Транспортные, дорожные, климатические условия	31	3,10	3	0,16
X7 – Уровень концентрации подвижного состава	24	2,40	2	0,18
X8 – Учет работы подвижного состава	70	7,00	9	0,02
X9 – Удаленность от источников ресурсов	68	6,80	7	0,07
СУММА	450	45	45	1,000
СРЕДНЕЕ	50,00	5,00	5,00	0,111

На основе полученных результатов построена априорная диаграмма рангов факторов (рис. 2.11). На ней в графическом виде показаны суммы рангов по каждому фактору, а также средняя сумма рангов. Факторы, сумма рангов для которых ниже средней суммы, считаются наиболее значимыми.

Таким образом, наиболее значимыми являются следующие факторы:

- 1 – интенсивность эксплуатации;
- 2 – уровень концентрации подвижного состава;
- 3 – транспортные, дорожные, климатические условия;
- 4 – совершенство конструкции.

Согласованность мнений экспертов проверена по коэффициенту конкордации. Поскольку значение коэффициента конкордации $W = 0,664 > 0,5$, то мнения экспертов считаются согласованными [74]. Значимость коэффициента

конкордации проверена по критерию Пирсона. Численное значение статистики Пирсона составило 79,68. Оно превышает предельное значение, равное 15,51, с вероятностью выше 0,95. Поэтому коэффициент конкордации значим с вероятностью выше 0,95.

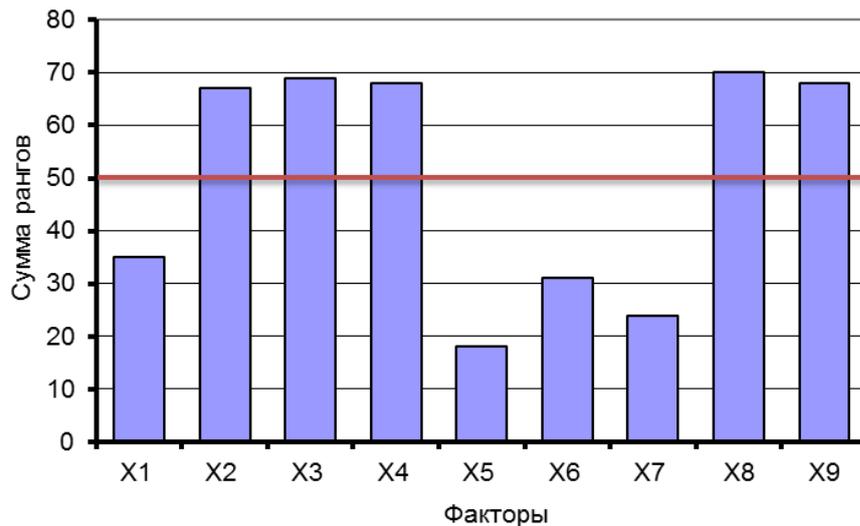


Рисунок 2.11 – Априорная диаграмма рангов факторов, влияющих на расход ресурсов, заменяемых по наработке

Факторы, влияющие на вариацию расхода ресурсов, заменяемых по наработке.

Вариация расхода ресурсов определяется в рассматриваемом случае производственной программой по ТО. Чем выше количество технических воздействий в единицу времени, тем меньше вариация их количества. Исходя из этой закономерности, в частности, установлен коэффициент неравномерности поступления автомобилей в зону ТО и Р при расчете количества постов [33, 42, 92]. Кроме того, вариация потребности в материалах зависит от вариации интенсивности эксплуатации во времени. С увеличением интенсивности эксплуатации растет количество требований на ТО [33].

Анализ перечня факторов, влияющих на вариацию расхода ресурсов, позволил сформировать исходный перечень:

– унификация – чем выше уровень унификации в конструкции автомобиля, а также с автомобилями других моделей и марок, тем меньше номенклатура ресурсов и выше их расход, что ведет к снижению вариации потребности;

– интенсивность эксплуатации – чем выше средняя интенсивность эксплуатации, тем меньше вариация расхода ресурсов из-за увеличения количества технических воздействий; чем выше вариация интенсивности эксплуатации по времени, тем выше вариация потребности в ресурсах;

– транспортные, дорожные, климатические условия – условия эксплуатации определяют нормативную и фактическую периодичности ТО, влияя через них на количество ТО;

– однородность парка по маркам и моделям – чем однороднее парк, тем уже номенклатура ресурсов, больше расход и меньше вариация расхода;

– уровень концентрации подвижного состава – чем больше число автомобилей в парке, тем больше расход и меньше вариация расхода ресурсов.

Результаты экспертной оценки влияния этих факторов на вариацию расхода ресурсов приведены в табл. 2.4, априорная диаграмма рангов приведена на рис. 2.12.

Проверка по коэффициенту конкордации показала согласованность мнений экспертов ($W = 0,620$), уровень его значимости превышает 0,95.

Таким образом, наиболее значимыми являются следующие факторы:

1 – интенсивность эксплуатации;

2 – транспортные, дорожные, климатические условия;

3 – уровень концентрации подвижного состава.

Факторы, влияющие на расход ресурсов, заменяемых по состоянию.

Расход ресурсов, заменяемых по состоянию, определяется наработками до предельного состояния и общим пробегом автомобилей за рассматриваемый период.

Таблица 2.4 – Ранги и веса факторов, определяющих вариацию расхода ресурсов, заменяемых по наработке

Наименования факторов	Суммы оценок	Средние оценки	Ранги	Веса факторов
X1 – Унификация	45	4,50	5	0,07
X2 – Интенсивность эксплуатации	18	1,80	1	0,33
X3 – Транспортные, дорожные, климатические условия	19	1,90	2	0,27
X4 – Однородность парка по маркам и моделям	41	4,10	4	0,13
X5 – Уровень концентрации подвижного состава	27	2,70	3	0,20
СУММА	150	15	15	1,000
СРЕДНЕЕ	30	3	3	0,2

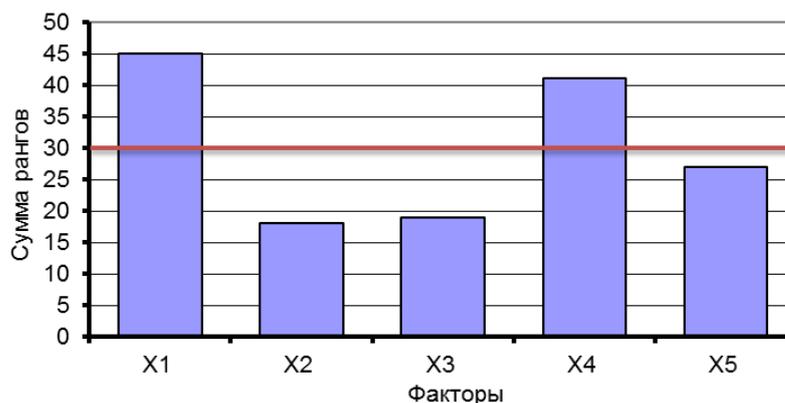


Рисунок 2.12 – Априорная диаграмма рангов факторов, влияющих на вариацию расхода ресурсов, заменяемых по наработке

Наработки до предельного состояния зависят от следующих факторов:

- совершенство конструкции;
- технология изготовления;
- качество вождения;
- транспортные, дорожные, климатические условия;
- качество ТО и ремонта;
- качество материальных ресурсов;
- обеспеченность производственными площадями и технологическим оборудованием;

- способ межсменного хранения подвижного состава;
- возрастная структура парка.

На общий пробег автомобилей влияют:

- интенсивность эксплуатации;
- уровень концентрации подвижного состава;
- учет работы подвижного состава.

На номенклатуру материалов влияют следующие факторы:

- сложность конструкции;
- унификация;
- однородность парка по маркам и моделям.

Фактор «Удаленность от источников ресурсов» влияет на размер страхового запаса.

Результаты априорного ранжирования этих факторов приведены в табл. 2.5, априорная диаграмма рангов факторов – на рис. 2.6.

Таблица 2.5 – Ранги и веса факторов, определяющих расход ресурсов, заменяемых по состоянию

Наименования факторов	Суммы оценок	Средние оценки	Ранги	Веса факторов
1	2	3	4	5
X1 – Совершенство конструкции	20	2,00	2	0,11
X2 – Сложность конструкции	91	9,10	10	0,05
X3 – Унификация	128	12,80	12	0,04
X4 – Технология изготовления	130	13,00	13	0,03
X5 – Интенсивность эксплуатации	30	3,00	3	0,10
X6 – Качество вождения	141	14,10	16	0,01
X7 – Транспортные, дорожные, климатические условия	40	4,00	4	0,10
X8 – Качество ТО и ремонта	64	6,40	5	0,09
X9 – Качество материальных ресурсов	81	8,10	8	0,07
X10 – Обеспеченность производственными площадями и технологическим оборудованием	69	6,90	6	0,08
X11 – Способ межсменного хранения подвижного состава	88	8,80	9	0,06
X12 – Возрастная структура парка	69	6,90	7	0,07

Продолжение таблицы 2.5

1	2	3	4	5
X13 – Однородность парка по маркам и моделям	117	11,70	11	0,04
X14 – Уровень концентрации подвижного состава	19	1,90	1	0,12
X15 – Учет работы подвижного состава	138	13,80	15	0,01
X16 – Удаленность от источников ресурсов	135	13,50	14	0,02
СУММА	1360	136	136	1,000
СРЕДНЕЕ	85,00	8,50	8,50	0,063

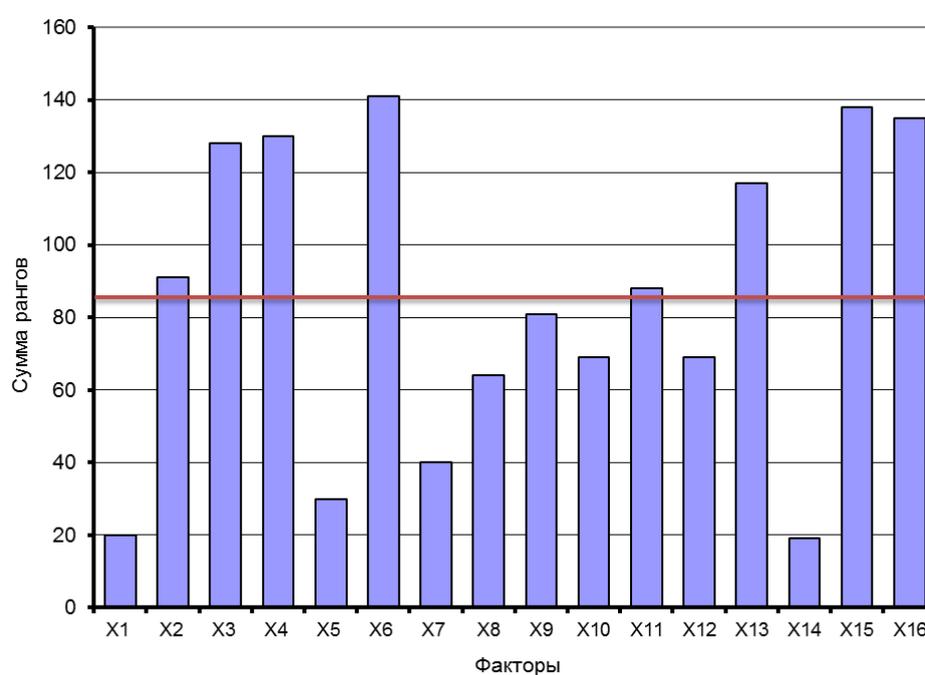


Рисунок 2.13 – Априорная диаграмма рангов факторов, влияющих на расход ресурсов, заменяемых по состоянию

Мнения экспертов согласованы ($W=0,823$), коэффициент конкордации значим с вероятностью 0,95.

Таким образом, наиболее значимыми являются следующие факторы.

1. Уровень концентрации подвижного состава.
2. Совершенство конструкции.
3. Интенсивность эксплуатации.
4. Транспортные, дорожные, климатические условия.

5. Качество ТО и ремонта.
6. Обеспеченность производственными площадями и технологическим оборудованием.
7. Возрастная структура парка.
8. Качество материальных ресурсов.

Факторы, влияющие на вариацию расхода ресурсов, заменяемых по состоянию.

Вариация расхода ресурсов, заменяемых по состоянию, связана с вариацией наработок на замену и вариацией пробегов автомобилей за рассматриваемый период времени.

Наработки на замену зависят от качества автомобиля, определяемого совершенством и сложностью конструкции, технологией изготовления, а также условий эксплуатации (X6, X7, X10, X11 в табл. 2.6), возрастной структуры парка.

Вариация общего пробега автомобиля за рассматриваемый период определяется вариацией интенсивности эксплуатации, уровнем концентрации подвижного состава, организацией учета работы подвижного состава (использование автомобилей не по назначению, объективность данных о фактическом пробеге). Вариация потребности по номенклатуре зависит от унификации конструкций автомобилей и однородности парка по маркам и моделям.

Результаты априорного ранжирования факторов приведены в табл. 2.6, априорная диаграмма рангов представлена на рис. 2.14.

Таблица 2.6 – Ранги и веса факторов, определяющих вариацию расхода ресурсов, заменяемых по состоянию

Наименования факторов	Суммы оценок	Средние оценки	Ранги	Веса факторов
1	2	3	4	5
X1 – Совершенство конструкции	86	8,60	9	0,06
X2 – Сложность конструкции	104	10,40	10	0,05

Продолжение табл. 2.6

1	2	3	4	5
X3 – Унификация	125	12,50	14	0,02
X4 – Технология изготовления	118	11,80	12	0,03
X5 – Интенсивность эксплуатации	26	2,60	1	0,13
X6 – Качество вождения	114	11,40	11	0,04
X7 – Транспортные, дорожные, климатические условия	30	3,00	3	0,11
X8 – Качество ТО и ремонта	76	7,60	8	0,07
X9 – Качество материальных ресурсов	122	12,20	13	0,03
X10 – Обеспеченность производственными площадями и технологическим оборудованием	75	7,50	7	0,08
X11 – Способ межсменного хранения подвижного состава	72	7,20	6	0,08
X12 – Возрастная структура парка	39	3,90	4	0,10
X13 – Однородность парка по маркам и моделям	41	4,10	5	0,09
X14 – Уровень концентрации подвижного состава	28	2,80	2	0,12
X15 – Учет работы подвижного состава	144	14,40	15	0,01
СУММА	1200	120	120	1,000
СРЕДНЕЕ	80,00	8,00	8,00	0,067

Поскольку значение коэффициента конкордации $W = 0,804 > 0,5$, то мнения экспертов считаются согласованными. Значимость коэффициента конкордации превышает 0,95.

Таким образом, наиболее значимыми являются следующие факторы.

1. Интенсивность эксплуатации.
2. Уровень концентрации подвижного состава.
3. Транспортные, дорожные, климатические условия.
4. Возрастная структура парка.
5. Однородность парка по маркам и моделям.
6. Способ межсменного хранения подвижного состава.
7. Обеспеченность производственными площадями и технологическим оборудованием.
8. Качество ТО и ремонта.

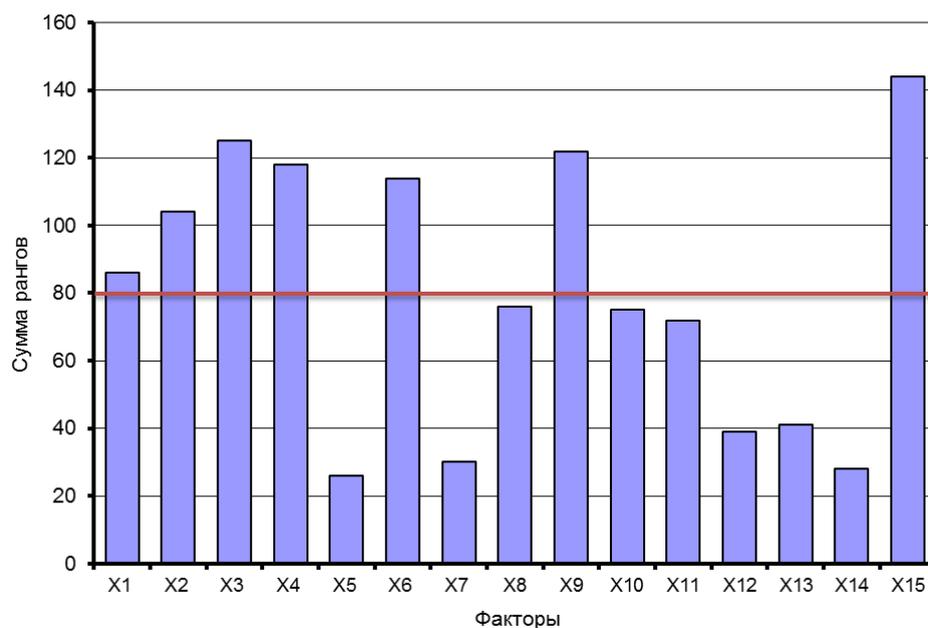


Рисунок 2.14 – Априорная диаграмма рангов факторов, влияющих на вариацию расхода ресурсов, заменяемых по состоянию

Таким образом, результаты экспертного анализа факторов позволили выполнить предварительную оценку их значимости (табл. 2.7).

Далее результаты отбора факторов необходимо проверить на основе пассивного эксперимента в условиях автотранспортных предприятий.

Таблица 2.7 – Предварительный перечень факторов, влияющих на потребность в материалах для технического обслуживания автомобилей

Наименования факторов	Влияние (+) или отсутствие влияния (-) на расход / вариацию расхода ресурсов, заменяемых	
	по наработке	по состоянию
1	2	3
Конструктивные		
Совершенство конструкции	+/-	+/-
Эксплуатационные		
Интенсивность эксплуатации	++	++
Транспортные, дорожные, климатические условия	++	++
Технологические		
Качество ТО и ремонта	-/-	++
Качество материальных ресурсов	-/-	+/-

Продолжение табл. 2.7

1	2	3
Обеспеченность производственными площадями и технологическим оборудованием	-/-	+/+
Способ межсменного хранения подвижного состава	-/-	-/+
Организационные		
Возрастная структура парка	-/-	+/+
Однородность парка по маркам и моделям	-/-	-/+
Уровень концентрации подвижного состава	+/+	+/+

Как видно из таблицы, перечень факторов достаточно обширен, и изучить их влияние на процесс расходования материалов для ТО автомобилей в рамках одной диссертационной работы не представляется возможным. Поэтому далее рассматриваются только факторы, непосредственно связанные с заявленной темой диссертации, а именно факторы, меняющиеся сезонно.

2.5. Закономерности формирования потока требований на ТО

Существующие методы определения производственной программы по техническому обслуживанию не позволяют получить достаточно точный результат. Обусловлено это следующими причинами.

1. В качестве исходных данных используются обычно нормативные значения периодичности ТО, а на практике они не всегда выполняются по разным причинам.

Во-первых, периодичность ТО условно можно разделить на три компоненты:

$$L^{(TO)} = L_C^{(TO)} + L_T^{(TO)} + L_P^{(TO)},$$

где $L_C^{(TO)}$ – постоянная или трендовая компонента;

$L_T^{(TO)}$ – периодическая компонента;

$L_P^{(TO)}$ – случайная компонента.

В расчетах обычно принимается $L_C^{(TO)} = const$, $L_T^{(TO)} = 0$, $L_P^{(TO)} = 0$, хотя в нор-

мативных документа оговаривается случайная компонента, например, в «Положении о ТО и Р ...» допускается отклонение от нормативной периодичности $\pm 10\%$, в сервисных книжках автомобилей часто допускается отклонение ± 1000 км.

Кроме того, периодичность операций ТО меняется с «возрастом» автомобилей. Один из вариантов – уменьшение периодичности с увеличением наработки подвижного состава. Второй, реализованный в сервисных книжках современных автомобилей, предусматривает при постоянной периодичности изменение перечня операций при разных наработках. То есть в общем случае $L_C^{(TO)} = f(L)$.

Условия эксплуатации, меняясь по времени, влияют на интенсивность изменения технического состояния автомобилей, и это требует сезонного корректирования периодичности ТО. В настоящее время это факт не нашел должного отражения в нормативных документах, за исключением только сезонного обслуживания.

2. Изменение во времени интенсивности эксплуатации ведет к изменению потребности в технических обслуживаниях.

Интенсивность эксплуатации зависит от многих факторов. С одной стороны, ее определяет потенциальный объем работ, с другой – возможность его реализации. Для некоторых секторов экономики характерны сезонные изменения объёмов работ, ведущие к вариации потенциального объема перевозок (аграрный сектор, лесная промышленность). Возможность реализации потенциальных объемов транспортной работы определяется, главным образом, условиями эксплуатации автомобилей. К ним относятся низкие температуры воздуха, сезонные изменения дорожных условий (переувлажнение грунтовых дорог, снежные заносы, транспортное сообщение только по зимникам) [33]. Интенсивности эксплуатации, меняясь по сезонам, вызывает изменение потребности в ТО. Используемые на предприятиях методы планирования производственной программы по ТО учитывают это обстоятельство недостаточно.

Следствие – недостаток постов ТО, превышение нормативной периодичности ТО, снижение надежности автомобилей [33].

3. Не всегда адекватно учитываются условия возникновения требований на проведение ТО: часть операций выполняется по наработке, часть – по состоянию, часть – по времени, часть по наработке или времени – что наступит раньше.

Требование на ТО генерируется при достижении или превышении нормативного пробега до ТО. Для некоторых операций или для некоторых видов ТО лимитируется время до очередного ТО. Еще один вариант – использование принципа: «Что наступит раньше». Если раньше достигается установленный пробег, ТО проводится по наработке, если интенсивность эксплуатации недостаточно высокая – по времени [26]. К типичным операциям, выполняемым через определенный интервал времени, относится замена охлаждающей жидкости [4].

4. Рассматриваются, как правило, двухступенчатые системы ТО, включающие ТО-1 и ТО-2, также ЕО и СО [94, 99]. Но в настоящее время для автомобилей предусмотрено большее число ступеней. Например, для автомобилей Урал-4320 ТО-1 включает два перечня операций (рис. 2.15), выполняемых при четных и нечетных обслуживании, для ТО-2 предусмотрены пять различных перечней. При этом перечни ТО-2-1 и ТО-2-5 совпадают, а каждое 2-е, 3-е, 4-е и 6-е отличаются от них как по перечню операций, так и по трудоемкости [4].

5. Наблюдается долговременная устойчивая тенденция к увеличению периодичности ТО (рис. 2.16). Так, если по последнему Положению ... [107] для грузовых автомобилей максимальная периодичность ТО-1 составляла 3 тыс. км, а ТО-2 – 12 тыс. км, то в настоящее время ведущие мировые производители рекомендуют проводить ТО через 50 ... 120 тыс. км. Кроме того, например, для автомобиля Урал-4320 ТО-2-6 проводится через 96 тыс. км [4], а для автобусов IVECO DAILY ТО-10 проводится через 200 тыс. км [136], то есть не каждый год, а через 1 ... 3 года. Это создает сложности для расчета месячной

и годовой производственных программ.

6. С увеличением возраста автомобилей интенсивность их эксплуатации падает.

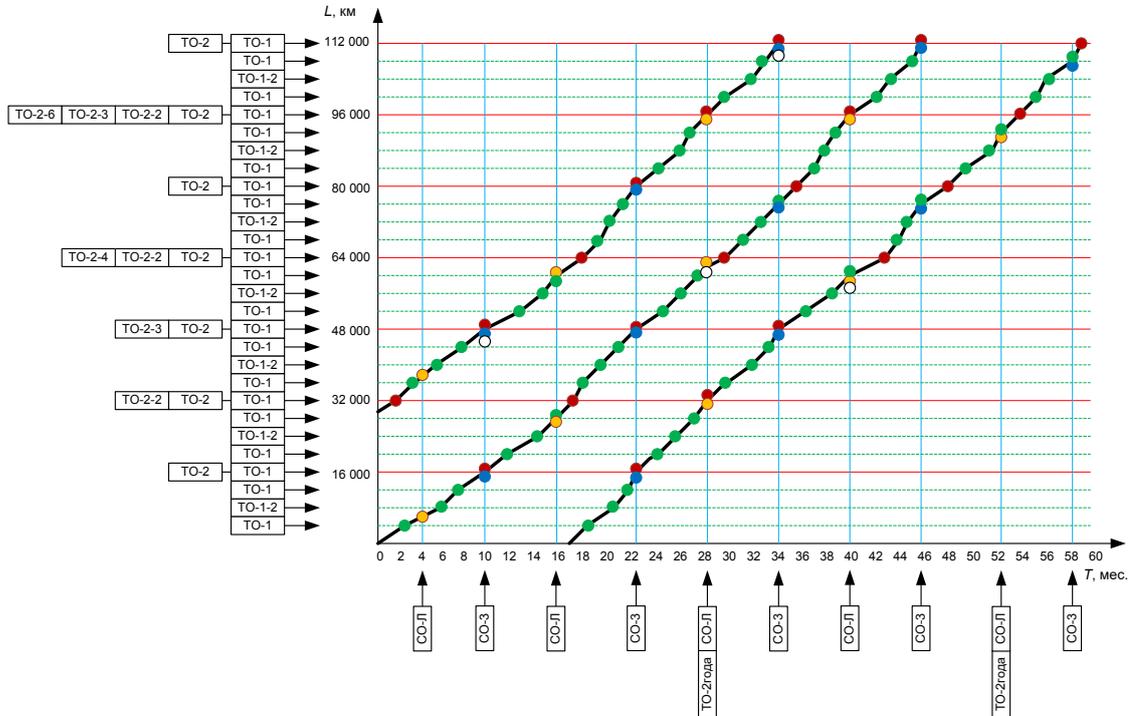


Рисунок 2.15 – Схема формирования потока требований на ТО автомобилей

Урал-4320: ● – ТО-1; ● – ТО-2; ● – СО-3; ● – СО-Л; ○ – ТО-2Г

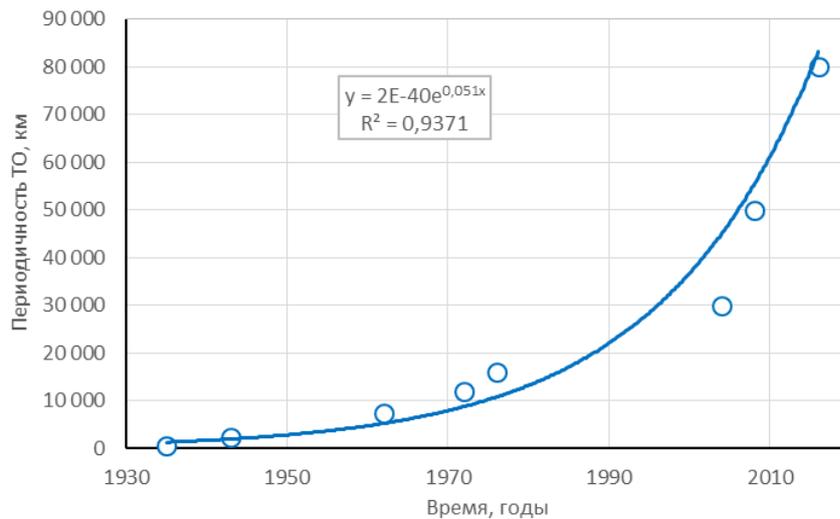


Рисунок 2.16 –Тенденция изменения периодичности ТО отечественных грузовых автомобилей

Таким образом, существует проблема прогнозирования производственной программы по ТО автомобилей.

При моделировании производственной программы по ТО автомобилей необходимо учитывать следующие закономерности.

1. Закономерность влияния условий эксплуатации на интенсивность эксплуатации автомобилей.
2. Влияние условий эксплуатации на периодическую компоненту интенсивности эксплуатации автомобилей φ_1 .
3. Влияние условий эксплуатации на случайную компоненту интенсивности эксплуатации автомобилей σ_1 .
4. Закономерность формирования потока требований с учетом различных условий возникновения требований на проведение ТО (по $L_{ТО}$, по $\tau_{ТО}$).
5. Влияние $(L_{ТО}/l)/\tau_{ТО}$ на вид закономерности $N_{ТО} = f(T)$.
6. Влияние $L_{ТО}/l$ на $\varphi_{N_{ТО}}$.
7. Влияние φ_1 на $\varphi_{N_{ТО}}$.
8. Влияние σ_1 на $\varphi_{N_{ТО}}$.

2.6. Имитационная модель потока требований на ТО

Идея модели базируется на методическом подходе, предусматривающем фиксацию наработок каждого автомобиля на начало прогнозного периода, а также вида последнего выполненного ТО и наработки, при которой оно выполнено, последующее прогнозирование приращений наработок по каждому автомобилю за сутки, проверку достижения наработки до очередного ТО, подсчет прогнозируемых технических воздействий.

Прежде чем перейти к описанию полученных результатов, изложим обоснование необходимости использования имитационной модели для потока требований на ТО.

Как указывает Захаров Н.С. [46, с. 48], имитационная модель использу-

ется при изучении систем тогда, когда с помощью аналитической модели невозможно получить нужный результат. Поскольку закономерности, формирующие поток требований на ТО, являются стохастическими, то и изучаемая система является стохастической. Поэтому детерминированный подход позволяет определить только средние значения количества ТО за достаточно большой промежуток времени, но не позволяет оценить вариацию числа технических воздействий. Единственный возможный вариант решения рассматриваемой задачи – использование метода Монте-Карло для моделирования закономерностей формирования наработок автомобилей, а также фактических периодичностей ТО. Такой подход реализуется в имитационных моделях [139].

Для создания имитационной модели необходимо определить перечень исходных данных, а также способ их описания. В качестве исходных данных используются следующие показатели:

- наработка каждого автомобиля на начало прогнозного периода;
- наработка каждого автомобиля при последнем ТО;
- идентификатор вида последнего ТО;
- фактические периодичности по видам ТО;
- фактические интенсивности эксплуатации автомобилей.

Формирование исходных данных – сложная задача, поскольку рассматриваемые показатели являются случайными величинами. Необходимо выбрать способы представления каждого показателя.

1. Нарботка каждого автомобиля на начало прогнозного периода может быть представлена двумя способами.

Первый способ – представление наработок в виде массива чисел L_i для N автомобилей:

$$L_1, L_2, \dots, L_N.$$

Достоинство такого способа задания исходных данных – простота, недостатки: высокая трудоемкость при ручном вводе, если размер парка автомо-

билей большой; невозможность получения точных данных, если начало прогнозного периода еще не наступило.

Второй способ – задание распределения наработок: вид закона распределения, параметры закона распределения.

Достоинство – относительно низкая трудоемкость ввода исходных данных. Недостаток – низкая точность при малом размере парка автомобилей. Кроме того, этот метод требует дополнительного изучения, поскольку ранее он предлагался только Кузнецовым Е.С. для прогнозирования возрастной структуры парка [74] с заданием распределения таблицей.

2. Нарботка каждого автомобиля при последнем ТО – может быть также представлена двумя способами.

Первый – по фактическим значениям для автомобилей рассматриваемого предприятия в виде массива чисел $L_{пi}$ для N автомобилей:

$$L_{п1}, L_{п2}, \dots, L_{пN}.$$

Достоинство такого способа задания исходных данных – простота и точность, недостатки, как и в предыдущем случае, – высокая трудоемкость ручного ввода при большом размере парка автомобилей.

Второй способ – задание значений этого показателя распределением через вид закона и его параметры.

Достоинство такого способа – малая трудоемкость, а недостаток – низкая точность для небольших парков автомобилей, а также при высоких значениях периодичности ТО.

3. Идентификатор типа последнего ТО необходим для определения вида очередного ТО. При создании кода программной реализации имитационной модели самый удобный способ идентификации – обозначение вида ТО соответствующим порядковым номером (табл. 2.8). Учитывая разнообразие структур систем ТО у автомобилей разных производителей, необходимо установить правила обозначения типов ТО.

При многоступенчатой структуре системы ТО идентификация несколько сложнее. В Положении [107] устанавливается двухступенчатая структура с периодичностью второй ступени в четыре раза больше периодичности первой (табл. 2.9). В настоящее время для ряда автомобилей предусматриваются двухступенчатые системы с отношением периодичностей, равном 2.

Таблица 2.8 – Идентификаторы типа ТО при одноступенчатой структуре

Идентификационный номер обслуживания	Идентификаторы ТО для автомобилей	
	ВАЗ-2110	IVECO DAILY
1	ТО-15	ТО-20
2	ТО-30	ТО-40
3	ТО-45	ТО-60
4	ТО-60	ТО-80
5	ТО-75	ТО-100
6	ТО-90	ТО-120
7	–	ТО-140
8	–	ТО-160
9	–	ТО-180
10	–	ТО-200
Всего количество обслуживаний в цикле	6	10

4. Фактические периодичности по видам ТО.

Фактические периодичности ТО могут существенно отличаться от нормативных. Так, по данным Макаровой А.Н., величина отклонения фактических периодичностей от нормативных зависит от средней длины рейса, технологической дисциплины и пропускной способности зоны ТО [82, с. 104].

Ранее установлено, что фактическая периодичность ТО распределена по нормальному [10, 63, 73] или логнормальному закону [82, с. 100]. Поэтому для получения в модели значений рассматриваемой величины нужно использовать генератор случайных чисел. Исходные данные для генерирования – средняя периодичность ТО и коэффициент вариации.

5. Фактические интенсивности эксплуатации автомобилей.

Фактические интенсивности эксплуатации по каждому автомобилю генерируются на каждом шаге моделирования. Исходя из средней интенсивности эксплуатации, рассчитывается периодическая компонента с использованием полигармонической модели [46, с. 47].

Таблица 2.9 – Идентификаторы типа ТО при двухступенчатой структуре

Идентификационный номер обслуживания	Идентификаторы ТО для автомобилей Урал-4320
1	ТО-1-1
2	ТО-1-2
3	ТО-1-1
4	ТО-2-1
5	ТО-1-1
6	ТО-1-2
7	ТО-1-1
8	ТО-2-2
9	ТО-1-1
10	ТО-1-2
11	ТО-1-1
12	ТО-2-3
13	ТО-1-1
14	ТО-1-2
15	ТО-1-1
16	ТО-2-4
17	ТО-1-1
18	ТО-1-2
19	ТО-1-1
20	ТО-2-5
21	ТО-1-1
22	ТО-1-2
23	ТО-1-1
24	ТО-2-6
Всего количество обслуживаний в цикле	24

Случайная компонента генерируется с использованием датчика случайных чисел. В качестве исходных данных для моделирования фактических интенсивностей эксплуатации можно использовать параметры гармонической модели для расчета периодической компоненты и параметры закона распределения для случайной компоненты. Параметры гармонической модели расчи-

тываются заранее, исходя из фактических данных об интенсивности эксплуатации, или эти данные вводятся в модель и обрабатываются в процессе моделирования.

Укрупненный алгоритм имитационной модели потока требований на ТО представлен на рис. 2.17. Работа модели предусматривает реализацию следующих шагов.

1. Ввод исходных данных:
 - время начала моделирования;
 - время окончания моделирования;
 - шаг приращения времени;
 - количество автомобилей в парке;
 - средний годовой пробег автомобилей;
 - нормативные периодичности ТО по ступеням, км;
 - наработки каждого автомобиля после очередного ТО;
 - время, прошедшее после очередного ТО каждого автомобиля;
 - количество ступеней ТО;
 - номер степени очередного ТО по каждому автомобилю;
 - численные значения параметров математической модели влияния времени на интенсивность эксплуатации;
 - численные значения параметров распределения интенсивности эксплуатации (случайная компонента);
 - численные значения параметров распределения фактических периодичностей ТО.
2. Открытие цикла T с параметрами: время начала моделирования T_n ; время окончания моделирования T_k ; шаг приращения времени ΔT .
3. Открытие цикла A с параметрами: начальное значение $A=0$; шаг A равен 1; условие окончания цикла – $A = A_c$.
4. Генерирование интенсивности эксплуатации автомобиля l .
5. Расчет наработки автомобиля за время ΔT : $\Delta L = l \Delta T$.

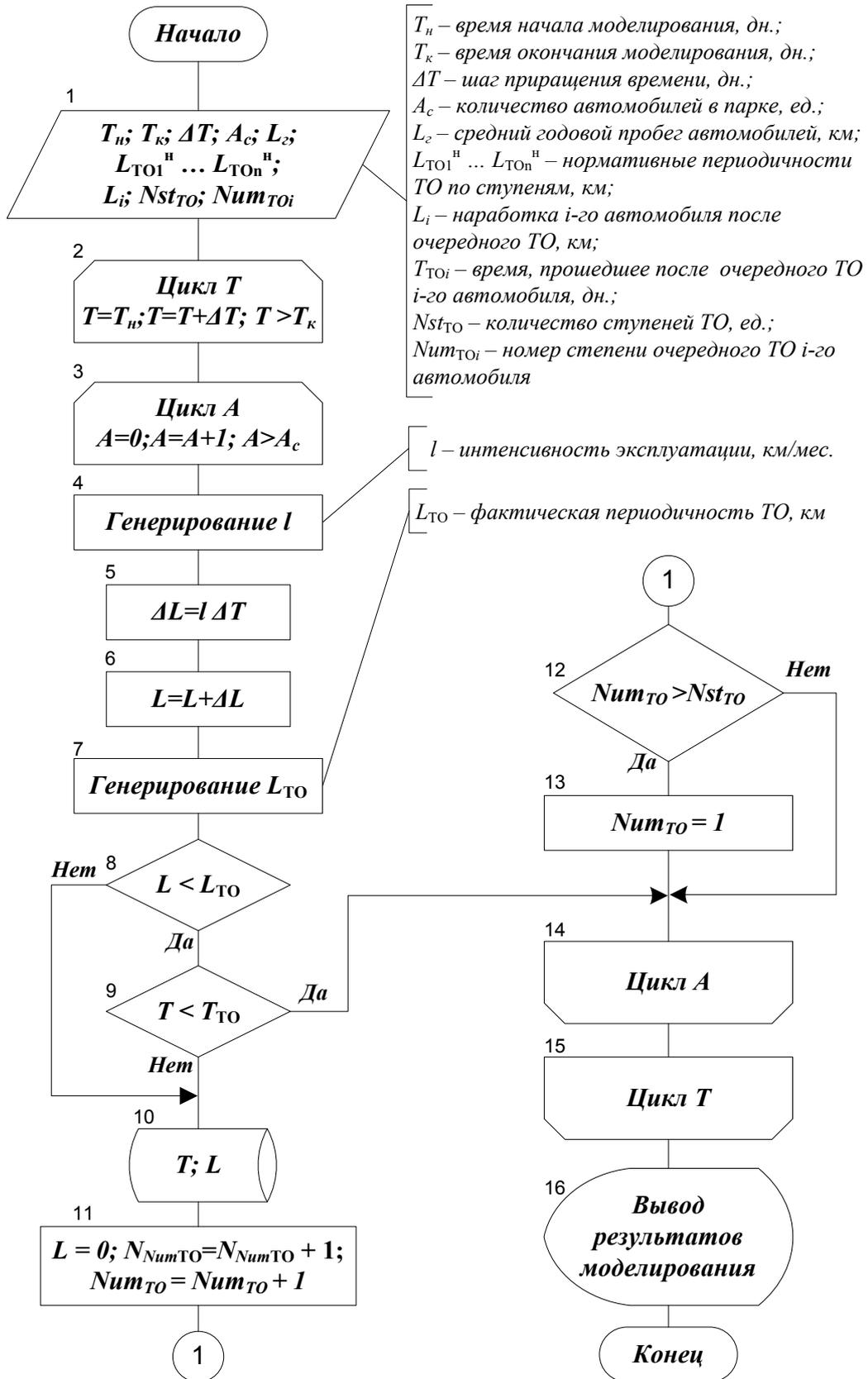


Рисунок 2.17 – Укрупненный алгоритм имитационной модели потока требований на ТО

6. Расчет наработки автомобиля после последнего ТО: $L = L + \Delta L$.
7. Генерирование фактической периодичности ТО $L_{ТО}$.
8. Проверка условия достижения автомобилем наработки до очередного ТО: $L < L_{ТО}$. Если суммарная наработка достигла предельного значения, при котором нужно проводить ТО, производится переход к шагу 10, в ином случае – к шагу 9.
9. Проверяется условие достижения времени очередного ТО: $T < T_{ТО}$. Если время очередного ТО не достигнуто, то производится переход к шагу 14, в ином случае – переход к шагу 10.
10. Фиксируется проведение очередного ТО для данного автомобиля, записываются значения времени и наработки, при которых проводится техническое воздействие.
11. Наработка после очередного ТО обнуляется, количество ТО данной ступени увеличивается на единицу, номер очередной ступени ТО также увеличивается на единицу.
12. Проверяется достижение конца цикла ТО. Если текущий номер ступени ТО превышает количество ТО в цикле, то производится переход к шагу 13, в ином случае – переход к шагу 14.
13. Текущему номеру очередной ступени ТО присваивается значение, равное единице.
14. Проверяется достижение конца цикла А. Если текущий номер автомобиля не достиг предельного, то производится возврат к пункту 3, иначе – переход к пункту 15.
15. Проверяется достижение конца цикла Т. Если текущее время не достигло момента окончания моделируемого периода, то производится возврат к пункту 2, иначе – переход к пункту 16.
16. Выводятся результаты моделирования – количество ТО каждой ступени в единицу времени, фактические наработки на ТО. Переход к завершению работы модели.

2.7. Закономерности формирования ресурса фильтров с учетом сезонных условий

Один из недостатков автомобильного транспорта – относительно высокая себестоимость перевозок. Значительная доля в ней затраты ТО и ремонт автомобилей [45]. Для снижения этих затрат необходимо управлять работоспособностью автомобилей. Управление возможно только при наличии объективных нормативов. Известные системы для их определения не всегда обеспечивают достаточную точность и учет условий эксплуатации [4].

Интенсивность изменения технического состояния автомобилей и их элементов, а, следовательно, их долговечность и безотказность зависят от ряда факторов, в том числе природно-климатических и дорожных условий, меняющихся по сезонам в течение года. Если интенсивность эксплуатации меняется в течение года, то долговечность элемента определяется долями пробега в разные сезоны. Так, по данным Аникеева В.В., при эксплуатации автомобилей преимущественно зимой ресурс двигателя существенно ниже, чем автомобилей, используемых преимущественно летом [7]. Это обстоятельство не находит отражения в методиках нормирования расхода материалов.

Для большей части нашей страны характерен холодный климат. При этом интенсивность эксплуатации автомобилей в большинстве случаев непостоянна и существенно меняется по сезонам [33], поэтому необходимо знать закономерности влияния сезонных условий на ресурсы элементов автомобилей для управления затратами на ТО и ремонт.

Как отмечается в [44], для моделирования ресурсов элементов автомобилей при существенной вариации интенсивности и условий эксплуатации невозможно использовать аналитические модели, поэтому используются имитационные модели.

При разработке модели формирования реализуемого ресурса фильтров систему «Время – реализуемый ресурс» необходимо структурировать. Далее нужно подобрать модели взаимодействия элементов и скомпоновать модель

системы в целом [46]. Схема, разработанная в соответствии с концепцией [44], представлена на рис. 2.18.

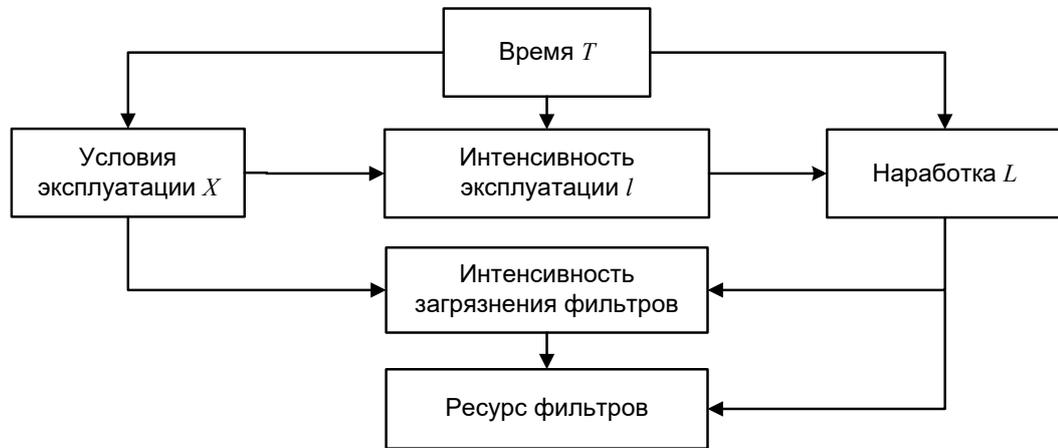


Рисунок 2.18 – Схема взаимодействия элементов исследуемой системы при формировании ресурса фильтров автомобильных двигателей

При моделировании изучаемой системы в целом необходимо выявить закономерности взаимодействия ее элементов. Для этого схема формирования ресурса фильтров размечена (рис. 2.19). Далее рассмотрены закономерности взаимодействия элементов системы (табл. 2.10).

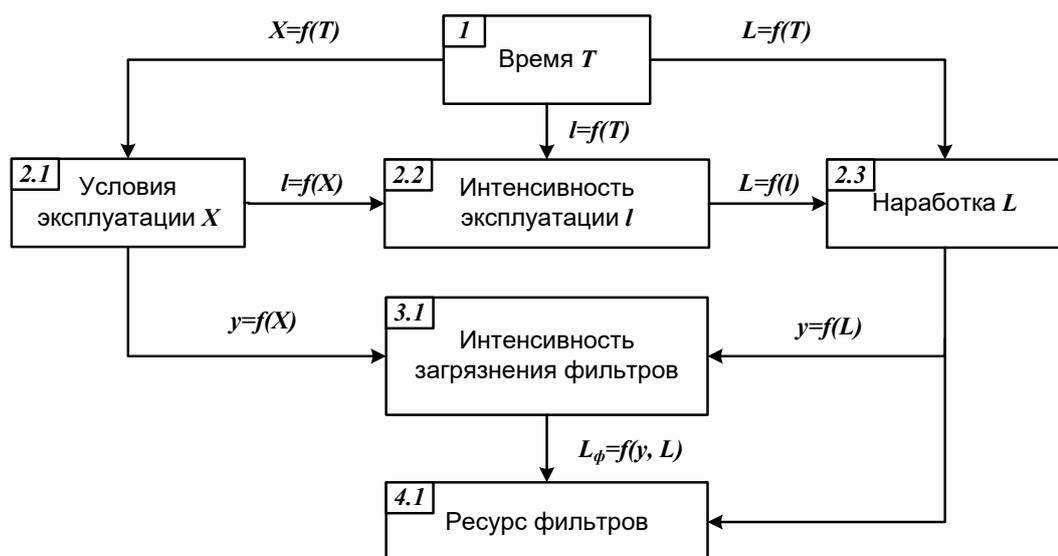


Рисунок 2.19 – Размеченная схема формирования ресурса фильтров с учетом сезонных условий

Таблица 2.10 – Закономерности, формирующие ресурс фильтров
автомобильных двигателей

Наименование зависимости	Функция отклика	Независимая переменная	Модель
1	2	3	4
1 – 2.1	X – факторы условий эксплуатации	T – время	$X_i = X_C + \sum_{k=1}^g X_k \cos(m(kT_i - T_k)) + X_P,$ <p>где</p> <p>k – порядковый номер гармоники;</p> <p>g – число гармоник;</p> <p>A_{Xk} – полуамплитуда изменения гармоники k;</p> <p>m – разница между T_i и T_{i+1}, угловые градусы;</p> <p>T_k – начальная фаза гармоники k, месяцы [46].</p>
1 – 2.2	l – интенсивность эксплуатации	T – время	$l_i = l_C + \sum_{k=1}^g l_k \cos(m(kT_i - T_k)) + l_P,$ <p>где</p> <p>l_C – трендовое значение интенсивности эксплуатации;</p> <p>k – номер гармоники;</p> <p>g – количество гармоник в модели;</p> <p>l_k – половина амплитуды гармоники k;</p> <p>m – коэффициент для перевода единиц измерения времени в угловые градусы;</p> <p>T_k – время, соответствующее начальной фазе гармоники k, месяцы;</p> <p>l_P – случайная компонента [46].</p>
1, 2.2 – 2.3	L – наработка автомобиля	T – время; l – интенсивность эксплуатации	$L = \int_0^T l(T) dT \quad [46].$
3.1 – 2.1, 2.3	y – интенсивность загрязнения фильтров	X – факторы условий эксплуатации; L – наработка автомобиля	$y = f(X, L)$ – необходимы исследования
4.1 – 3.1, 2.3	L_ϕ – ресурс фильтров	y – интенсивность загрязнения фильтров; L – наработка автомобиля	$L_\phi = f(y, L)$ – закономерность недостаточно изучена

Зная закономерность изменения интенсивности загрязнения фильтров y по времени и используя выражение [46]

$$Y = Y_0 + \int_{L(T_0)}^{L(T_i)} y(T) \cdot dT,$$

можно смоделировать параметры технического состояния фильтра к моменту T_i .

Предполагается, что интенсивность загрязнения фильтров зависит от температуры воздуха (рис. 2.20б), а уровень загрязнения – еще и от наработки автомобиля. В свою очередь эти факторы меняются по времени (рис. 2.20а, 2.20в).

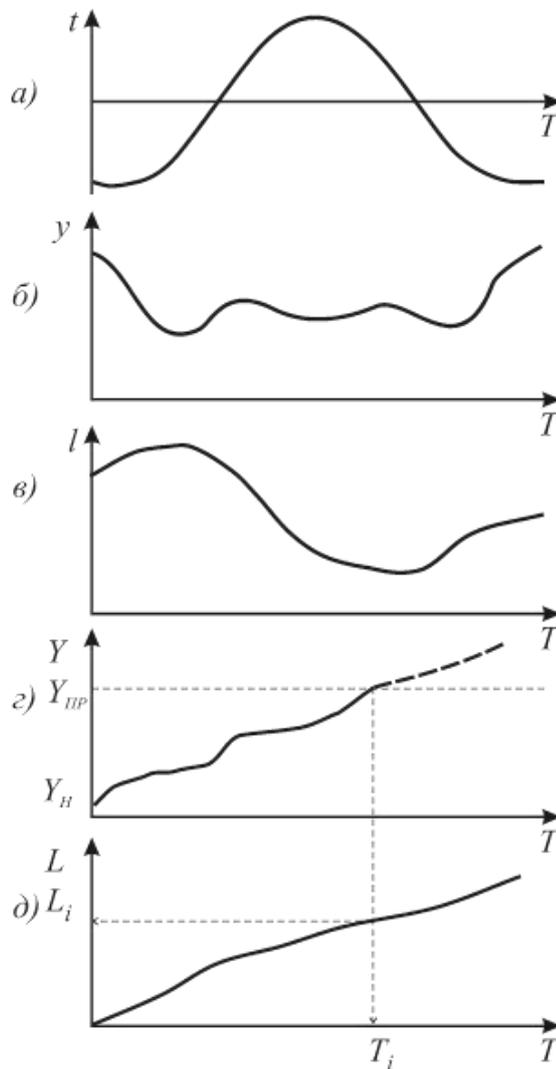


Рисунок 2.20 – Закономерности формирования ресурса фильтров двигателей при вариации условий и интенсивности эксплуатации автомобилей

Аналитическим путем вычисление последнего интеграла невозможно, так как изменение наработки и климатических факторов по времени описываются сложными моделями [44]. Поэтому получение численного решения при моделировании ресурса фильтров двигателей в случае вариации условий и интенсивности эксплуатации автомобилей возможно только с использованием имитационной модели.

2.8. Имитационная модель формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей

Для имитационной модели ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей разработан алгоритм, представленный на рис. 2.21. Он предусматривает реализацию следующих шагов.

1. Ввод исходных данных. В качестве исходных данных используются:
 - время начала моделирования;
 - время окончания моделирования;
 - шаг приращения времени;
 - количество автомобилей в парке;
 - начальное значение параметра технического состояния фильтра;
 - предельно допустимое значение параметра технического состояния фильтра;
 - средняя интенсивность эксплуатации автомобилей;
 - численные значения параметров модели изменения интенсивности эксплуатации по времени;
 - параметры математической модели закономерности изменения факторов условий эксплуатации во времени;
2. Генерирование начального состояния. Оно состоит в определении значений наработки фильтра каждого автомобиля после замены. Для этого используется генератор случайных нормально распределенных чисел.
3. Начало цикла T . Отсчет начинается с времени начала моделирования

T_n , закачивается временем окончания моделирования T_k , шаг цикла – ΔT .

4. Начало цикла А. Отсчет начинается с номера автомобиля $A=0$, заканчивается $A=A_c$, шаг равен единице.

5. Генерирование интенсивности эксплуатации автомобиля A . Расчет приращения наработки автомобиля A за цикл.

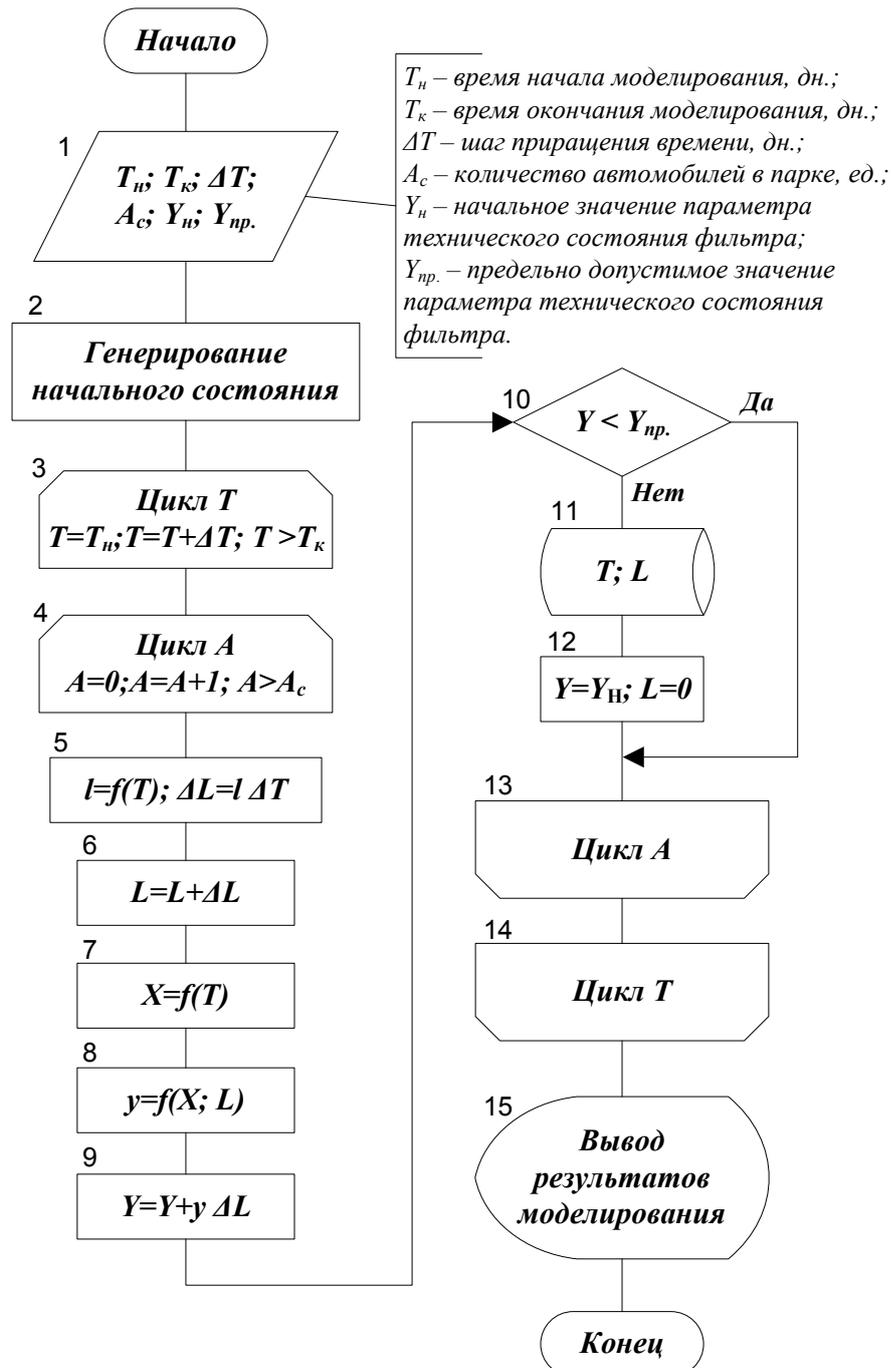


Рисунок 2.21 – Укрупненный алгоритм имитационной модели формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей

6. Расчет суммарной наработки автомобиля A после замены фильтра.
7. Генерирование значений показателей факторов условий эксплуатации.
8. Генерирование интенсивности засорения фильтра u .
9. Расчет текущего значения параметра технического состояния фильтра Y .
10. Проверка условия достижения предельного значения параметра технического состояния $Y < Y_{np}$. Если текущее значение меньше предельного, то производится переход к шагу 13, в ином случае – к шагу 11.
11. Запись на диск значений времени и наработки, при которых достигнуто предельное состояние.
12. Имитация замены фильтра: присвоение параметру технического состояния начального значения, обнуление наработки фильтра.
13. Возврат к началу цикла A .
14. Возврат к началу цикла T .
15. Вывод результатов моделирования. Окончание работы модели.

2.9. Выводы по разделу 2

В результате выполненных теоретических исследований получены следующие результаты.

1. Разработана целевая функция исследований, предусматривающая минимизацию суммарных затрат, зависящих от размера запасов материалов для ТО.
2. Установлена структура изучаемой системы, включающая шесть уровней элементов и связи между ними. Входом в систему является время, выходом – суммарные затраты, связанные с приобретением, поставкой и хранением материалов для ТО.
3. Рассмотрены закономерности взаимодействия элементов изучаемой

системы, предложены гипотезы о математических моделях этих закономерностей.

4. Рассмотрены факторы, влияющие на потребность в материалах для ТО автомобилей, выполнена их предварительная оценка на основе экспертного анализа.

5. Рассмотрены закономерности, формирующие поток требований на ТО. Показано, что для его моделирования необходимо использовать имитационную модель, разработан алгоритм этой модели.

6. Установлены закономерности формирования ресурса фильтров с учетом вариации по сезонам условий эксплуатации. Разработан алгоритм имитационной модели, позволяющей на основе этих закономерностей моделировать поток требований на замену и ресурс фильтрующих элементов автомобильных двигателей.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Общая методика экспериментальных исследований

3.1.1. Цели и задачи экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились с целью проверки выдвинутых в разделе 2 гипотез о виде математических моделей, а также для определения численных значений параметров этих моделей.

При проведении экспериментальных исследований решались следующие задачи.

1. Проверить гипотезы о перечне факторов, влияющих на расход материалов для ТО, в том числе оценить значимость сезонной вариации потребности в ресурсах для ТО автомобилей.

2. Проверить адекватность модели потока требований на техническое обслуживание в условиях переменной интенсивности эксплуатации автомобилей.

3. Проверить адекватность математических моделей, отражающих влияние условий эксплуатации на показатели интенсивности расходования материалов для ТО автомобилей: влияние температуры воздуха на интенсивность отказов приводных ремней, влияние сезонных условий на ресурс воздушных фильтров.

4. Проверить гипотезы о влиянии периодичности ТО и интенсивности эксплуатации автомобилей на вариацию потока требований на ТО.

5. Оценить ресурсы элементов автомобилей, заменяемых при ТО.

6. Проверить адекватность имитационной модели формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей.

3.1.2. Методика сбора статистических данных

Получены исходные данные по 39 транспортным подразделениям ПАО «Сургутнефтегаз». Источник статистических данных для экспериментальных

исследований – корпоративная база данных. База реализована в системе SAP R3. Данные из базы конвертированы в формат Excel (рис. 3.1). Всего в базе отражены технические воздействия по 29 тыс. единиц транспортных средств за 10 лет. Количество полей в базе – 31, количестве записей – около 15 млн.

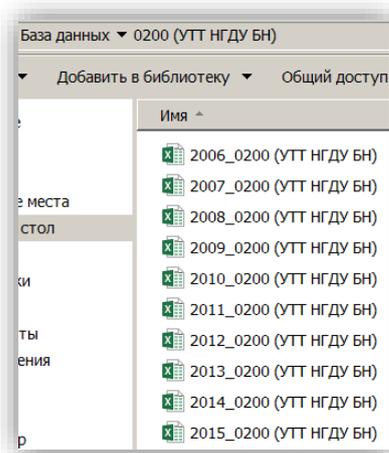


Рисунок 3.1 – Файлы данных, конвертированных в формат Excel

Полученные файлы, разбитые по годам, объединены в отдельные файлы по предприятиям (рис. 3.2.)

№	Зв	Мст.расп	ЕдОбору	КлючСлово	Технический ИдентНомер	Дата зак	Заказ	РабМест	ВБ	Наименование Вида ра	ВидР	ГрпТхирт
1	200	100	12502433	АВТОМОБИЛЬ УАЗ-390995	E049УН86	20.01.2015	3013573544	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
2	200	100	12502433	АВТОМОБИЛЬ УАЗ-390995	E049УН86	20.01.2015	3013573544	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
3	200	100	12502433	АВТОМОБИЛЬ УАЗ-390995	E049УН86	20.01.2015	3013573544	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
4	200	100	12502433	АВТОМОБИЛЬ УАЗ-390995	E049УН86	20.01.2015	3013573544	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
5	200	100	12502433		E049УН86	20.01.2015	3013573544	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
6	200	100	11927941	АВТОМОБИЛЬ УРАЛ-32551-0011-41	B652CT86	28.01.2015	3013569555	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
7	200	100	12006983	АВТОМОБИЛЬ УРАЛ-4320-30 КС-45717-1	T048ТА86	28.01.2015	3013569633	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U27066	23153П03
8	200	100	13259305	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-4308-НЗ БОРТ	X808XC86	28.01.2015	3013570402	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
9	200	100	13259305	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-4308-НЗ БОРТ	X808XC86	28.01.2015	3013570402	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
10	200	100	11953515	ПОЛУПРИЦЕП САВ 931823-0000049-12	AO590486	28.01.2015	3013570416	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
11	200	100	11461677	АВТОМОБИЛЬ УРАЛ-4320 АСМА-Т03-400-300	T364PE86	28.01.2015	3013572683	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U27066	23153П03
12	200	100	12315452	ТРАКТОР ГАЗ-34039-33	7556MA86	28.01.2015	3013572723	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U27066	23153П03
13	200	100	12556365	АВТОМОБИЛЬ УАЗ-390995	C012УН86	28.01.2015	3013573829	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
14	200	100	12556365	АВТОМОБИЛЬ УАЗ-390995	C012УН86	28.01.2015	3013573829	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
15	200	100	12556365	АВТОМОБИЛЬ УАЗ-390995	C012УН86	28.01.2015	3013573829	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
16	200	100	12289896	АВТОМОБИЛЬ УРАЛ-4320-1951-40ППУА1600/100	A681УК86	28.01.2015	3013574004	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U27066	23153П03
17	200	100	12789026	АВТОМОБИЛЬ МАЗ-651705-282 С/С	E141XK86	28.01.2015	3013574351	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
18	200	100	11798077	АВТОМОБИЛЬ УРАЛ-4320 АТЗ-10В м.5646АЕ	M069CE86	29.01.2015	3013569401	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
19	200	100	11798077	АВТОМОБИЛЬ УРАЛ-4320 АТЗ-10В м.5646АЕ	M069CE86	29.01.2015	3013569401	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
20	200	100	11798077	АВТОМОБИЛЬ УРАЛ-4320 АТЗ-10В м.5646АЕ	M069CE86	29.01.2015	3013569401	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
21	200	100	11872009	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43118-15 ИФ-300С-07	У437СМ86	29.01.2015	3013569441	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
22	200	100	11872009	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43118-15 ИФ-300С-07	У437СМ86	29.01.2015	3013569441	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04
23	200	100	11872009	АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ-43118-15 ИФ-300С-07	У437СМ86	29.01.2015	3013569441	TR_0018	ТКР	Текущий ремонт	U25383	23153П04

Рисунок 3.2 – Содержание файла базы данных

Данные рассортированы по маркам и моделям автомобилей. Например, отобраны автомобили УРАЛ-4320, а также их модификации (рис. 3.3), КАМАЗ

и их модификации.

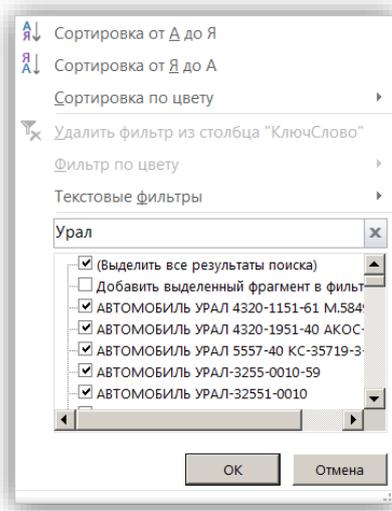


Рисунок 3.3 – Процесс отбора данных по автомобилям марки «Урал»

Далее выбраны рассматриваемые виды технических воздействий: ТО по видам, доливы масел и жидкостей (рис. 3.4).

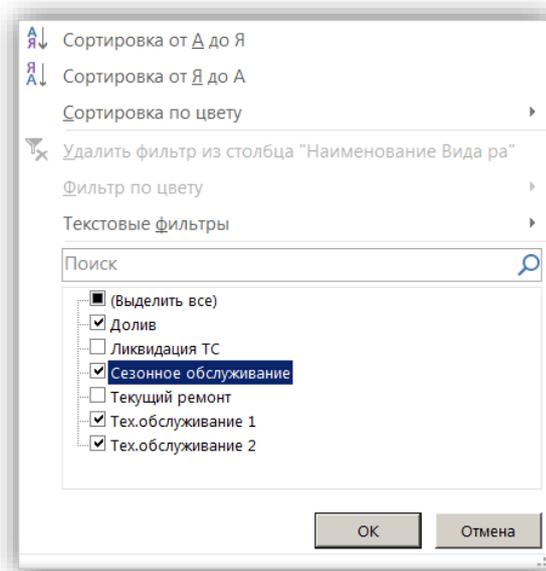


Рисунок 3.4 – Отбор вида технических воздействий

Затем последовательно выбирались расходные материалы (фильтры,

приводные ремни, ...), охлаждающая жидкость, гидротормозная жидкость, масла (моторные, трансмиссионные, гидравлические), смазки, используемые при рассматриваемых технических воздействиях (рис. 3.5). Рассчитывались ежемесячное количество замен расходных материалов по номенклатуре, а также замен и доливов жидкостей.

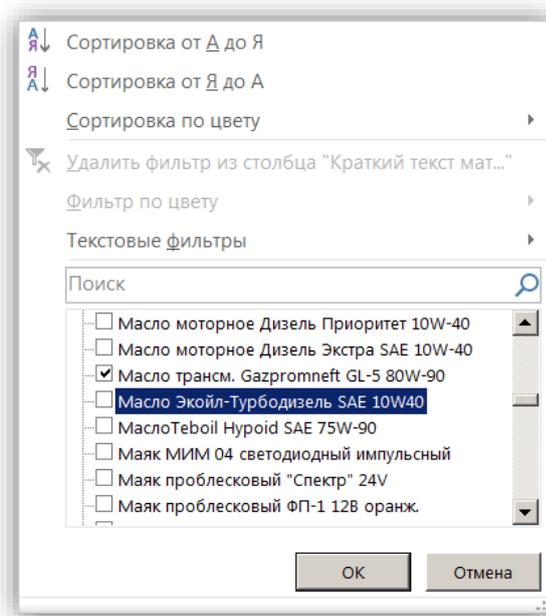


Рисунок 3.5 – Отбор данных о технических жидкостях

Если расходные материалы меняются штучно, их расход жестко связан с количеством выполненных ТО соответствующего вида, то долив масел и жидкостей случаен по моменту времени и доливаемому объему. Поэтому по базе данных определены объемы доливаемых жидкостей по каждому случаю доливов (рис. 3.6).

Выборки данных, полученных из базы, обрабатываются с использованием среды Microsoft Excel, а также специализированного программного обеспечения. В результате установлены вид и параметры эмпирических распределений, а также вид и параметры аппроксимирующих теоретических законов распределений.

Краткий текст материала	Вид	БЕ	Количество пла	Количество фак	Сумма во В
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	9,6	9,6	1.390,34
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	11	11	1.593,10
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	2	6	880,79
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	1	2,4	352,32
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	1,3	1,3	190,84
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	1,4	8	1.174,39
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	5	5	733,99
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	1,4	9,7	1.423,95
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	5	5	733,99
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	4	7	1.027,59
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	4,6	4,6	675,27
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	4,6	4,6	675,27
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	1,4	0,8	117,44
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	5	5	733,99
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	5	5	733,99
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	5	4	587,19
Масло Shell Spirax S6 AXME 75W-90	BREN	Л	1,4	1,4	205,52

Рисунок 3.6 – Отбор объемов долитых масел и жидкостей

Полученные средние значения сопоставлялись со значениями влияющих факторов для установления вида и параметров регрессионных моделей влияния этих факторов на процесс расходования ресурсов.

3.2. Оценка значимости сезонной вариации потребности в ресурсах для ТО автомобилей

На первом этапе исследований была выдвинута гипотеза о том, что расход ресурсов, используемых при ТО автомобилей, существенно варьирует в течение года. Это относится, в частности, к специальным жидкостям – охлаждающим, моторным, трансмиссионным, гидравлическим маслам. Для проверки этой гипотезы проведен пассивный эксперимент.

Задача эксперимента – сбор информации о количестве замен расходных материалов, количестве замен, а также количестве и объемах доливов технических жидкостей. Поскольку количество замен зависит от количества ТО, то оценивалась и вариация числа ТО по месяцам в течение года.

Данные об изменении по времени расхода ресурсов можно аппроксимировать гармонической моделью (2.1). Статистическая оценка значимости гармоник проводилась по критерию (2.2). Сезонные изменения считались значимыми, если статистически значимыми являлись первая (период – один год)

или вторая (период – ½ года) гармоники.

Для того, чтобы результаты экспериментов по ресурсам разных наименований можно было сопоставить, данные о расходах пересчитывались в относительные единицы путем деления месячных расходов на средний месячный расход.

Результаты оценки значимости сезонных изменений количества доливов охлаждающей жидкости представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Оценка значимости линеаризованных гармоник математической модели изменения количества доливов охлаждающей жидкости по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r ²	r	t _r	t _{0,95}
1	0,53	6,75	0,1324	0,3639	1,23	2,23
2	1,02	7,44	0,4898	0,6999	3,10	2,23
3	0,82	2,12	0,3169	0,5629	2,15	2,23
4	0,08	2,36	0,0029	0,0539	0,17	2,23
5	0,34	9,63	0,0529	0,2300	0,75	2,23

На рис. 3.7 приведены графики линеаризованных гармоник, а также график с экспериментальными точками и аппроксимирующей рассматриваемую зависимость кривой.

Из табл. 3.1 видно, что статистически значима только вторая гармоника, период колебания которой составляет ½ года. Это иллюстрируют графики рис. 3.7: на графике «б» наклон аппроксимирующей кривой наибольший по сравнению с другими графиками, что свидетельствует о наибольшем вкладе в изменение рассматриваемого показателя; на графике «е» видны два пика в весенний и осенний периоды, что обусловлено доливками охлаждающей жидкости при проведении сезонных обслуживаний.

Для расчета потребности необходимо, помимо количества доливов, знать и средний объем доливаемой жидкости. Этот показатель рассчитан на

основе обработки выборки по 1422 случаям доливов охлаждающей жидкости. Результаты обработки этих данных представлены на рис. 3.8.

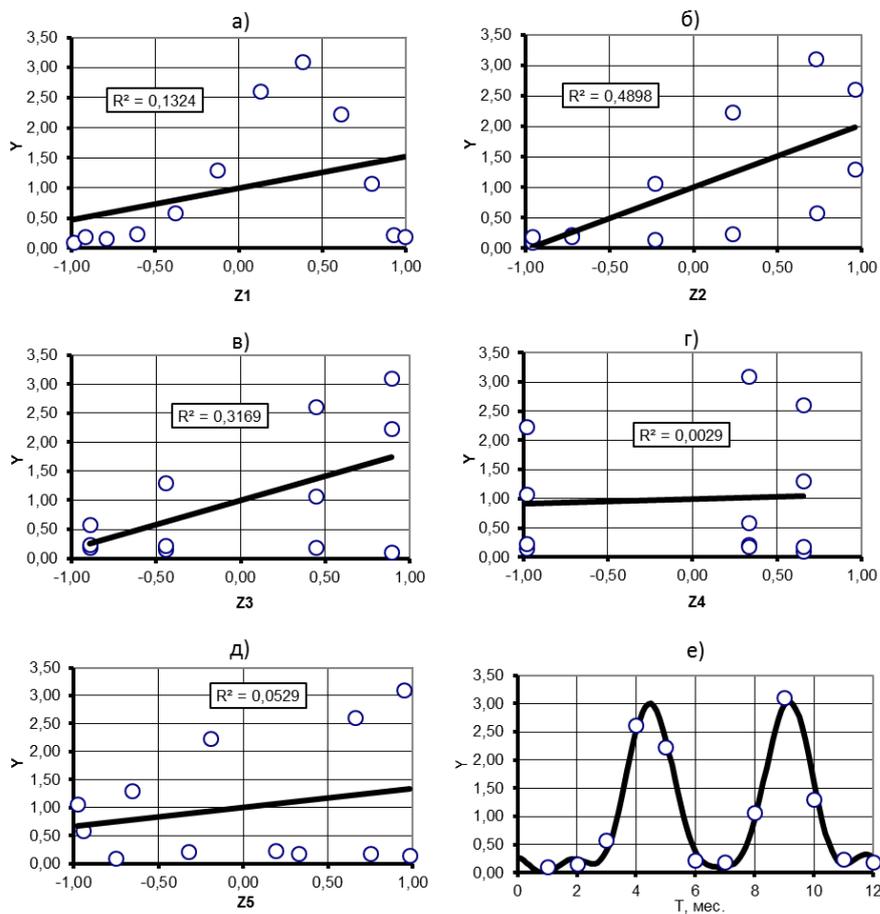


Рисунок 3.7 – Изменение по времени относительного количества доливов охлаждающей жидкости: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

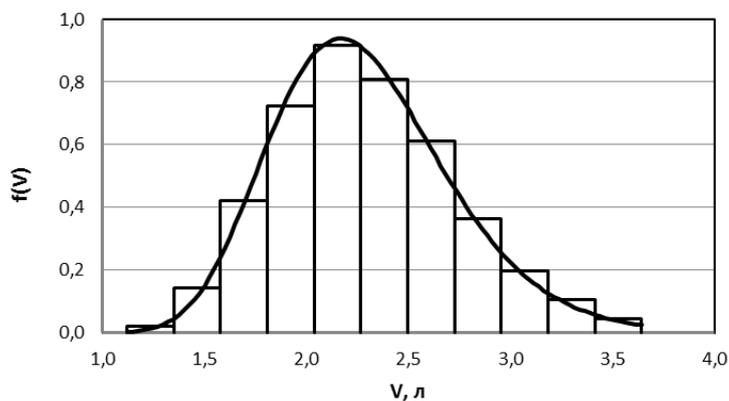


Рисунок 3.8 – Распределение объемов доливов охлаждающей жидкости

Аналогичные результаты получены для трансмиссионного масла (рис. 3.9 – 3.10) и гидравлического масла (рис. 3.11 – 3.12).

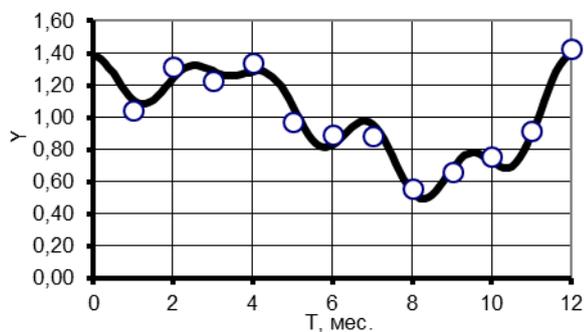


Рисунок 3.9 – Изменение по времени относительного количества доливов трансмиссионного масла

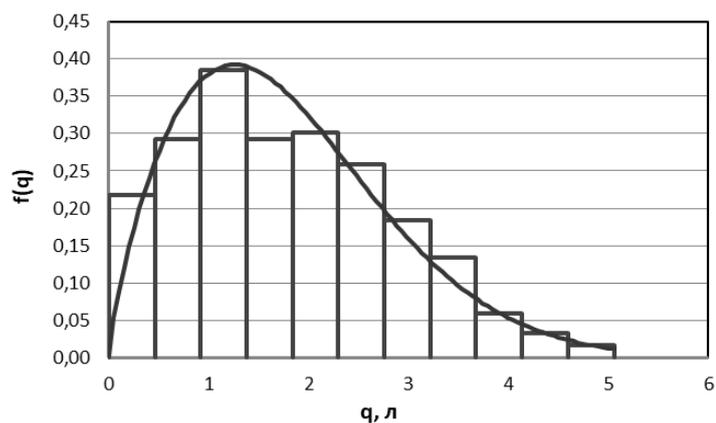


Рисунок 3.10 – Распределение объемов доливов трансмиссионного масла

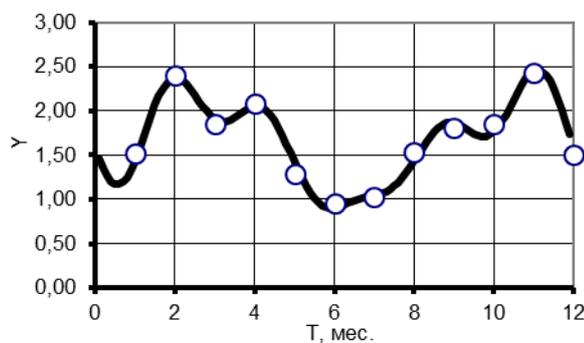


Рисунок 3.11 – Изменение по времени количества доливов гидравлического масла

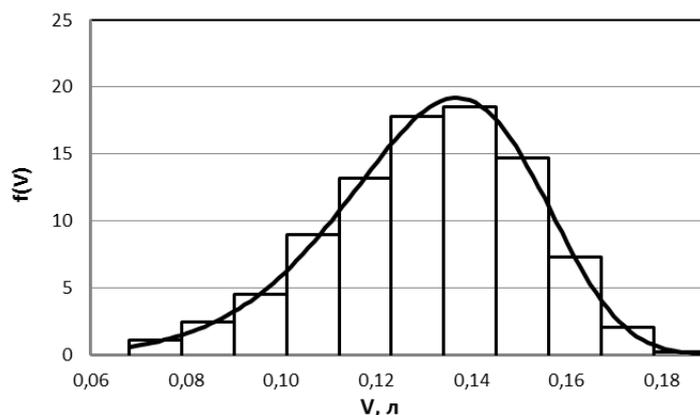


Рисунок 3.12 – Распределение объемов доливов гидравлического масла

Аналогичные результаты получены и для других видов материалов. Для всех материалов сезонная вариация потребности статистически значима. Обобщённые результаты анализа представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Максимальные значения коэффициента сезонной неравномерности для материалов, используемых при ТО автомобилей

Наименования материалов	Коэффициент неравномерности максимальный
Ремень привода гидроусилителя руля	1,576
Ремень привода водяного насоса	1,262
Ремень привода генератора	1,986
Ремень привода компрессора	1,304
Накладка тормозной колодки	1,393
Лампа А 24-21-3	1,407
Лампа А 24x5	1,420
Элемент фильтра очистки воздуха	1,306
Масло моторное	1,263
Масло трансмиссионное:	1,337
Масло гидравлическое	1,531
Антифриз	3,125

3.3. Оценка значимости изменения по времени количества ТО

Ранее в исследованиях Довбни Б.Е. [33], Шевелева Е.С. [133], выполненных под руководством Захарова Н.С., установлено, что в течение года потреб-

ность в ТО автомобилей варьирует. Поскольку расход ресурсов зависит от количества обслуживаний, необходимо проверить наличие указанных закономерностей для рассматриваемых в данной работе предприятий и автомобилей. Для проверки этого предположения выполнен пассивный эксперимент, заключающийся в сборе информации о количестве фактически выполненных ТО по месяцам в течение года.

Данные о количестве обслуживаний по месяцам аппроксимировались гармонической моделью (2.1). Оценка значимости сезонных изменений выполнялась по критерию (2.2). Изменения считались существенными, если первая (с периодом один год) или вторая (с периодом $\frac{1}{2}$ года) гармоники являлись статистически значимыми.

Для сопоставления закономерностей изменения во времени количества ТО для автомобилей различного назначения разных предприятий данные о количестве технических воздействий пересчитывались в относительные единицы путем деления месячных значений на среднее месячное значение.

Результаты оценки значимости сезонных изменений количества ТО автомобилей приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3 – Оценка сезонных изменений количества ТО автомобилей

Назначение, марка и модель автомобиля	K_n	t_r для гармоник:		$t_{0,95}$
		первой	второй	
Спецавтомобили Урал-4320-30 АНЦ-320У	1,48	5,43	0,11	2,23
Спецавтомобили CARDWELL KB-210	1,69	3,08	1,25	2,23
Спецавтомобили Урал-4320 ППУ	1,31	1,68	3,22	2,23
Легковые автомобили УАЗ-3163 Патриот	1,66	4,82	1,29	2,23
Легковые автомобили Chevrolet Niva 2123	1,27	0,87	2,26	2,23
Микроавтобусы ГАЗ-2217	1,46	0,77	2,86	2,23
Автобусы KAROSA-C954.1360	2,00	2,30	1,99	2,23
Автобусы MAN A72 LION'S CLASSIC	1,60	1,34	2,91	2,23
Бортовые автомобили КАМАЗ-43118	1,37	3,34	1,43	2,23
Седелные тягачи IVECO AT 720 T 38 WTH	2,34	0,97	3,39	2,23
Седелные тягачи IVECO AMT 633912	1,39	2,24	0,59	2,23
Самосвалы МАЗ-651705-282	1,48	3,02	2,03	2,23

Данные табл. 3.2 показывают, что для всех рассматриваемых случаев статистически значима первая (7 случаев) или вторая (5 случаев) гармоники. Это подтверждает полученные ранее другими авторами результаты. Кроме того, рассчитан коэффициент неравномерности количества ТО по месяцам K_n в течение года, равный отношению максимального месячного значения к среднему месячному значению. Пределы изменения K_n – от 1,27 до 2,34.

3.4. Оценка адекватности имитационной модели потока требований на ТО с учетом вариации интенсивности эксплуатации автомобилей

В разделе 2.6 описана имитационная модель потока требований на ТО в условиях вариации интенсивности эксплуатации автомобилей. Для оценки ее адекватности выполнен эксперимент, заключающийся в моделировании месячных количеств ТО для автомобилей конкретного предприятия и сравнении их с фактическими значениями. Данные об интенсивности эксплуатации автомобилей по месяцам, а также фактических количествах ТО по месяцам получены в транспортных подразделениях ПАО «Сургутнефтегаз».

Планирование эксперимента заключалось в расчете количества реализаций расчетов на имитационной модели, обеспечивающих заданные точность и достоверность. Минимальное количество реализаций n определялось, исходя из заданной относительной ошибки Δ , вероятности не превышения данной ошибки α , учитываемой через статистику Стьюдента t_α , а также коэффициента вариации v значений, полученных на модели [46, с. 28]:

$$n = \frac{v^2 \cdot t_\alpha^2}{\Delta^2}.$$

Предварительные эксперименты на модели показали, что v находится в пределах 0,2. Поэтому, исходя из $\Delta=0,05$, $\alpha=0,95$ ($t_\alpha=1,96$):

$$n = \frac{0,20^2 \cdot 1,96^2}{0,05^2} \approx 61.$$

Сравнение выполнено по трем предприятиям: Управление технологического транспорта Нефтегазодобывающего управления «Комсомольскнефть» (УТТ НГДУ КН), Талаканское управление технологического транспорта №1 (ТУТТ-1) и Управление технологического транспорта Нефтегазодобывающего управления «Быстринскнефть» (УТТ НГДУ БН).

На рис. 3.13 приведен пример генерирования дневной интенсивности эксплуатации автомобилей. Результаты моделирования количества ТО представлены на рис. 3.14.

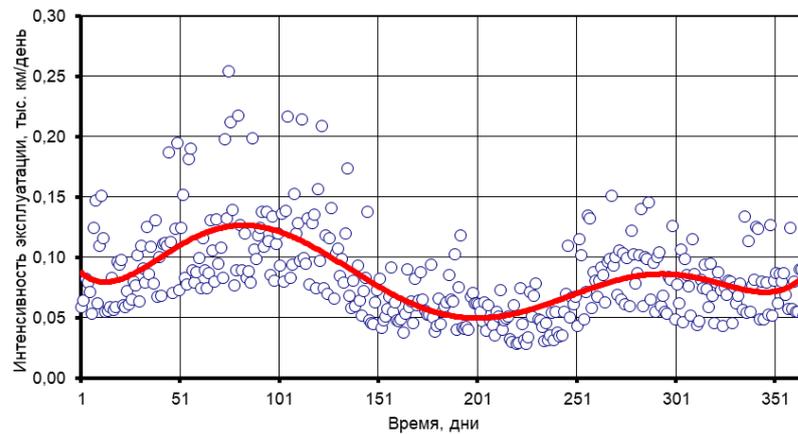


Рисунок 3.13 – Результаты генерирования интенсивности эксплуатации автомобилей

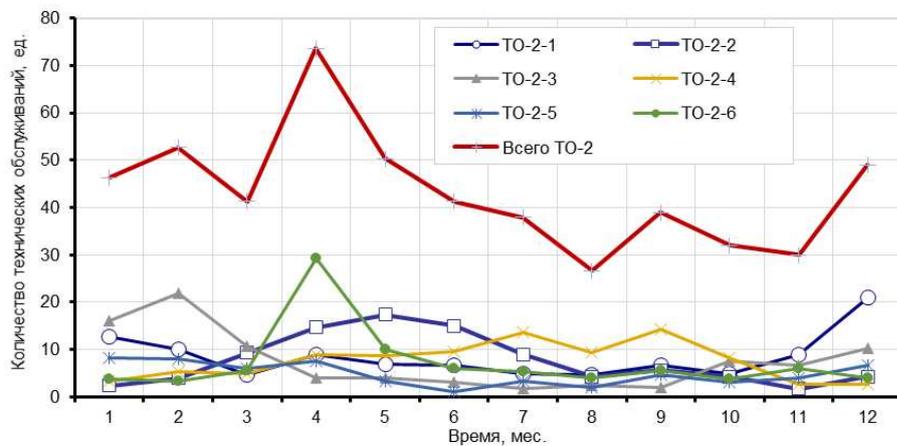


Рисунок 3.14 – Результаты моделирования количества требований на техническое обслуживание

Расчетные значения количества ТО сравнивались с фактическими (рис. 3.15). Для количественной оценки соответствия расчетных и фактических значений использовалась средняя ошибка аппроксимации ε и дисперсионное отношение Фишера F [46].

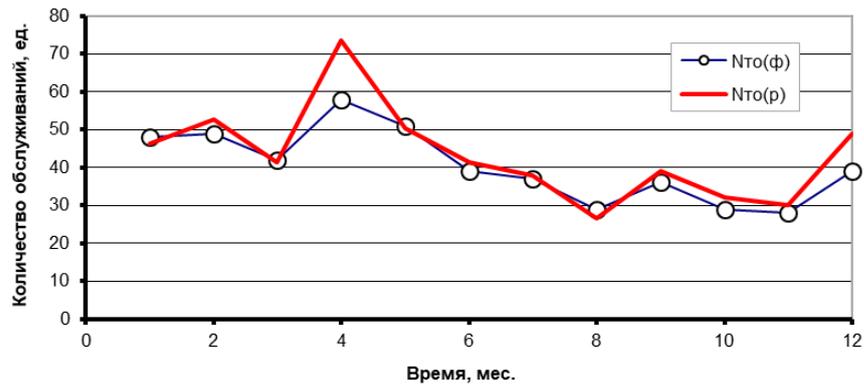


Рисунок 3.15 – Сравнение расчетных $N_{ТО}^{(р)}$ и фактических $N_{ТО}^{(ф)}$ значений количества ТО

Расчеты показали, что значение средней ошибки аппроксимации находится в пределах 6,87 ... 9,45 %, а дисперсионное отношение Фишера во всех случаях превышает табличное значение критерия Фишера с вероятностью не менее 0,95 (табл. 3.4).

Таблица 3.4 – Результаты оценки адекватности имитационной модели потока требований на ТО в условиях вариации интенсивности эксплуатации автомобилей

Наименования предприятий	Количество автомобилей	ε	D	$D_{ост.}$	F	$F_{0,95}$
УТТ НГДУ КН	286	7,99	91,36	18,04	5,06	2,69
ТУТТ-1	106	9,45	182,00	4,68	38,9	2,69
УТТ НГДУ БН	580	6,87	112,32	15,67	7,16	2,69

Таким образом, подтверждена адекватность рассматриваемой имитационной модели.

3.5. Влияние периодичности ТО и интенсивности эксплуатации автомобилей на вариацию потока требований на ТО

В разделе 2.3 изложены гипотезы о виде математических моделей закономерностей, формирующих количество ТО. Известно, что количество технических воздействий увеличивается с увеличением интенсивности эксплуатации. Показано, что с увеличением производственной программы уменьшается случайная компонента количества технических воздействий, то есть снижается коэффициент вариации количества ТО. Производственная программа по ТО зависит от двух факторов – суммарного пробега всех автомобилей за данный период и периодичности ТО. Суммарный пробег определяется как произведение среднесписочного количества автомобилей и интенсивности их эксплуатации.

Для проверки выдвинутых гипотез проведены экспериментальные исследования на имитационной модели. Проведены две серии расчетных экспериментов.

План первого эксперимента предусматривал варьирование годового пробега автомобилей L_T на девяти уровнях в пределах от 5,0 до 70 тыс. км. План второго эксперимента – варьирование отношения $L_{ТО}/L_T$ на 18 уровнях в пределах от 0,057 до 2,29 (приложение 4).

Моделирование предусматривало расчет месячного количества ТО (рис. 3.16), затем производился расчет коэффициента вариации количества обслуживаний в течение года (по 12 месяцам).

Результаты представлены на графике рис. 3.17. Из него видно, что с увеличением интенсивности эксплуатации коэффициент вариации количества технических воздействий $V_{N_{ТО}}$ снижается. Предполагая, что $V_{N_{ТО}}$ зависит не только от интенсивности эксплуатации, но и от периодичности ТО, полученные результаты представили в системе координат «Годовой пробег в долях периодичности ТО – $V_{N_{ТО}}$ » (рис. 3.18).

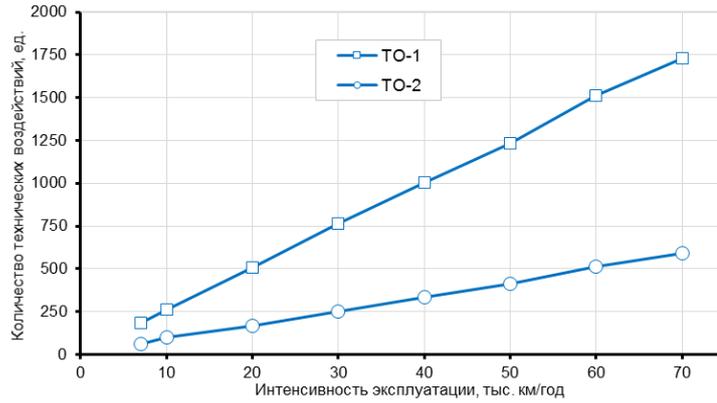


Рисунок 3.16 – Влияние интенсивности эксплуатации автомобилей на количество ТО

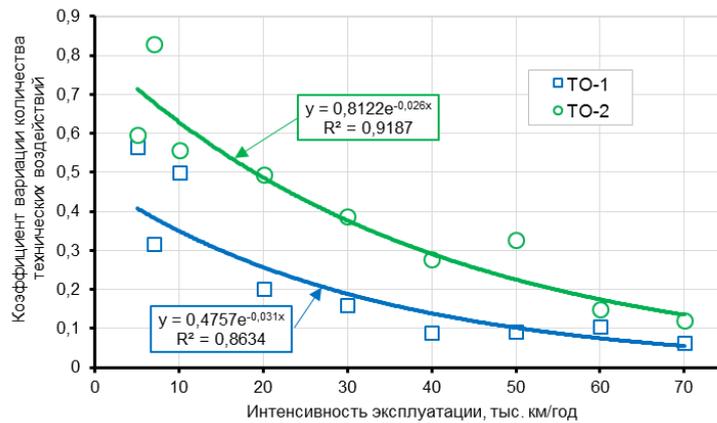


Рисунок 3.17 – Влияние интенсивности эксплуатации автомобилей на коэффициент вариации количества ТО

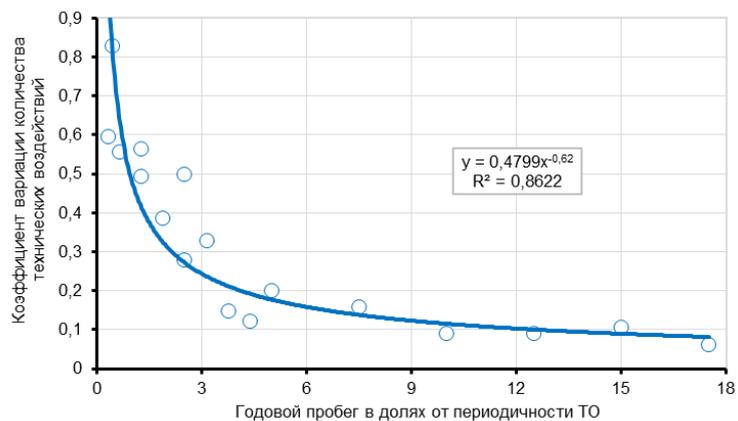


Рисунок 3.18 – Влияние годового пробега автомобилей в долях от периодичности ТО на коэффициент вариации количества ТО

Кроме того, построен график в системе координат «Периодичность ТО в долях годового пробега – $V_{\text{НТО}}$ » (рис. 3.18).

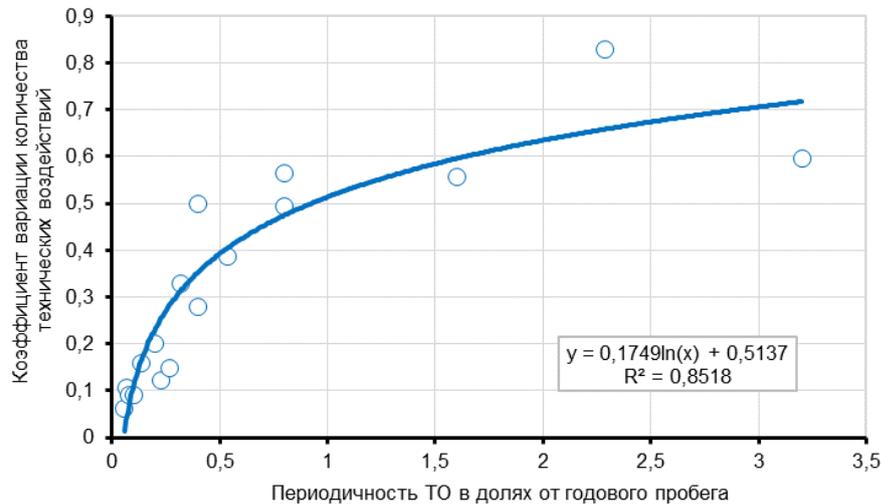


Рисунок 3.19 – Влияние периодичности ТО в долях годового пробега автомобилей на коэффициент вариации количества ТО

Как видно из представленных графиков, с увеличением интенсивности эксплуатации автомобилей коэффициент вариации количества ТО снижается. Причина снижения заключается в более равномерном распределении по времени технических воздействий с увеличением их количества. То есть на коэффициент вариации количества ТО влияет не интенсивность эксплуатации или периодичность ТО, а количество технических воздействий, определяемое соотношением общего пробега автомобилем за рассматриваемый период и периодичности ТО. С увеличением интенсивности эксплуатации и уменьшением периодичности ТО количество технических воздействий растет.

Для проверки этого утверждения выполнен эксперимент по оценке влияния производственной программы на коэффициент вариации количества ТО (рис. 3.20). Кроме производственной программы варьировался еще и коэффициент вариации интенсивности эксплуатации V_L (рис. 3.20).

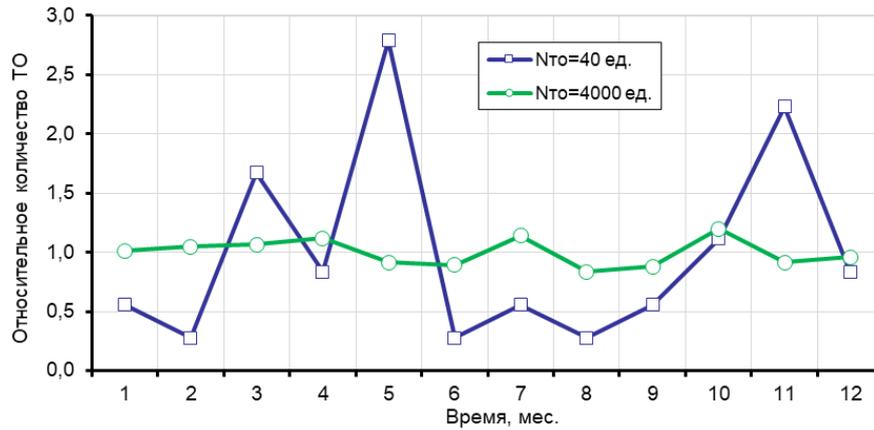


Рисунок 3.20 – Влияние производственной программы на вариацию количества ТО

Из представленных на рис. 3.21 результатов видно, что с увеличением производственной программы коэффициент вариации количества ТО снижается и при программе более 500 ед./год стабилизируется на уровне около 0,4. При снижении производственной программы коэффициент вариации количества ТО увеличивается, причем тем интенсивнее, чем больше коэффициент вариации интенсивности эксплуатации.

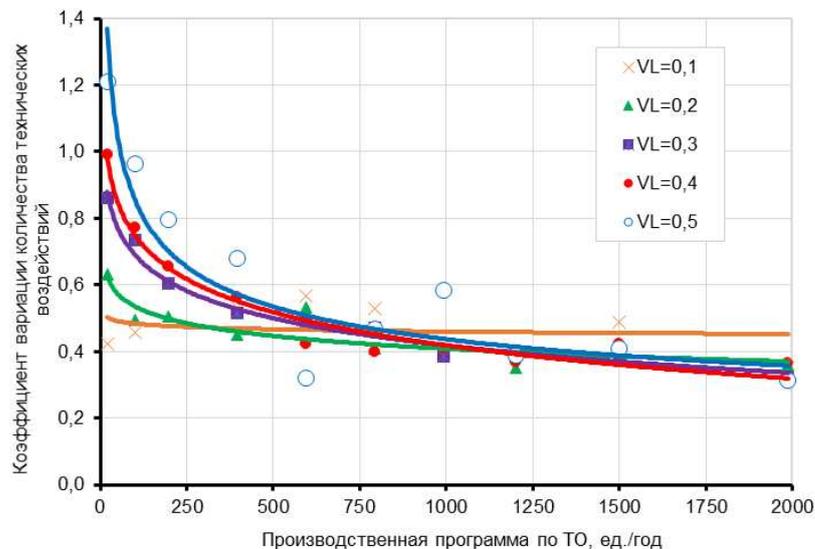


Рисунок 3.21 – Влияние производственной программы и коэффициента вариации интенсивности эксплуатации автомобилей на коэффициент вариации количества ТО

Действие коэффициента вариации интенсивности эксплуатации на коэффициент вариации количества ТО обусловлено смещением моментов проведения ТО для разных автомобилей относительно друг друга: чем больше V_L , тем больше это смещение, и технические воздействия более равномерно распределяются по времени.

Таким образом, выдвинутые в разделе 2.3 гипотезы подтверждены экспериментально.

3.6. Ресурсы элементов автомобилей, заменяемых при ТО

Эксперимент по оценке фактических ресурсов элементов автомобилей, заменяемых при ТО, заключался в сборе статистических данных о наработках на отказ элементов автомобилей, заменяемых по состоянию. Источник информации – корпоративная база данных ПАО «Сургутнефтегаз».

Планирование эксперимента заключалось в определении необходимого объема выборок для расчета показателей долговечности. Исследовались ресурсы элементов автомобилей, являющиеся невозстанавливаемыми объектами, поэтому их средние ресурсы равны средним наработкам на отказ.

Поскольку предполагалось, что законы распределений наработок не являются нормальными, а соответствуют теоретическим распределениям Вейбулла или экспоненциальному, то процедура расчета необходимого объема репрезентативных выборок достаточно сложна. Поэтому для оценки минимального объема выборок использовались таблицы из нормативного документа [114].

Для использования таблиц из [114] необходимо определить план испытаний. Из 17-ти возможных вариантов выбран план NUN (N – признак объема выборки; U – объекты невозстанавливаемые и незаменяемые в случае отказа; N – испытание до отказа всех испытываемых объектов) [114]. Для распределений Вейбулла и экспоненциального из табл. 7 [114] получено значение объема выборки – не менее 500 единиц.

Экспериментальные данные обработаны, результаты представлены в приложении 5. Фрагменты результатов в графическом виде приведены на рис. 3.22 ... 3.23.

Распределение наработок на отказ накладок тормозных колодок (рис. 3.22) соответствует закону Вейбулла:

$$f(L) = 0,041L^{0,25}e^{-\frac{L^{1,25}}{303}}.$$

Это обусловлено тем, что смешиваются отказы двух типов: постепенные, связанные с изнашиванием накладок; внезапные, связанные с обрывом накладок. Внезапные отказы наступают, как правило, раньше.

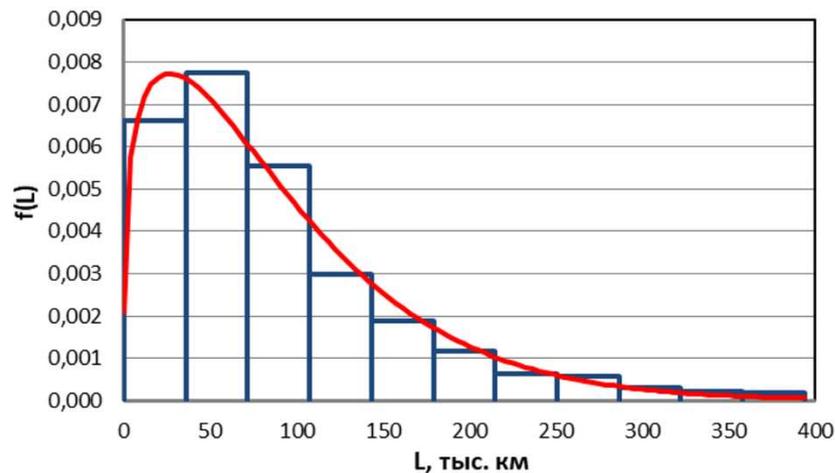


Рисунок 3.22 – Эмпирическое распределение наработок на отказ накладок тормозных колодок 55571-3501105-10

Распределения наработок на отказ приводных ремней описываются экспоненциальным законом. Например, для ремня привода вентилятора 1-8x8,5-850 закон распределения имеет вид (рис. 3.23):

$$f(L) = 0,051e^{-\frac{L}{17,55}}.$$

Такой вид распределения обусловлен тем, что приводные ремни отказывают в результате внезапных отказов, связанных с разрушениями. Результаты обработки экспериментальных данных приведены в табл. 3.5.

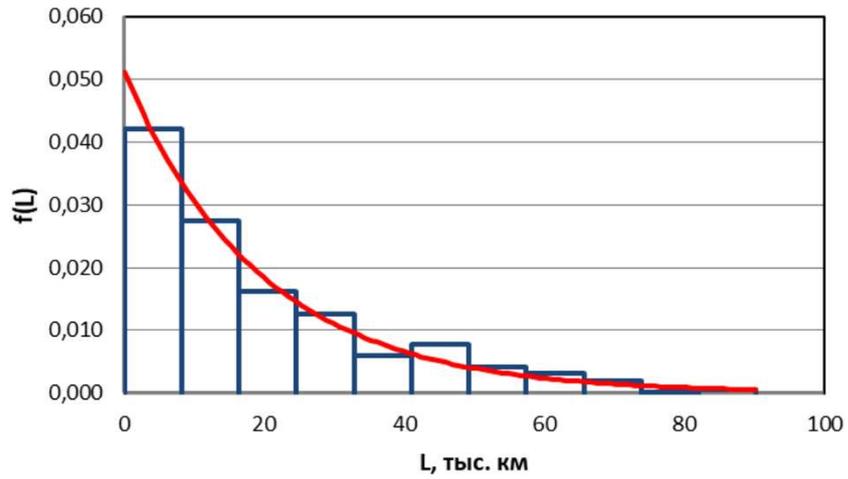


Рисунок 3.23 – Эмпирическое распределение наработок на отказ ремней приводных 1-8x8,5-850

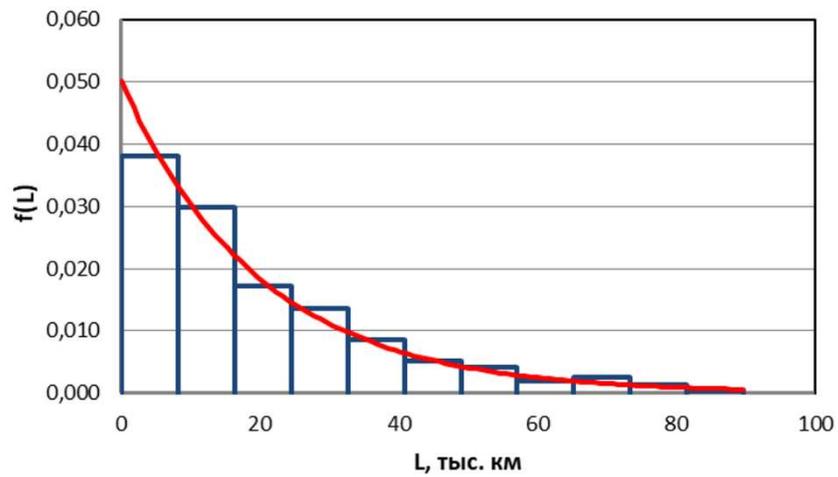


Рисунок 3.24 – Эмпирическое распределение наработок на отказ ремней приводных II-14x10-937

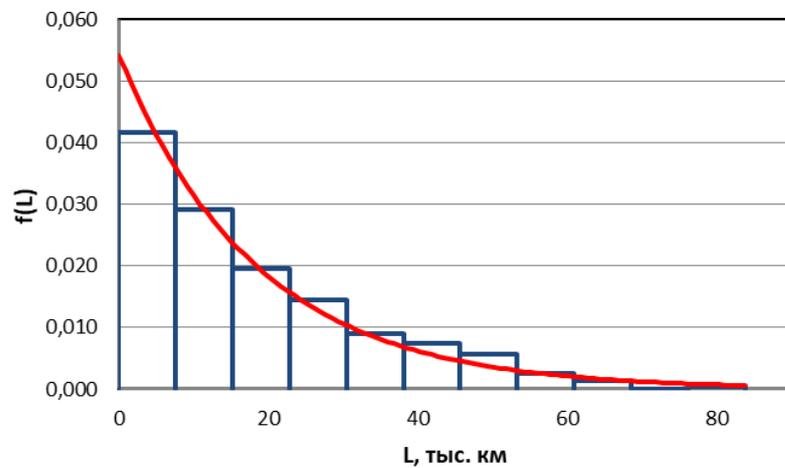


Рисунок 3.25 – Эмпирическое распределение наработок на отказ ремней приводных II-14x10-1037

Таблица 3.5 – Параметры законов распределения наработок на отказ элементов автомобилей, заменяемых при ТО

Наименование элемента	Объем выборки, ед.	Средняя наработка на отказ, тыс. км	Коэффициент вариации	Закон распределения	Вероятность соответствия закону распределения
Накладка 55571-3501105-10	970	89,35	0,815	Вейбулла	0,95
Ремень 1-8x8,5-850	846	19,53	0,899	Экспоненциальный	0,95
Ремень II-14x10-937	787	19,94	0,879	Экспоненциальный	0,95
Ремень II-14x10-1037	884	18,44	0,839	Экспоненциальный	0,95

Полученные результаты позволяют определять потребности в элементах автомобилей, заменяемых при ТО.

3.7. Влияние температуры воздуха на интенсивность отказов приводных ремней

Проверка выдвинутой в разделе 2.3 гипотезы о виде математической модели зависимости интенсивности отказов приводных ремней от температуры воздуха осуществляется на основе пассивного эксперимента.

Эксперимент предусматривал сбор данных о количестве отказов приводных ремней по месяцам в течение года. Минимальное количество отказов в каждом месяце определялось в соответствии с [86], исходя из доверительной вероятности 0,95 и относительной ошибки 0,10.

Для оценки интенсивности отказов λ полученные значения количества отказов за месяц делились на общий пробег всех автомобилей рассматриваемой марки и модели за этот же период. Значения λ сопоставлялись со значениями средних месячных температур. Результаты представлены в виде графиков с экспериментальными точками и аппроксимирующими линиями.

Обработка результатов показала, что для ремней привода гидроусилителя руля удовлетворительную аппроксимацию обеспечивает полином второй степени (рис. 3.26а), а для всех остальных ремней – линейные модели (рис. 3.27). Анализ этого факта показал, что криволинейность рассматриваемой зависимости для ремней привода гидроусилителя руля вызвана существенно более высокими значениями λ в апреле и в октябре по сравнению с другими месяцами. Это обусловлено, вероятно, ухудшением дорожных условий в весенний и осенний периоды и, как следствие, увеличением нагрузки на гидроусилитель руля и его привод. Поэтому две точки, отмеченные на рис. 3.26а красным овалом, удалены, и расчеты выполнены снова. Результаты представлены на рис. 3.26б.

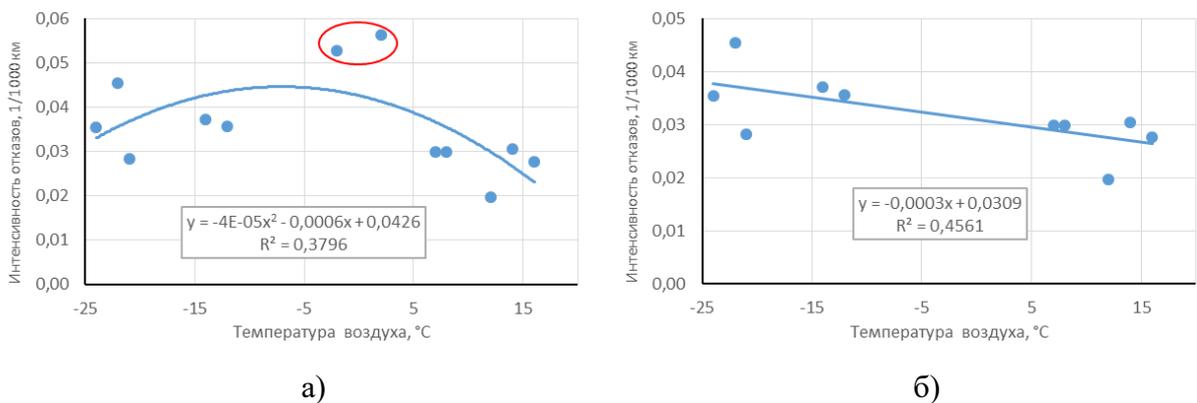


Рисунок 3.26 – Влияние температуры воздуха на интенсивность отказов ремней привода гидроусилителя руля:

а – с учетом отказов в период весенней и осенней распутиц; б – без учета отказов в период весенней и осенней распутиц

Из графика рис. 3.26б видно, что уравнение прямой удовлетворительно аппроксимирует рассматриваемые экспериментальные данные.

Из графиков рис. 3.27 видно, что в трех случаях из четырех рассматриваемых влияние температуры на λ практически одинаково, а на λ ремней привода генератора температура влияет значительно сильнее. Об этом, в частности, говорит значение параметра a_1 , величина которого в три раза больше, чем

для других трех случаев (табл. 3.6). Это обусловлено, вероятно, увеличением нагрузки на генератор с понижением температуры, связанным с включением отопителя салона, снижением емкости аккумуляторной батареи и ростом зарядного тока.

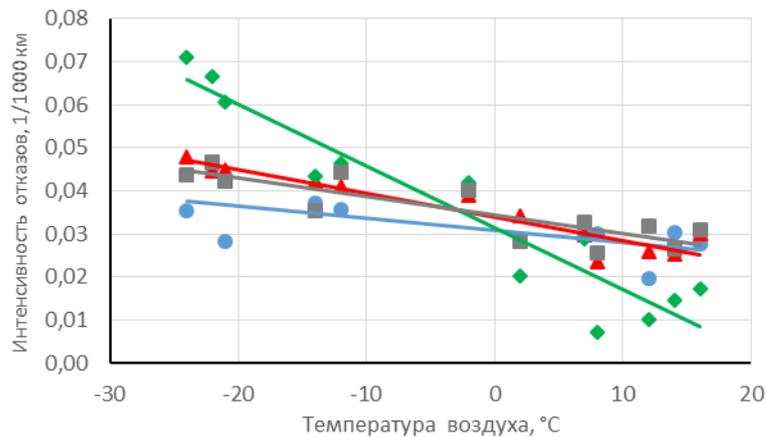


Рисунок 3.27 – Влияние температуры воздуха на интенсивность отказов приводных ремней двигателей автомобилей Урал-4320:

- – ремень привода гидроусилителя руля; ▲ – ремень привода водяного насоса; ◆ – ремень привода генератора; ■ – ремень привода компрессора

Таблица 3.6 – Статистические характеристики и численные значения параметров линейных моделей влияния температуры воздуха на интенсивность отказов приводных ремней двигателей автомобилей Урал-4320

Наименования приводных ремней	Статистические характеристики					Численные значения параметров модели $\lambda = a_0 + a_1 t$	
	r^2	r	n	t_r	$t_{0,95}$	a_0	a_1
Ремень привода гидроусилителя руля	0,4561	0,6754	10	2,59	2,31	0,0309	-0,0003
Ремень привода водяного насоса	0,7354	0,8576	12	5,27	2,23	0,0344	-0,0004
Ремень привода компрессора	0,8971	0,9472	12	9,34	2,23	0,0341	-0,0005
Ремень привода генератора	0,8991	0,9482	12	9,44	2,23	0,0314	-0,0014

Проверка по t-статистике Стьюдента показала, что для всех четырех ремней влияние температуры на интенсивность отказов значимо.

Таким образом, предположение о том, что с понижением температуры

воздуха интенсивность отказов приводных ремней возрастает, подтверждено. Это увеличение связано с ростом нагрузки на ремни из-за повышения сопротивления вращению валов приводимых агрегатов вследствие увеличения вязкости смазочных материалов, а также с ухудшением эластичности материалов ремней.

Для проверки адекватности моделей использовался критерий Фишера. Рассчитанные на основе эксперимента значения дисперсионного отношения F сравнивались с табличными. Для всех случаев с вероятностью 0,95 расчетные значения превысили табличные (табл. 3.7).

Таблица 3.7 – Результаты оценки адекватности линейных моделей зависимости интенсивности отказов приводных ремней двигателей автомобилей Урал-4320 от температуры воздуха

Наименования приводных ремней	n	D	D _{ост.}	F	F _{0,95}
Ремень привода гидроусилителя руля	10	0,000047	0,0000096	4,89	3,79
Ремень привода водяного насоса	12	0,000075	0,0000034	21,92	3,18
Ремень привода компрессора	12	0,000055	0,0000026	20,75	3,18
Ремень привода генератора	12	0,000507	0,0000124	41,01	3,18

Следовательно, подтверждена адекватность линейных моделей влияния температуры воздуха на интенсивность отказов приводных ремней двигателей.

3.8. Влияние сезонных условий на ресурс воздушных фильтров

В разделе 2.7 теоретических исследований выдвинуто предположение о том, что интенсивность загрязнения воздушных фильтров зависит от сезонных условий. Проверка этой гипотезы осуществлялась на основе экспериментальных исследований по определению фактической интенсивности загрязнения фильтров в разные периоды года.

В условиях реальной эксплуатации в течение года ежемесячно измерялась масса фильтрующих элементов на 20 автомобилях Урал-4320. Интенсивность загрязнения фильтра u_{ϕ} рассчитывалась делением приращения массы фильтра за месяц ($m_i - m_{i-1}$) на пробег автомобиля за период между двумя последовательными взвешиваниями ($L_i - L_{i-1}$):

$$u_{\phi} = \frac{m_i - m_{i-1}}{L_i - L_{i-1}},$$

где i – номер измерения.

Для измерения массы фильтрующих элементов использовались весы электронные Mercury M-ER 326AC LCD-32.5 с пределом взвешивания 0,1 ... 30 кг и дискретностью отсчета 1 г (рис. 3.28).



Рисунок 3.28 – Измерение массы фильтрующего элемента

Погрешность измерений определяется как сумма систематической (или приборной) и случайной компонент [23].

Первая компонента – систематическая погрешность определяется ценой

деления используемого прибора, в данном случае – весов. Интенсивность загрязнения фильтров рассчитывается по результатам двух последовательных взвешиваний, следовательно, неисключаемая систематическая погрешность для вероятности 0,95 равна [23]

$$\theta = 1,1\sqrt{1^2 + 1^2} = 1,56 \text{ (г)}.$$

Вторая компонента – случайная погрешность связана с неточность центровки фильтрующего элемента на весах, различной влажностью фильтра и загрязнений. Для определения случайной погрешности выполнен ряд взвешиваний одного и того фильтрующего элемента. По серии из 30 измерений рассчитаны параметры распределения и определены статистические характеристики выборки. Установлено, что с вероятностью 0,95 распределение подчиняется нормальному закону (рис. 3.29). Рассчитана выборочная оценка среднего квадратического отклонения $S_m=1,06$ г.

Граница случайной погрешности рассчитывается по формуле [23]:

$$\varepsilon_m = t_p S_m,$$

где t_p – статистика Стьюдента, определенная по таблице [23] для вероятности P и $n-1$ степеней свободы.

Для $n=30$ и $P=0,95$ значение $t_p=2,047$, поэтому

$$\varepsilon_m = 2,047 \cdot 1,06 = 2,169 \text{ (г)}.$$

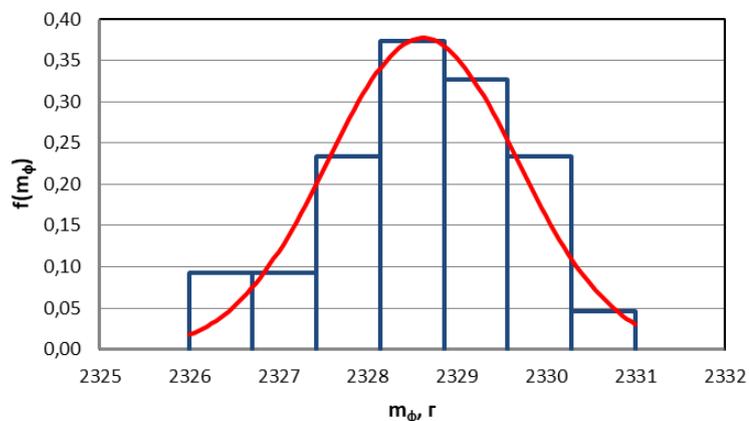


Рисунок 3.29 – Распределение значений массы фильтрующего элемента при многократных повторных измерениях

Если $\frac{\theta}{s_m} < 0,8$, то систематической компонентой погрешности пренебрегают [23]. В данном случае $\frac{1,56}{2,17} = 0,72 < 0,8$, следовательно, погрешность измерений нужно принять на уровне

$$\Delta_m = \varepsilon_m = 2,17 \text{ г.}$$

Минимальная разница между двумя последовательными измерениями массы фильтра составила 103 г, поэтому погрешность в относительных единицах составит не более

$$\Delta_m = \frac{2,17 \text{ г}}{103 \text{ г}} \cdot 100 \% = 2,11 \%.$$

Значения показателей сезонных факторов определялись по данным [138]. Средняя техническая скорость определялась на основании данных спутникового мониторинга движения автомобилей.

При обработке экспериментальных данных рассчитаны средние по каждому месяцу интенсивности загрязнения фильтрующих элементов. Сопоставляя полученные данные и средние месячные значения показателей рассматриваемых факторов, получили эмпирические зависимости, представленные на рис. 3.30 ... 3.32.

Результаты корреляционного анализа рассматриваемых связей представлены в табл. 3.8.

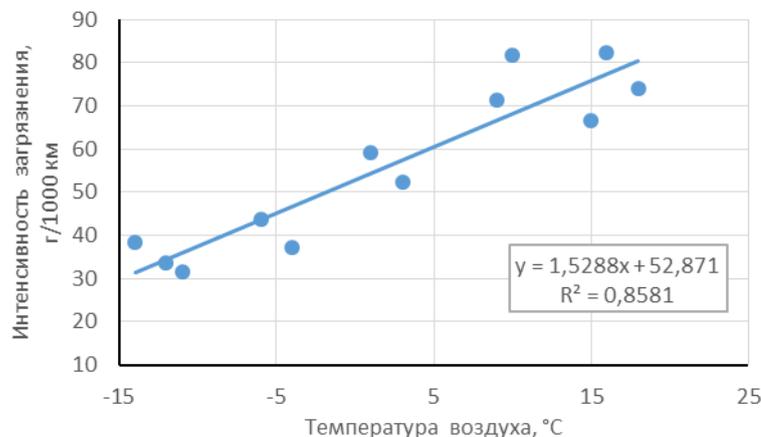


Рисунок 3.30 – Влияние средней месячной температуры воздуха на интенсивность загрязнения фильтрующих элементов воздушных фильтров

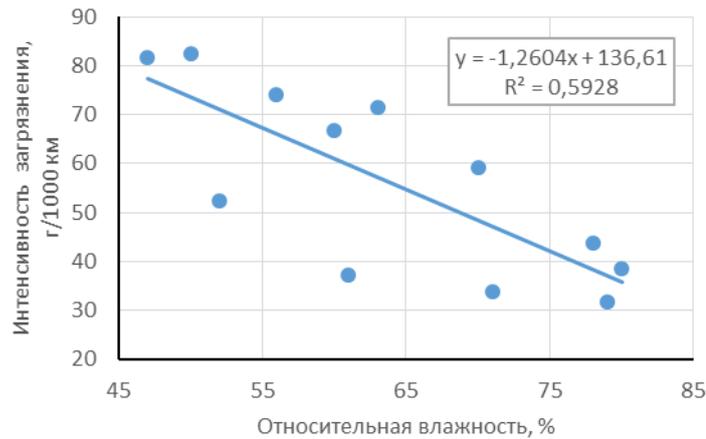


Рисунок 3.31 – Влияние средней месячной относительной влажности воздуха на интенсивность загрязнения фильтрующих элементов воздушных фильтров

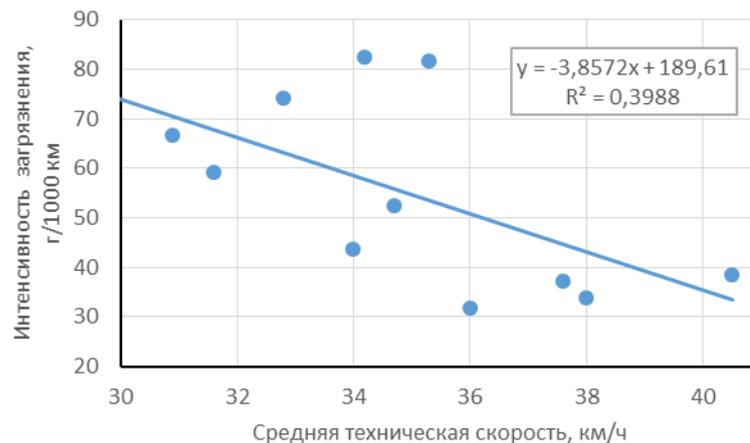


Рисунок 3.32 – Влияние средней технической скорости движения автомобилей на интенсивность загрязнения фильтрующих элементов воздушных фильтров

Проверка значимости коэффициентов парной корреляции факторов и интенсивности загрязнения фильтрующих элементов показала, что с вероятностью выше 0,95 температура и влажность воздуха, а также средняя техническая скорости автомобилей влияют существенно. Влияние количества осадков и скорости ветра несущественно: t-статистика Стьюдента для них составила 0,24 и 0,56 при критическом значении $t_{0,90} = 1,81$.

Проверка по критерию Фишера (табл. 3.9) показала, что для трех значимых факторов линейная модель адекватно описывает их влияние на интенсивность загрязнения фильтрующих элементов: дисперсионное отношение Фишера составило 3,85 ... 26,41 при критическом значении $F_{0,95} = 3,18$.

Таблица 3.8 – Оценка значимости факторов, влияющих на интенсивность загрязнения фильтрующих элементов воздушных фильтров

Наименования факторов	r^2	r	n	t_r	$t_{0,95}$	$t_{0,90}$
Температура воздуха t	0,858	0,926	12	7,78	2,23	1,81
Влажность воздуха h	0,593	0,770	12	3,82	2,23	1,81
Количество осадков H	0,020	0,140	12	0,24	2,23	1,81
Скорость ветра V_B	0,096	0,310	12	0,56	2,23	1,81
Средняя техническая скорость V_T	0,699	0,836	12	4,82	2,23	1,81

Таблица 3.9 – Результаты оценки адекватности моделей влияния факторов на интенсивность загрязнения фильтрующих элементов воздушных фильтров автомобилей Урал-4320

Наименования факторов	n	D	$D_{ост.}$	F	$F_{0,95}$
Температура воздуха	12	360,8	13,66	26,40	3,18
Влажность воздуха	12	360,8	11,91	10,63	3,18
Средняя техническая скорость	12	360,8	93,70	3,85	3,18

Далее проверено наличие корреляционных связей между факторами. Установлено, что между температурой воздуха и средней технической скоростью существует статистически значимая корреляционная связь (табл. 3.10): t -статистика коэффициента корреляции составила 3,20 при критическом значении $t_{0,90} = 1,81$.

Между температурой воздуха и относительной влажностью воздуха статистически значимая корреляционная связь отсутствует: t -статистика коэффициента корреляции составила 1,56 при критическом значении $t_{0,90} = 1,81$.

Таблица 3.10 – Оценка значимости корреляционной связи температуры воздуха с сезонными факторами

Наименования факторов	r^2	r	n	t_r	$t_{0,95}$	$t_{0,90}$
Средняя техническая скорость	0,5064	0,7116	12	3,20	2,23	1,81
Влажность воздуха	0,1961	0,4428	12	1,56	2,23	1,81

В графическом виде связи между факторами представлены на рис. 3.33 и 3.34.

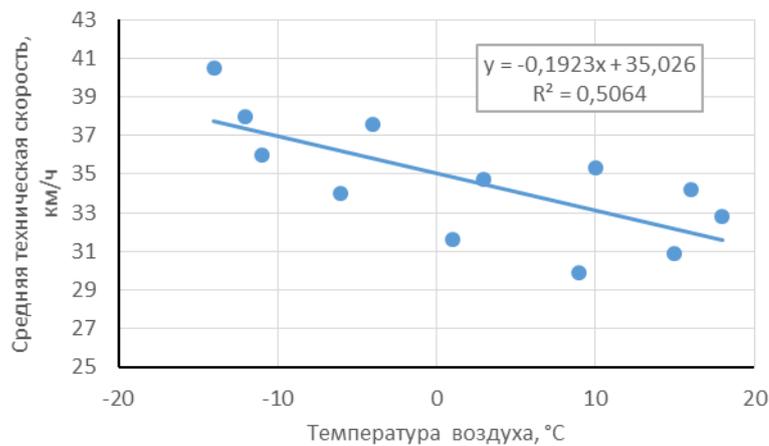


Рисунок 3.33 – Корреляционная связь температуры воздуха и средней технической скорости движения автомобилей

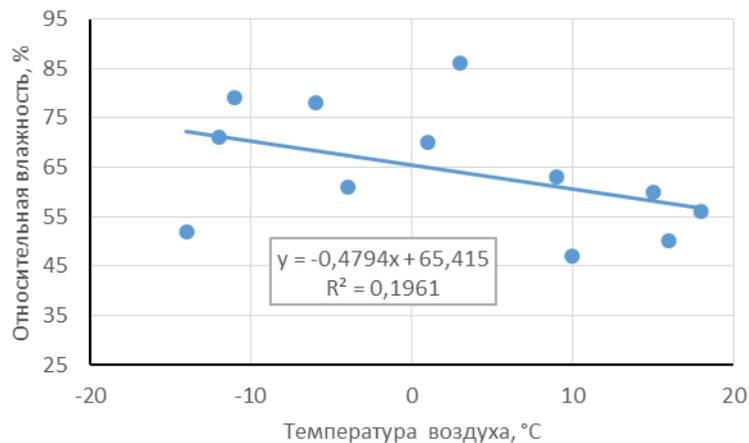


Рисунок 3.34 – Корреляционная связь температуры и относительной влажности воздуха

На основе полученных результатов средняя техническая скорость исключена из перечня влияющих факторов.

Для построения многофакторной математической модели правые части однофакторных моделей перемножаются:

$$m = a_0 + a_1 t;$$

$$m = b_0 + b_1 h;$$

$$(a_0 + a_1 t) \times (b_0 + b_1 h) = a_0 b_0 + b_0 a_1 t + a_0 b_1 h + a_1 t b_1 h.$$

Обозначим:

$$A_0 = a_0 b_0; A_1 = b_0 a_1; A_2 = a_0 b_1; A_3 = a_1 b_1.$$

Получим:

$$m = A_0 + A_1 t + A_2 h + A_3 t h.$$

Численные значения параметров этой модели, полученные методом наименьших квадратов на основе результатов проведенного эксперимента, представлены в табл. 3.11.

Таблица 3.11 – Численные значения параметров двухфакторной математической модели влияния температуры и относительной влажности воздуха на интенсивность загрязнения фильтрующих элементов воздушных фильтров двигателей автомобилей Урал-4320

Наименования параметров	Единицы измерения	Численные значения
A_0	г/1000 км	71,6
A_1	г/(1000 км °С)	1,23
A_2	г/(1000 км %)	-0,418
A_3	г/(1000 км °С %)	-0,0082

Коэффициент множественной корреляции для модели составил 0,87, а коэффициент детерминации – 0,76, что свидетельствует о достаточно полном учете факторов (табл. 3.12). Проверка значимости коэффициента множественной корреляции показала, что t-статистика Стьюдента превышает критические

значение с вероятностью 0,95. Рассчитанное после эксперимента дисперсионное отношение Фишера составило 6,31, это значение превышает критическое для вероятности 0,95. Средняя ошибка аппроксимации равна 8,64 %. Таким образом, на основе эксперимента доказана адекватность модели полученным экспериментальным данным.

Таблица 3.12 – Статистические характеристики двухфакторной модели зависимости интенсивности загрязнения фильтрующих элементов воздушных фильтров от температуры и относительной влажности воздуха

Наименования статистических характеристик	Численные значения
Коэффициент множественной корреляции R	0,87
Коэффициент множественной детерминации R ²	0,76
t-статистика коэффициента множественной корреляции t _R	5,63
Дисперсионное отношение Фишера F	6,31
Средняя ошибка аппроксимации ε, %	8,64
Вероятность превышения t _R критического значения	0,95
Вероятность превышения F критического значения	0,95

Полученная модель – линейная двухфакторная со смешанным эффектом (смешанный эффект – произведение факторов th). Присутствие в модели смешанного эффекта позволяет изменять тенденцию влияния одного фактора при изменении другого. Целесообразность включения смешанного эффекта определяется на основе оценки значимости его влияния на функцию отклика.

Оценка значимости смешанного эффекта проводилась по критерию Стьюдента. Статистические характеристики приведены в табл. 3.13. Расчетная t-статистика коэффициента корреляции смешанного эффекта th и интенсивности загрязнения фильтров составила 6,63, что превышает критическое значение $t_{0,95} = 2,23$. График влияния смешанного эффекта th на интенсивность загрязнения фильтров представлен на рис. 3.35.

Таблица 3.13 – Статистические характеристики смешанного эффекта двухфакторной математической модели

Статистические характеристики	r^2	r	n	t_r	$t_{0,95}$
Численные значения	0,8148	0,9027	12	6,63	2,23

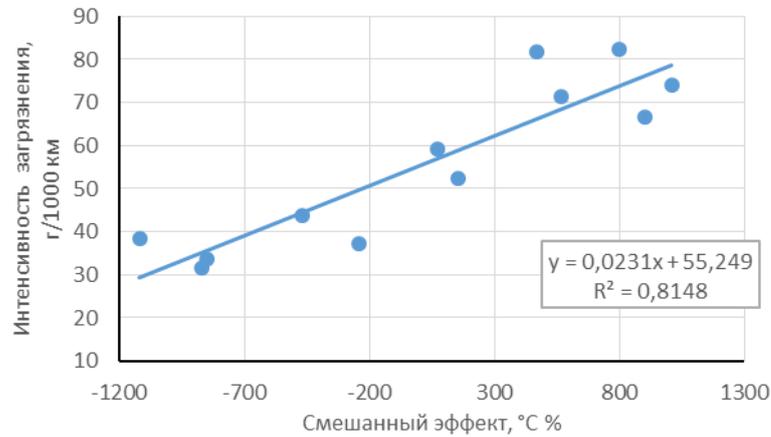


Рисунок 3.35 – Влияние смешанного эффекта th на интенсивность загрязнения фильтров

Графический вид двухфакторной модели представлен на рис. 3.36.

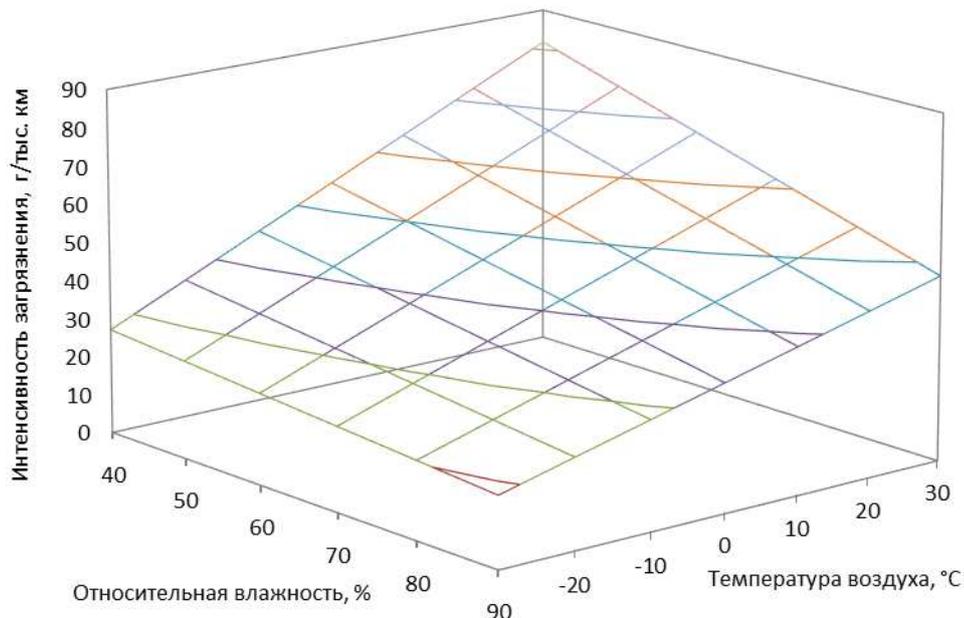


Рисунок 3.36 – Влияние температуры и относительной влажности воздуха на интенсивность загрязнения фильтрующих элементов воздушных фильтров двигателей автомобилей Урал-4320

Из графика рис. 3.36 следует, что при температурах ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ изменение влажности практически не влияет на интенсивность загрязнения фильтров. При повышении температуры влажность оказывает влияние на интенсивность загрязнения, причем чем выше температура, тем сильнее это влияние.

3.9. Оценка адекватности имитационной модели формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей

Рассматриваемая имитационная модель позволяет моделировать поток замен фильтров, а также их ресурс в различных условиях. Для проверки адекватности модели проведены сравнительные натурные и имитационные эксперименты.

Проверка адекватности модели при моделировании потока замен воздушных фильтров проводилась путем сравнения месячных количеств замен в течение года, полученных в результате натурального эксперимента, а также полученные в результате имитационного моделирования для тех же условий. Результаты моделирования представлены на графиках рис. 3.37.

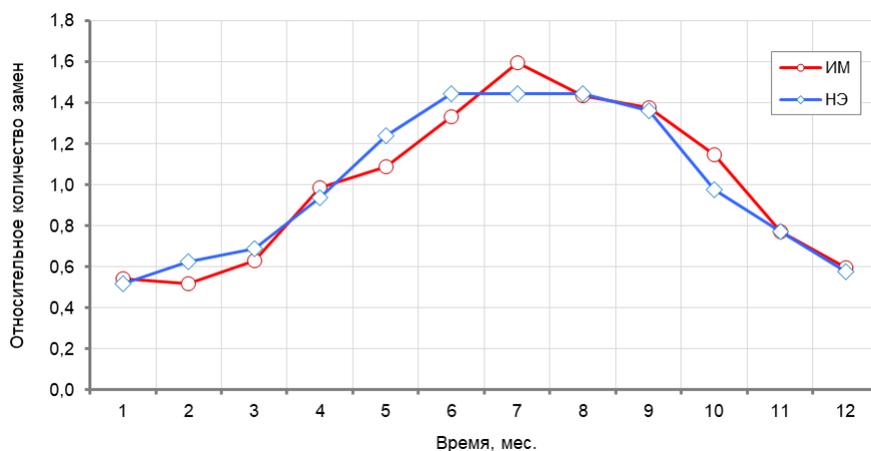


Рисунок 3.37 – Сравнение относительных количеств замен воздушных фильтров, полученных в результате натурального эксперимента (НЭ) и имитационного моделирования (ИМ)

Сравнительный эксперимент показал, что расчетное дисперсионное отношение равно 35,12 и превышает табличное значение критерия Фишера с вероятностью 0,99 (табл. 3.14). По серии из 30 испытаний средняя ошибка аппроксимации составила 7,35 %. Из приведённых данных можно сделать вывод об адекватности модели.

Таблица 3.14 – Результаты оценки адекватности имитационной модели формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей при моделировании потока требований на замену воздушных фильтров

Наименования статистических характеристик	Численные значения
Дисперсия относительного количества замен	0,1354
Остаточная дисперсия	0,0039
Дисперсионное отношение Фишера F	35,12
Вероятность превышения F критического значения	0,99
Средняя ошибка аппроксимации ϵ , %	7,35

Для оценки адекватности модели при моделировании ресурса фильтрующих элементов сравнивались две выборки наработок на их замену. Первая выборка получена на основе натурального эксперимента, заключающегося в обработке базы данных о технических воздействиях на автомобили (рис. 3.38а), а вторая – на основе имитационного моделирования для тех же условий (рис. 3.38б).

Значимость различия в выборочных средних оценивалась по t-статистике несвязанных независимых выборок [46]:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sigma_{x-y}},$$

где \bar{x}, \bar{y} – средние значения выборок x и y ;

σ_{x-y} – среднее квадратическое отклонение разности выборочных средних.

Различия считаются существенными, если $t > t_p$, где t_p – критическое

(табличное) значение t -статистики для вероятности P и числа степеней свободы m .

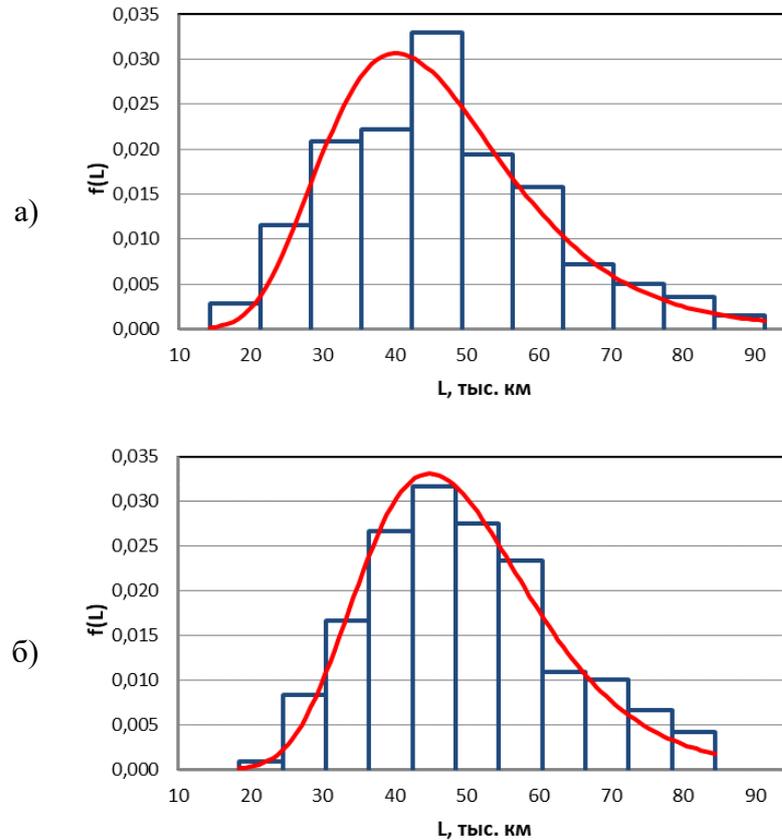


Рисунок 3.38 – Гистограммы распределения наработок на замену фильтрующих элементов воздушных фильтров:

а – результат натурального эксперимента; б – результат имитационного эксперимента

Результаты обработки выборок, а также анализ различия в выборочных средних приведены в табл. 3.15.

Законы распределения для обеих выборок – логарифмически нормальные. Коэффициенты вариации выборок имеют близкие значения – 0,289 и 0,264. Обе выборки имеют существенную положительную асимметрию и отрицательный эксцесс.

Выборочные средние составили 48,02 и 49,71, разница между ними составляет 1,69. Проверка значимости различия в выборочных средних показала, что t -статистика несвязанных независимых выборок составляет 1,24, что

меньше $t_{0,95} = 1,97$. Это свидетельствует о несущественном различии с выборочных средних и подтверждает адекватность рассматриваемой имитационной модели.

Таблица 3.15 – Результаты обработки выборок, полученных в результате натурального и имитационного экспериментов, и оценки значимости различия в выборочных средних

Показатели	Значения для выборок, полученных в результате	
	натурного эксперимента	имитационного эксперимента
Закон распределения	Логнормальный	Логнормальный
Объем выборки	200	200
Минимальное значение	19,33	18,52
Максимальное значение	91,04	84,50
Выборочное среднее	48,02	49,71
Среднее квадратическое отклонение среднего	0,99	0,93
Дисперсия	196,96	171,63
Среднее квадратическое отклонение	14,03	13,10
Коэффициент вариации	0,289	0,264
Коэффициент асимметрии	0,541	0,412
Коэффициент эксцесса	-0,008	-0,308
Вероятность соответствия закону распределения	0,95	0,95
Разница выборочных средних	1,69	
Среднее квадратическое отклонение разности выборочных средних	1,36	
t-статистика несвязанных независимых выборок	1,24	
$t_{0,95}$	1,97	

Таким образом, на основе сравнение результатов натурального и имитационного экспериментов подтверждена адекватность имитационной модели формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей.

3.10. Выводы по разделу 3

1. На основе пассивного эксперимента установлено, что на расход материалов для ТО всех видов существенно влияют сезонные условия: максимальное отклонение месячного расхода от среднемесячного расхода составляет от 23,2 до 212 %. Максимальное месячное количество ТО превышает среднемесячное значение на 27 ... 234 %.

2. Проверена адекватность модели потока требований на ТО в условиях меняющейся интенсивности эксплуатации путем сравнения полученных на основе имитационного эксперимента месячных количеств ТО для автомобилей с фактическими значениями. Средняя ошибка аппроксимации составила 6,87 ... 9,45 %, дисперсионное отношение Фишера превысило с вероятностью не менее 0,95.

3. Доказано, что влияние температуры воздуха на интенсивность отказов ремней привода, гидроусилителя руля, водяного насоса, компрессора, генератора описывается линейными моделями. С вероятностью 0,95 дисперсионное отношение Фишера для них превысило критическое значение. Влияние температуры и относительной влажности воздуха на интенсивность загрязнения воздушных фильтров описывается двухфакторной линейной моделью со смешанным эффектом. Ее адекватность проверена по критерию Фишера, вероятность превышения расчетного значения над критическим – 0,95. Средняя ошибка аппроксимации составил 8,64 %.

4. Проведенные на имитационной модели серии экспериментов показали, что с увеличением интенсивности эксплуатации и уменьшением периодичности ТО количество технических воздействий коэффициент вариации количества ТО снижается. С увеличением производственной программы коэффициент вариации количества ТО снижается и при программе более 500 ед./год стабилизируется на уровне около 0,4. При снижении производственной программы коэффициент вариации количества ТО увеличивается, причем тем

интенсивнее, чем больше коэффициент вариации интенсивности эксплуатации.

5. На основе статистических данных о наработках на отказ установлены средние ресурсы элементов автомобилей, заменяемых по состоянию. Средняя наработка на отказ тормозных колодок автомобилей Урал-4320 составила 89,4 тыс. км, средние наработки приводных ремней двигателей – 18,44 ... 19,44 тыс. км.

6. Адекватность имитационной модели формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей проверялась при моделировании потока замен воздушных фильтров, а также ресурсов фильтров до замены проводилась путем сравнения данных, полученных в результате натурного эксперимента, а также в результате имитационного моделирования для тех же условий. Вероятность соответствия модели экспериментальным данным составила 0,95, средняя ошибка аппроксимации – 7,35 %.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

4.1. Методология использования полученных результатов

Бесперебойное снабжение материалами для ТО автомобилей с минимальными затратами – сложная задача. При ее решении необходимо учитывать факторы, влияющие на расход и необходимые запасы материалов. На основе выполненных исследований установлено, что на интенсивность расходования ресурсов для ТО существенно влияют сезонные условия. Известно, что по сезонам существенно меняются интенсивность эксплуатации, температура и влажность воздуха. Эти факторы определяют поток требований на материалы.

Рассматриваемый поток требований на материалы для ТО – нестационарный, то есть его характеристики меняются по времени. Изменение обусловлено вариацией по времени интенсивности и условий эксплуатации. Поэтому при планировании потребности в ресурсах необходимо не только определять расход за какой-либо период (например, год), но и распределять его по времени.

Учитывая наличие двух различных тактик проведения ТО – по наработке (I-1) и по состоянию (I-2), материалы необходимо разделять на две соответствующие группы, поскольку планирование потребности в них осуществляется по-разному.

Расход материалов первой группы зависит от норматива периодичности замены и интенсивности эксплуатации автомобилей.

Для планирования потребности в материалах, заменяемых по наработке, необходим прогноз количества обслуживаний по ступеням, развернутый во времени. Разработанная в данных исследованиях имитационная модель позволяет решить эту задачу.

Используя результаты этого прогноза и зная количество расходуемого

на одно обслуживание материала по каждой позиции номенклатуры, можно определить потребность на рассматриваемый период, распределенную по времени.

Расход материалов, заменяемых по состоянию, зависит от наработок на замену и интенсивности эксплуатации.

Наработки на замену зависят от условий эксплуатации. Все материалы второй группы можно разбить на две подгруппы по типу отказов: 1 – заменяемые после внезапного отказа (например, лампочки приборов освещения и световой сигнализации); 2 - заменяемые после постепенного отказа (например, тормозные колодки).

Для определения средних наработок на замену материалов первой подгруппы необходимо организовать сбор статистики о фактических наработках. Для материалов второй подгруппы можно планировать расход как с использованием средних наработок на замену, определенных как на основе статистического материала, так и на основе индивидуального (по каждому автомобилю) прогнозирования момента достижения предельного состояния.

4.2. Методика определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий

4.2.1. Расчет годовых и месячных потребностей

Для материалов группы 1, которые заменяются по наработке, расход за год рассчитывается по формуле:

$$P_{1Г} = N_{ТОГ} \cdot p_{ТО} \cdot k_{п},$$

где $N_{ТОГ}$ – плановое количество ТО, ед./год;

$p_{ТО}$ – расход материала на одно ТО, ед. (кг, л);

$k_{п}$ – коэффициент повторяемости операции замены данного материала.

Ранее было установлено, что потребность в технических обслуживаниях

варьирует в течение года [33, 43]. Следовательно, потребность в материалах для ТО в i -м месяце с учетом сезонной вариации можно рассчитать по формуле:

$$P_{1i} = \frac{1}{12} \cdot P_{1г} \cdot k_{C1} ,$$

где k_{C1} – коэффициент сезонной неравномерности потребности в материалах для ТО, заменяемых по наработке.

$$k_{C1} = 12 \frac{N_{ТОi}}{N_{ТОг}}$$

где $N_{ТОi}$ – количество ТО данного вида в i -м месяце.

Для материалов, заменяемых по состоянию, расход определяется, исходя из средней наработки на замену:

$$P_{2г} = \frac{L_{г} \cdot A_{с} \cdot p_{ТО}}{\bar{L}} ,$$

где $L_{г}$ – годовой пробег автомобиля;

$A_{с}$ – списочное количество автомобилей;

\bar{L} – средняя наработка на замену по состоянию.

Для технических жидкостей здесь $p_{ТО}$ (расход материала на одно ТО) – средний объем долива (л), а \bar{L} – средняя наработка на долив.

Потребность в материалах для ТО, заменяемых по состоянию, в i -м месяце можно рассчитать по формуле:

$$P_{2i} = \frac{1}{12} \cdot P_{2г} \cdot k_{C2} ,$$

где k_{C2} – коэффициент сезонной неравномерности потребности в материалах для ТО, заменяемых по состоянию.

$$k_{C2} = 12 \frac{N_{3i}}{N_{3г}} ,$$

где N_{3i} – количество замен материала данного вида в i -м месяце, ед.;

$N_{3г}$ – количество замен материала данного вида за год, ед.

4.2.2. Расчет страхового запаса

Страховой запас (СЗ) предназначен для снижения рисков отсутствия материалов для ТО вследствие вариации спроса, нарушения договорных обязательств по поставке, колебания времени транспортировки (отказы автомобилей при перевозке, сложные природно-климатические условия и так далее).

Размер СЗ зависит от вариации среднего вала времени между поставками [135], а также от расстояния от предприятия до источника снабжения [113]. Предлагаются различные варианты формул для расчета размера СЗ. В [135] рекомендуют размер СЗ, равный $\frac{1}{2}$ доверительного интервала среднего времени между поставками, а в [113] – $\frac{1}{2}$ текущего запаса, а также произведению среднего расхода и половины разности между максимальным фактическим и плановым временем поставки. При малом расстоянии до источника снабжения размер СЗ может быть равен $\frac{1}{3}$ текущего запаса и даже менее [113].

$$P_{СЗ} = 0,5 p_{\text{дн.}} k_c (1 + t_p V_N) (T_{\text{ф.}}^{(\text{max})} - T_{\text{пл.}}),$$

где $p_{\text{дн.}}$ – средний дневной расход материалов;

k_c – коэффициент сезонной неравномерности расхода материалов (раздел 4.2.1);

t_p – t-статистика Стьюдента для вероятности, равной P (при P=0,95 $t_p=1,96$);

V_N – коэффициент вариации количества замен материалов (раздел 3.5);

$T_{\text{ф.}}^{(\text{max})}$ – максимальное фактическое время поставки материалов, дни;

$T_{\text{пл.}}$ – плановое время поставки материалов, дни.

Для разных предприятий размер СЗ может существенно отличаться. Например, для Лянторского Управления технологического транспорта №2 ПАО «Сургутнефтегаз»

$$P_{СЗ} = 0,5 \cdot 29,6 k_c (1 + 1,96 \cdot 0,4) (6 - 1).$$

В табл. 4.1 приведены размеры СЗ, определенные с учетом сезонной неравномерности спроса.

Таблица 4.1 – Месячное изменение размера страхового запаса материалов для
ТО автомобилей Урал-4320

Номер месяца	$Z_{пр.}$, тыс. руб.	$p_{дн.}$, тыс. руб.	$P_{сз}$, тыс. руб.
1	1191,47	39,1	174,2
2	1018,99	33,4	149,0
3	1070,08	35,1	156,5
4	1309,26	42,9	191,5
5	854,46	28,0	124,9
6	922,79	30,3	134,9
7	636,41	20,9	93,1
8	670,21	22,0	98,0
9	509,54	16,7	74,5
10	707,97	23,2	103,5
11	994,86	32,6	145,5
12	910,25	29,8	133,1

4.2.3. Определение периодичностей и объемов поставок

Поскольку процесс расходования материалов нестационарный, то аналитическим путем рассчитать периодичности и объемы поставок невозможно. Для этого предложена имитационная модель. Ее алгоритм приведен на рис. 4.1.

1. Для расчетов вводятся следующие исходные данные:

T_n – время начала моделирования, дн.;

T_k – время окончания моделирования, дн.;

ΔT – шаг приращения времени, дн.;

A_c – количество автомобилей в парке, ед.;

L_T – средний годовой пробег автомобилей, км;

$P_{пн}, P_{пк}, \Delta P_{п}$ – начальное и конечное значения, шаг увеличения размера разовой поставки;

$P_{по}$ – переходящий остаток материалов;

$P_{n\Sigma}$ - суммарный объем поставки с начала года;

$P_{3\Sigma}$ - суммарный запас материалов

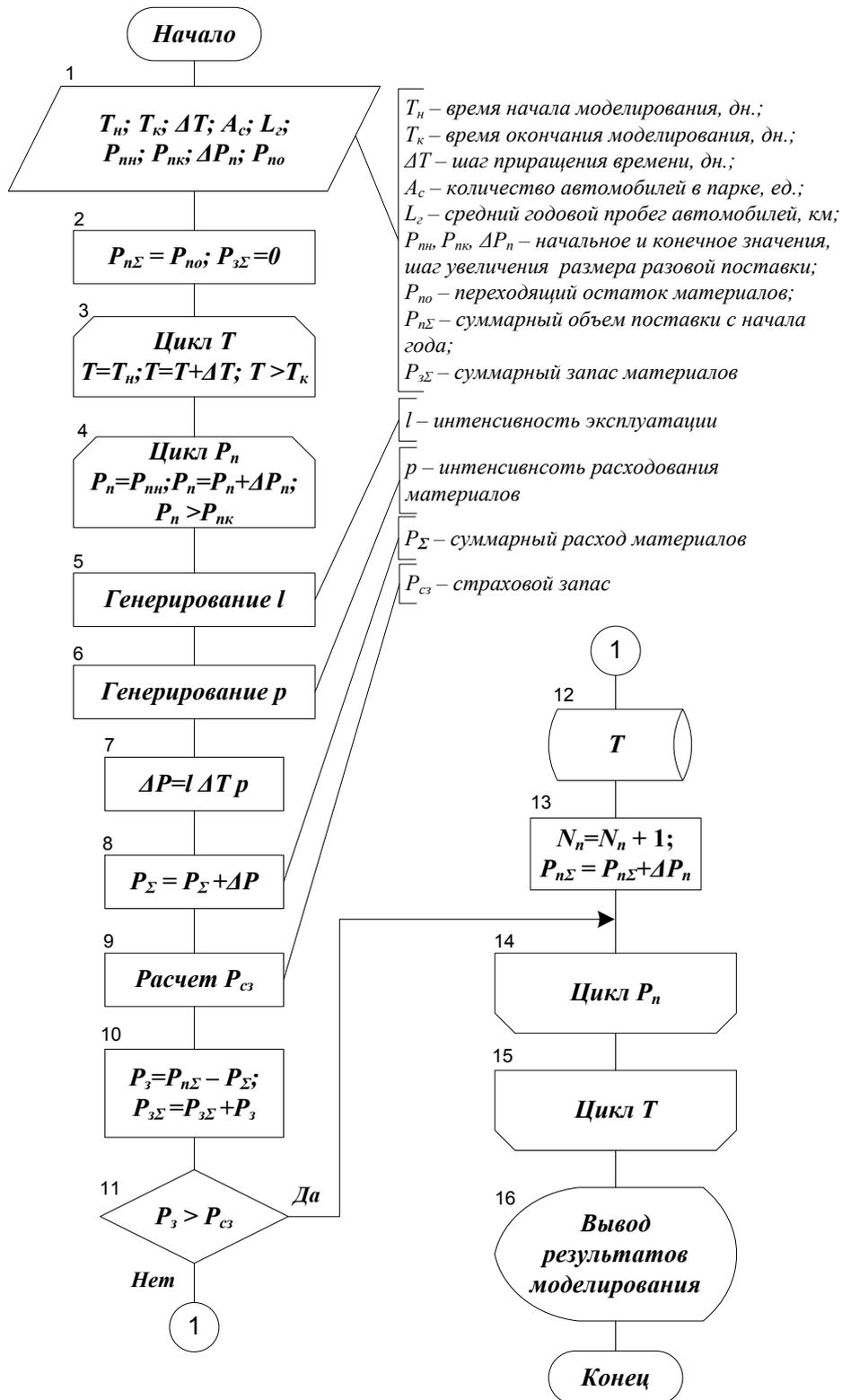


Рисунок 4.1 – Укрупненный алгоритм имитационной модели для определения периодичностей и объемов поставок материалов

2. После ввода исходных данных суммарному запасу материалов присваивается начальное значение, равное переходящему остатку материалов (остаток на 1 января рассматриваемого года), а суммарный запас обнуляется.

3. Далее открывается цикл по времени T , при этом T присваивается значение начала моделируемого периода, например, 1 января.

4. Открывается цикл по размеру разовой поставки $P_{п.}$

5. Генерируется интенсивность эксплуатации. Для этого используется гармоническая модель и генератор случайных чисел для расчета периодической и случайной компонент.

6. Генерируется интенсивность расходования материалов. Для этого используется математическая модель влияния условий эксплуатации на расход материалов, а также генератор случайной компоненты.

7. Рассчитывается расход материалов за цикл.

8. Расход за цикл прибавляется к суммарному расходу.

9. Рассчитывается страховой запас (см. раздел 4.2.2.).

10. Рассчитывается размер запаса в данном цикле путем вычитания суммарного расхода из суммарного объема поставок. Полученный результат прибавляется к суммарному запасу.

11. Проверяется условие превышения текущего запаса над страховым запасом. Если условие соблюдается, то осуществляется переход к блоку 14, в ином случае – к пункту 12.

12. Запись в память текущего момента времени.

13. Увеличение счетчика количества поставок на единицу, увеличение объема поставок на размер одной поставки.

14. Возврат к началу цикла $P_{п.}$

14. Возврат к началу цикла T .

15. Вывод результатов расчетов. Завершение работы модели.

Фрагмент промежуточных результатов моделирования представлен в табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Фрагмент таблицы визуализации результатов моделирования периодичностей и объемов поставок материалов

Дата	Расход, тыс. руб.	Объем поставок, тыс. руб.	Страховой запас, тыс. руб.	Текущий запас, тыс. руб.
1 января 2018 г.	38	400	174	362
2 января 2018 г.	77	400	174	323
...
6 января 2018 г.	231	400	174	169
7 января 2018 г.	269	1 600	174	1 331
8 января 2018 г.	307	1 600	174	1 293
...
8 февраля 2018 г.	1 483	1 600	149	117
9 февраля 2018 г.	1 519	2 800	149	1 281
...
13 марта 2018 г.	2 659	2 800	156	141
14 марта 2018 г.	2 694	4 000	156	1 306
...
13 апреля 2018 г.	3 848	4 000	191	152
14 апреля 2018 г.	3 892	5 200	191	1 308
...
30 декабря 2018 г.	10 767	11 200	133	433
31 декабря 2018 г.	10 796	11 200	133	404
СУММА				258 765
Среднее				709

Полученные в результате расчета ряды значений объемов разовых поставок, их количества и периодичностей, а также средних размеров текущего запаса позволяют рассчитать компоненты целевой функции. Полученные в результате расчетов значения суммарных затрат на приобретение, транспортировку и хранения материалов аппроксимируются полиномом второго порядка. Оптимальный размер поставки определяется исследованием полученной кривой на минимум.

4.3. Программа для моделирования потока требований на ТО автомобилей

Имитационная модель потока требований на ТО, разработанная в разделе 2.6, реализована в виде программы в среде Visual Basic for Applications.

Для управления работой программы служит главная экранная форма (рис. 4.2).

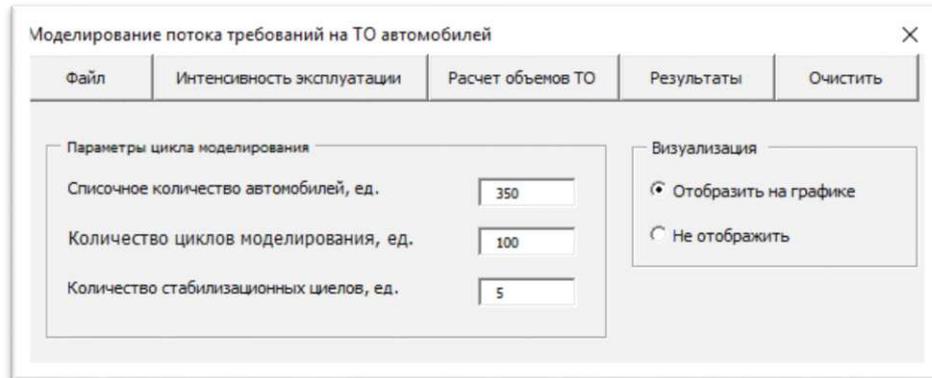


Рисунок 4.2 – главная экранная форма программы для моделирования потока требований на ТО автомобилей

В экранной форме реализован ряд функций, включаемых с помощью кнопок строки меню:

«Файл» - сохранение исходных данных, загрузка исходных данных из файла, выход из программы;

«Интенсивность эксплуатации» – переход к таблице ввода, визуализации и редактирования данных об интенсивности эксплуатации автомобилей (рис. 4.3);

«Расчет объемов ТО» - переход к моделированию;

«Результаты» - переход к просмотру результатов моделирования.

В форме реализован ввод параметров цикла моделирования – списочного количества автомобилей, количества циклов моделирования, а также количества стабилизационных циклов. Кроме того, в форме представлен выключатель визуализации процесса моделирования, позволяющий ускорить расчет.

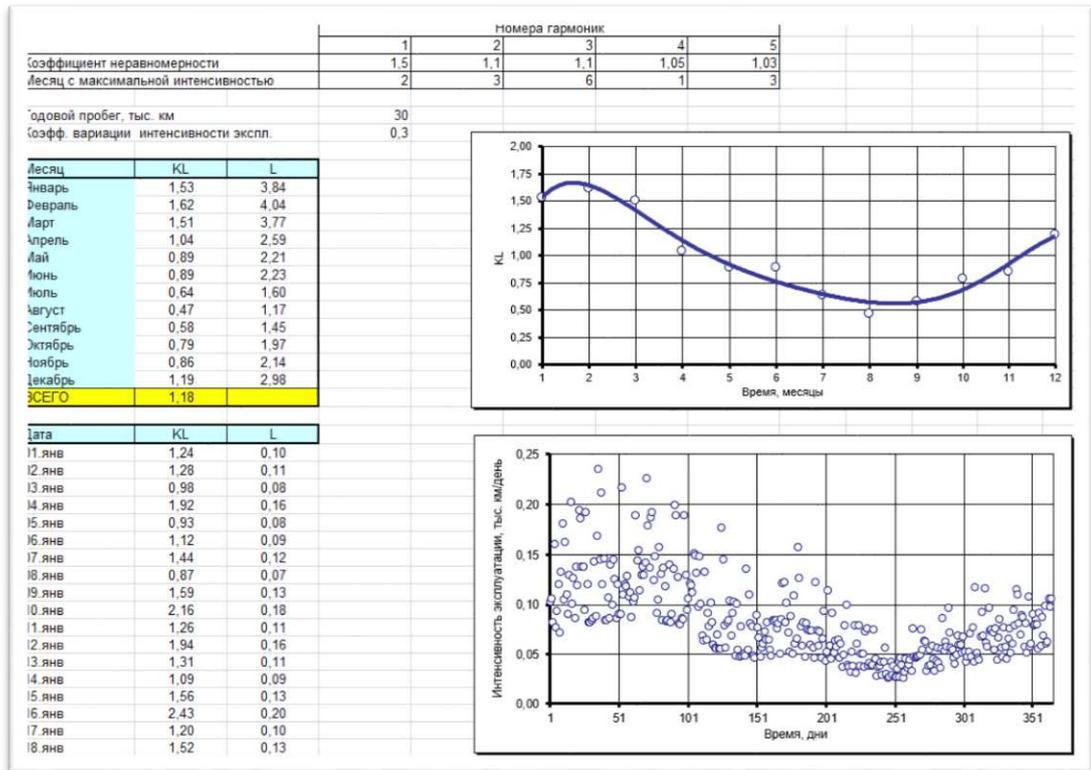


Рисунок 4.3 – Лист ввода, визуализации и редактирования данных об интенсивности эксплуатации автомобилей

Ввод и вывод информации реализован на листах Excel. В одном из них приведена таблица для ввода параметров цикла ТО (рис. 4.4).

Показатели	ТО-2-1	ТО-2-2	ТО-2-3	ТО-2-4	ТО-2-5	ТО-2-6
Наработка с начала цикла ТО, тыс. км	16	32	48	64	80	96
Трудоёмкость, чел.-ч/обсл.	9	10,5	11,2	12,7	10,5	15,4

Рисунок 4.4 – Таблица для ввода параметров цикла ТО

Визуализация процесса моделирования осуществляется с помощью таблицы, размещенной на листе Excel, а также графика (рис. 4.5). В таблицу по колонкам выводится цепочка пробегов каждого автомобиля за день. Если суммарный пробег достигает норматива периодичности ТО, в клеточке указывается номер ступени очередного ТО, например, ТО-6. После достижения конца

цикла ТО суммарный пробег автомобиля до ТО обнуляется, и расчет продолжается. После завершения расчетов результаты выводятся в таблицу (рис. 4.6).

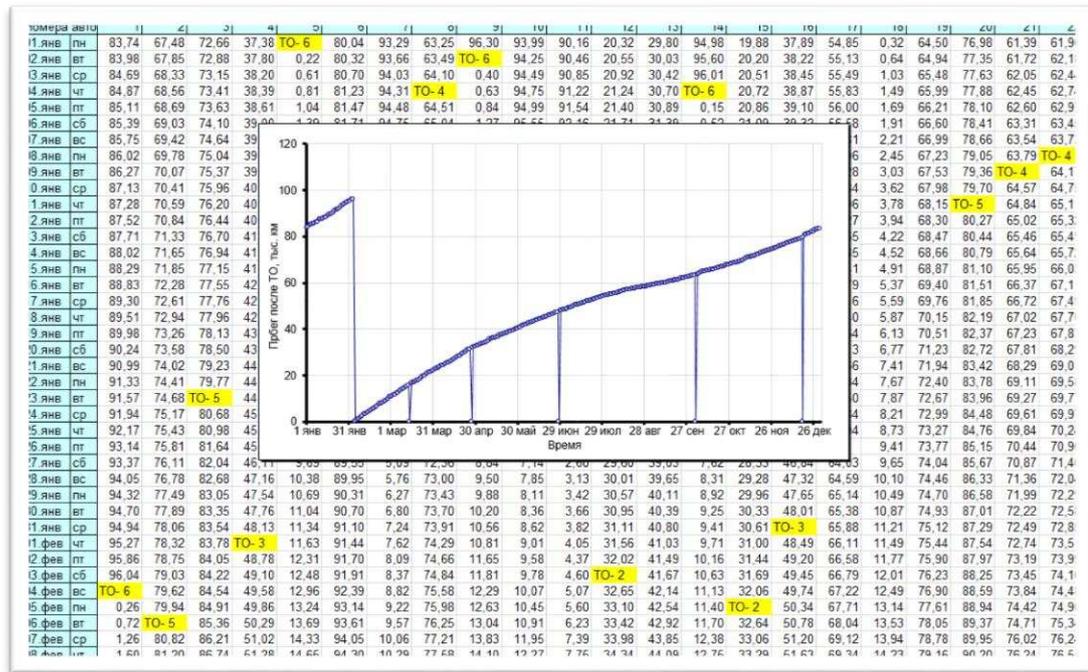


Рисунок 4.5 – Визуализация процесса моделирования

Количество технических воздействий, ед							
Месяц	ТО-2-1	ТО-2-2	ТО-2-3	ТО-2-4	ТО-2-5	ТО-2-6	Всего ТО-2
Январь	12	6	1	21	11	20	71
Февраль	32	6	12	3	22	12	87
Март	12	22	9	13	9	19	84
Апрель	15	12	6	3	9	14	59
Май	17	4	18	6	4	3	52
Июнь	13	9	8	6	3	1	40
Июль	6	12	5	15	6	12	56
Август	10	5	3	5	7	1	31
Сентябрь	7	10	7	4	6	1	35
Октябрь	10	4	4	4	8	8	38
Ноябрь	3	10	15	6	12	2	48
Декабрь	11	9	9	11	8	7	55
ВСЕГО	148	109	97	97	105	100	656
Среднее	12,33	9,08	8,08	8,08	8,75	8,33	54,67
Созфф. вар.	0,591	0,548	0,614	0,703	0,562	0,841	0,336
Объемы работ по ТО, чел.-ч							
Месяц	ТО-2-1	ТО-2-2	ТО-2-3	ТО-2-4	ТО-2-5	ТО-2-6	Всего ТО-2
Январь	108,0	63,0	11,2	266,7	115,5	308,0	872,4
Февраль	288,0	63,0	134,4	38,1	231,0	184,8	939,3
Март	108,0	231,0	100,8	165,1	94,5	292,6	992,0
Апрель	135,0	126,0	67,2	38,1	94,5	215,6	676,4
Май	153,0	42,0	201,6	76,2	42,0	46,2	561,0
Июнь	117,0	94,5	89,6	76,2	31,5	15,4	424,2
Июль	54,0	126,0	56,0	190,5	63,0	184,8	674,3
Август	90,0	52,5	33,6	63,5	73,5	15,4	328,5
Сентябрь	63,0	105,0	78,4	50,8	63,0	15,4	375,6
Октябрь	90,0	42,0	44,8	50,8	84,0	123,2	434,8
Ноябрь	27,0	105,0	168,0	76,2	126,0	30,8	533,0
Декабрь	99,0	94,5	100,8	139,7	84,0	107,8	625,8
ВСЕГО	1332,0	1144,5	1086,4	1231,0	1102,5	1540,0	7437,5

Рисунок 4.6 – Результаты моделирования

4.4. Программа для моделирования потока замен и ресурса фильтров

На основе разработанного в разделе 2.8 алгоритма создана программа для моделирования потока замен и ресурса фильтров. Среда разработки – Visual Basic for Applications.

Главная экранная форма программы представлена на рис. 4.7.

Моделирование потока замен и ресурса фильтров			
Файл	Исходные данные	Моделирование	Результаты
Списочное количество автомобилей, ед.			350
Среднегодовой пробег автомобилей, тыс. км			85
Количество циклов моделирования, ед.			100
Количество стабилизационных циклов, ед.			3

Рисунок 4.7 – Главная экранная форма программы для моделирование потока замен и ресурса фильтров

На главной экранной форме представлена строка меню, включающая пункты:

«Файл» – сохранение исходных данных, загрузка исходных данных из файла, выход из программы;

«Исходные данные» – переход к таблице ввода, визуализации и редактирования исходных данных (рис. 4.8);

«Моделирование» - переход к моделированию;

«Результаты» – переход к просмотру результатов моделирования.

Кроме того, в форме реализован ввод параметров цикла моделирования – списочного количества автомобилей, среднегодового пробега, количества циклов моделирования, а также количества стабилизационных циклов.

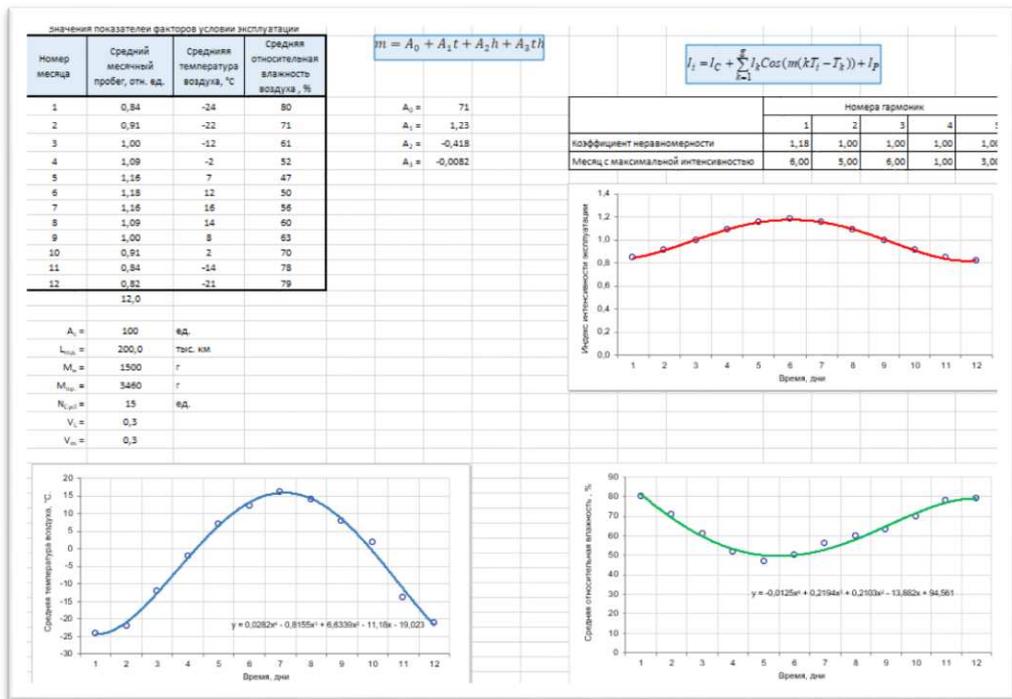


Рисунок 4.8 – Визуализация исходных данных

На листе Excel представлена таблица, отображающая процесс моделирования (рис. 4.9).

	А	В	С	Д	Е	Г	И	К	Л	М	Н
	Дата	T, дни	T, мес.	ΔL, тыс. км	t, °C	H, %	m, г/1000 км	M _г , г	L, тыс. км	M _г , г	L, тыс. км
1	01.январь	1	0,033	0,325	-19,38	87,68	24,44	1507,95	0,33	2571,10	0,33
2	02.январь	2	0,066	0,487	-19,73	87,30	24,36	1515,87	0,81	2579,05	0,81
3	03.январь	3	0,099	0,356	-20,06	86,92	24,29	1527,70	1,17	2590,92	1,17
4	04.январь	4	0,132	0,284	-20,38	86,55	24,22	1536,32	1,45	2599,55	1,45
5	05.январь	5	0,164	0,282	-20,69	86,17	24,15	1543,17	1,73	2606,42	1,73
6	06.январь	6	0,197	0,606	-20,98	85,80	24,09	1549,96	2,34	2613,23	2,34
7	07.январь	7	0,230	0,563	-21,25	85,43	24,04	1564,53	2,90	2627,83	2,90
8	08.январь	8	0,263	0,521	-21,52	85,06	23,99	1578,02	3,42	2641,36	3,42
9	09.январь	9	0,296	0,525	-21,77	84,69	23,94	1590,50	3,95	2653,86	3,95
10	10.январь	10	0,329	0,664	-22,01	84,33	23,90	1603,05	4,61	2666,43	4,61
11	11.январь	11	0,362	0,477	-22,24	83,96	23,86	1618,89	5,09	2682,29	5,09
12	12.январь	12	0,395	0,282	-22,45	83,60	23,83	1630,26	5,37	2693,68	5,37
13	13.январь	13	0,427	0,393	-22,65	83,25	23,80	1636,96	5,76	2700,39	5,76
14	14.январь	14	0,460	0,476	-22,84	82,89	23,78	1646,31	6,24	2709,74	6,24
15	15.январь	15	0,493	0,314	-23,02	82,53	23,77	1657,61	6,55	2721,05	6,55
16	16.январь	16	0,526	0,392	-23,18	82,18	23,75	1665,07	6,95	2728,52	6,95
17	17.январь	17	0,559	0,673	-23,34	81,83	23,75	1674,37	7,62	2737,82	7,62
18	18.январь	18	0,592	0,417	-23,48	81,48	23,75	1690,36	8,04	2753,81	8,04
19	19.январь	19	0,625	0,358	-23,61	81,14	23,75	1700,27	8,39	2763,72	8,39
20	20.январь	20	0,658	0,493	-23,73	80,79	23,76	1708,77	8,89	2772,21	8,89
21	21.январь	21	0,690	0,342	-23,84	80,45	23,77	1720,50	9,23	2783,94	9,23
22	22.январь	22	0,723	0,292	-23,94	80,11	23,79	1728,63	9,52	2792,07	9,52

Рисунок 4.9 – Визуализация процесса моделирования ресурса фильтров

Результаты моделирования также выводятся на листы Excel (рис. 4.10 и 4.11).

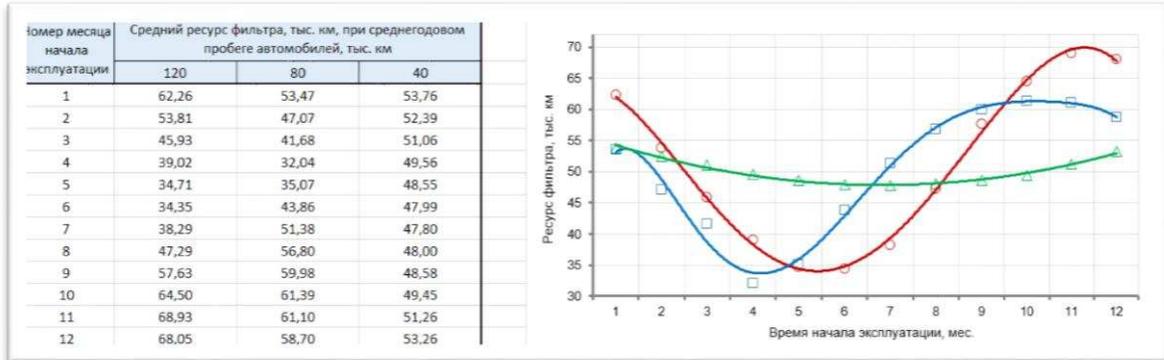


Рисунок 4.10 – Результаты моделирования среднего ресурса фильтров в зависимости от даты начала эксплуатации

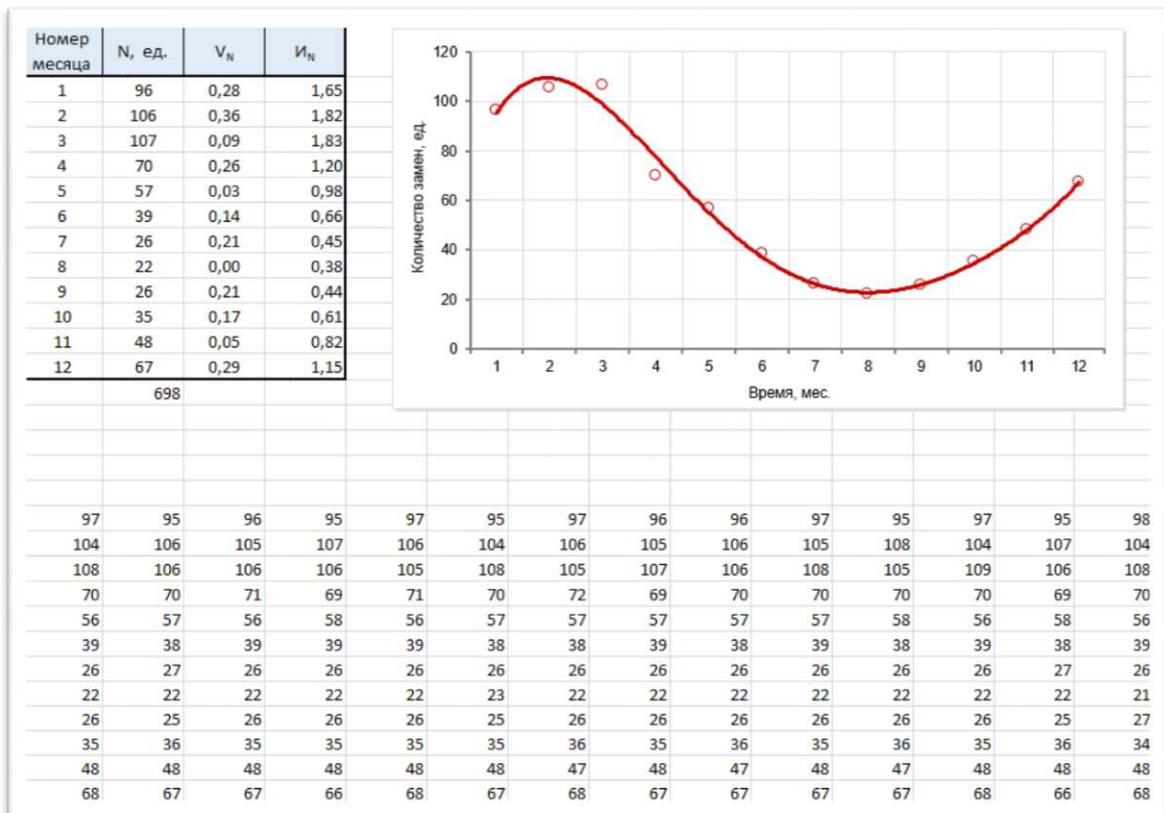


Рисунок 4.11 – Результаты моделирования потока замен фильтров

**4.5. Эффект от использования методики определения
потребности в материалах для технического
обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий**

В соответствие с принятой целевой функцией разработанная методика должна обеспечивать снижение суммарных затрат на, связанных с приобретением, транспортировкой, хранением материалов для ТО автомобилей, а также потерь, связанных с вложением средств в запасы материалов, то есть в оборотный фонд.

Затраты на приобретение ресурсов $C_{пр.}$ рассчитываются как произведение стоимости единицы материала на потребность по каждой позиции номенклатуры. Стоимость материалов определялась по рыночным ценам, информация о которых получена из открытых источников, например, [110]. Потребность в материалах рассчитывалась по методике, изложенной выше в разделе 4.2.

Затраты на транспортировку ресурсов $C_{тр.}$ определяются как произведение затрат на одну поставку и количества поставок. В рассматриваемом случае стоимость одной поставки автомобилем КАМАЗ-53212 на расстояние 110 км составляет 24,6 тыс. руб.

Затраты на хранение ресурсов $C_{хр.}$ составляют 10 % от стоимости среднего запаса за рассматриваемый период [16, с. 291].

Потери, связанные с вложением средств в запасы материалов, рассчитываются по формуле:

$$C_{0ф} = P_{зап.} C_{кр.} / 100,$$

где $P_{зап.}$ – средний размер запаса, тыс. руб.;

$C_{кр.}$ – ставка по кредиту, %.

В соответствие с тактиками проведения ТО рассчитаны годовые потребности в материалах, заменяемых по наработке (табл. 4.1), и материалах, заменяемых по состоянию (табл. 4.3). Далее эти потребности в стоимостном выражении распределены в течение года по месяцам (табл. 4.4, П7.1, П7.2, П7.3).

Таблица 4.3 – Расчет потребности в материалах, заменяемых по наработке

Наименования материалов	Единицы измерения	$k_{п}$	$p_{то}$	$N_{тор, ед.}$	$P_{1г}$	$C, руб.$	$C_{пр.1}, тыс. руб.$
ТО-1							
Смазка консистентная	кг	1,00	1,02	1 560	1 591,20	120	190,94
Масло гидравлическое	л	0,50	0,32	1 560	249,60	60	14,98
Масло трансмиссионное	л	1,00	1,50	1 560	2 340,00	90	210,60
ВСЕГО ТО-1							416,52
ТО-2							
Масло моторное	л	1,00	24,00	520	12 480,00	250	3 120,00
Масло трансмиссионное:							496,31
коробка передач	л	0,50	8,50	520	2 210,00	90	198,90
раздаточная коробка и ведущие мосты	л	0,33	17,00	520	2 917,20	90	262,55
рулевой механизм и ступицы балансиров	л	0,25	2,98	520	387,40	90	34,87
Смазка консистентная	кг	1,00	2,46	520	1 279,20	120	153,50
Масло гидравлическое	л	0,50	4,50	520	1 170,00	60	70,20
Спирт технический	л	0,33	0,50	520	85,80	120	10,30
Антифриз	л	0,17	30,00	520	2 652,00	60	159,12
Элемент фильтра очистки масла	ед.	1,00	2	520	1 040	250	260,00
Элемент фильтра грубой очистки топлива	ед.	1,00	1	520	520	125	65,00
Элемент фильтра тонкой очистки топлива	ед.	1,00	1	520	520	520	270,40
ВСЕГО ТО-2							4 604,83

Таблица 4.4 – Расчет потребности в материалах, заменяемых по состоянию

Наименование	Единицы измерения	$p_{то}$	$\bar{L}, тыс. км$	$L_{г}, тыс. км$	$A_{с}, ед.$	$P_{2г}$	$C, руб.$	$C_{пр.2}, тыс. руб.$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ремень привода гидросилителя руля	ед.	1	22,18	28	260	328	305	100,11
Ремень привода водяного насоса	ед.	1	28,12	28	260	259	260	67,31
Ремень привода генератора	ед.	2	25,77	28	260	565	210	118,65
Ремень привода компрессора	ед.	1	22,15	28	260	329	310	101,89

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Накладка тормозной колодки	ед.	12	53,57	28	260	1 631	265	432,15
Лампа А 24-21-3	ед.	2	24,58	28	260	592	25	14,81
Лампа А 24x5	ед.	2	14,46	28	260	1 007	15	15,10
Элемент фильтра очистки воздуха	ед.	1	50,15	28	260	145	885	128,47
Масло моторное	л	2,37	0,912	28	260	18 918	250	4 729,61
Масло трансмиссионное:								36,64
коробка передач	л	0,78	28,35	28	260	200	90	18,03
раздаточная коробка	л	0,18	65,32	28	260	20	90	1,81
картер рулевого механизма	л	0,15	81,12	28	260	13	90	1,21
редукторы ведущих мостов	л	0,87	38,54	28	260	164	90	14,79
ступицы задней балансирующей подвески	л	0,12	97,87	28	260	9	90	0,80
Масло гидравлическое	л	0,16	56,31	28	260	21	60	1,24
Антифриз	л	2,23	33,65	28	260	482	60	28,95
ВСЕГО								5 386,97

Таблица 4.5 – Распределение затрат на материалы для ТО по месяцам

Номер месяца	С _{пр.1} , тыс. руб.	С _{пр.2} , тыс. руб.	С _{пр.} , тыс. руб.
1	688,64	502,83	1 191,47
2	491,54	527,45	1 018,99
3	491,54	578,53	1 070,08
4	742,85	566,41	1 309,26
5	358,09	496,37	854,46
6	494,41	428,38	922,79
7	202,45	433,96	636,41
8	249,26	420,95	670,21
9	105,54	404,00	509,54
10	282,52	425,44	707,97
11	491,13	503,73	994,86
12	423,37	486,87	910,25
СУММА	5 021,35	5 774,93	10 796,28

Полученные результаты позволили смоделировать процессы потребления и пополнения запасов материалов. Расход материалов суммировался по каждому дню в течение года (синяя линия на рис. 4.12). Суммарный объем

поставок ресурсов отображен на график в виде ломаной линии (рис. 4.12). Ступенька на линии обозначает очередную поставку материалов. Площадь, заштрихованная вертикальными линиями – это объем запасов. Цель проводимых исследований сводится к минимизации объема запасов при ограничении, заключающемся в превышении суммарного объема поставок над суммарным расходом в любой момент времени.

На рис. 4.12 графически отображен процесс потребления и процесс пополнения ресурсов. В настоящее время в транспортных подразделениях ПАО «Сургутнефтегаз» поставки ресурсов осуществляются четыре раза в год поквартально. При этом сезонная вариация интенсивности расходования ресурсов не учитывается. В таких условиях для исключения дефицита материалов предприятия вынуждены создавать излишние запасы для компенсации неравномерности потребления.

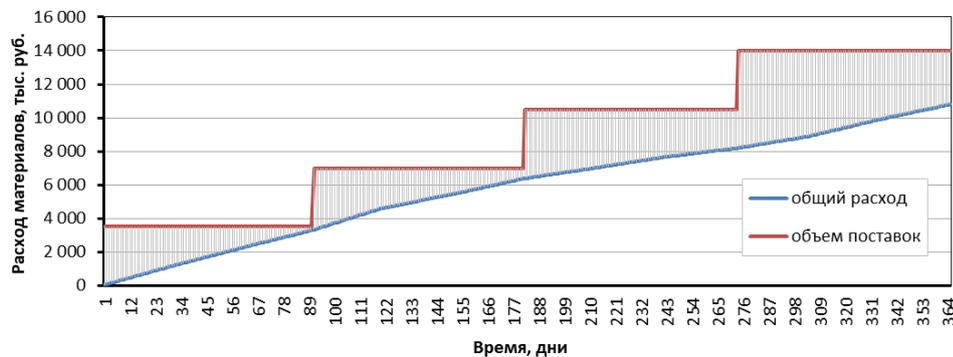


Рисунок 4.12 – Изменение по времени общего расхода и объемов поставок материалов при существующей организации снабжения ($L_T = 28$ тыс. км)

Используя целевую функцию, разработанную в процесс данных исследований, проведена оптимизация периодичности поставок при фиксированном их количестве и объеме. Результат представлен на рис. 4.13. Только за счет этого мероприятия, уменьшив объем разовой поставки с 3 500 тыс. руб. до 2 800 тыс. руб., а также скорректировав моменты поставок, можно снизить среднюю стоимость запасов материалов на 305,01 тыс. руб. для парка из 260

автомобилей семейства Урал-4320.

Комплексная оптимизация объемов, периодичностей и количества поставок материалов (рис. 4.14, 4.15 и 4.16) для тех же условий позволяет снизить среднюю стоимость запасов на 426,87 тыс. руб.

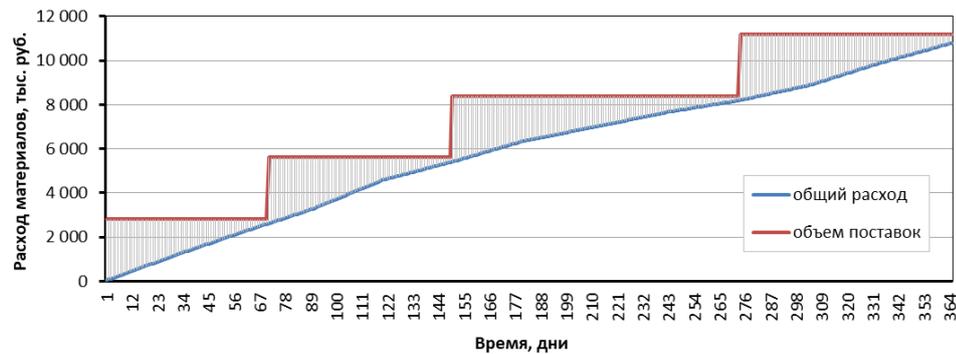


Рисунок 4.13 – Изменение по времени общего расхода и объемов поставок материалов при организации поставок с учетом сезонной вариации расхода материалов ($L_r = 28$ тыс. км)

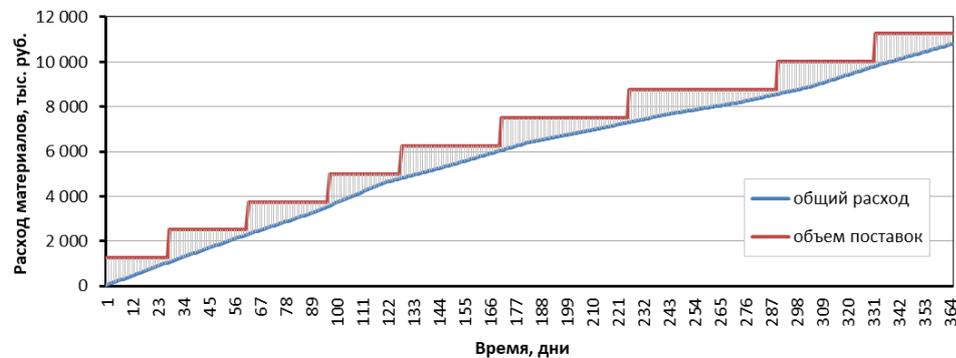


Рисунок 4.14 – Изменение по времени общего расхода и объемов поставок материалов при оптимальных объемах и периодичностях поставок ($L_r = 28$ тыс. км)

Графическая интерпретация уровня реализации цели представлена на рис. 4.17.

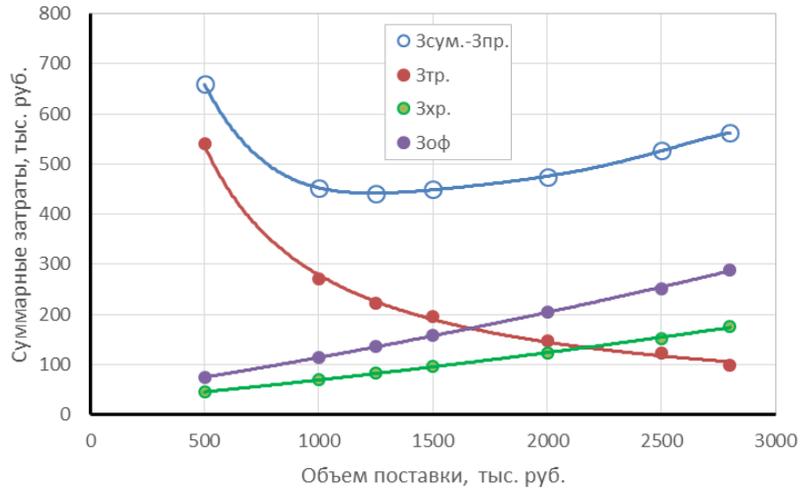


Рисунок 4.15 – Оптимизация объема разовой поставки ($L_T = 28$ тыс. км)

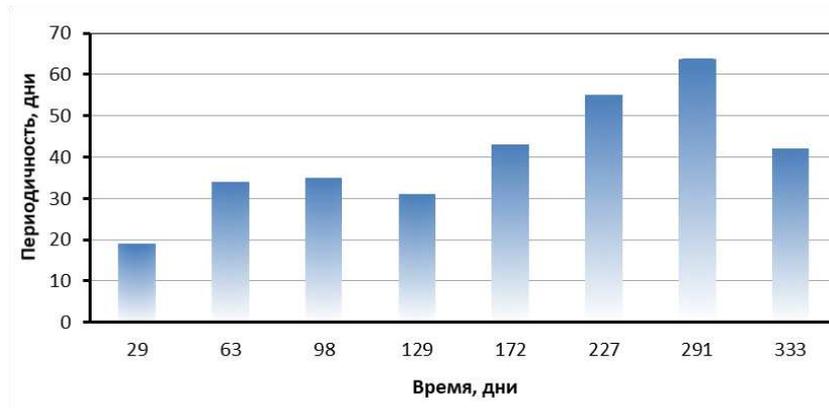


Рисунок 4.16 – Изменение в течение года оптимальных периодичностей поставки ($L_T = 28$ тыс. км)

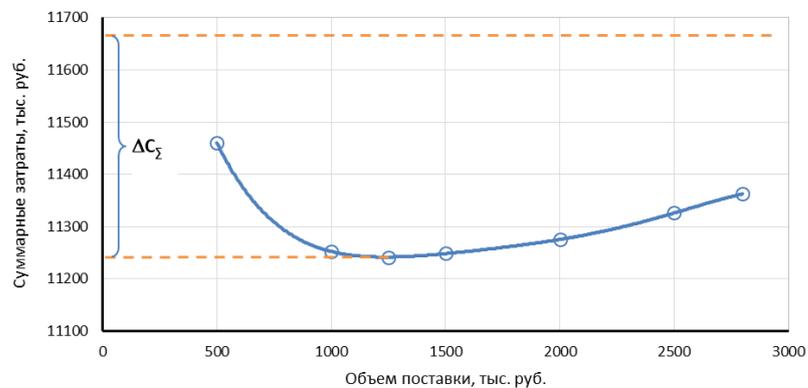


Рисунок 4.17 – Эффект от использования методики определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий ($L_T = 28$ тыс. км)

Аналогичные расчеты проведены для того же парка автомобилей семейства Урал-4320, но при интенсивности эксплуатации 60 тыс. км в год. Результаты в графическом виде приведены на рис. 4.18 и 4.19.

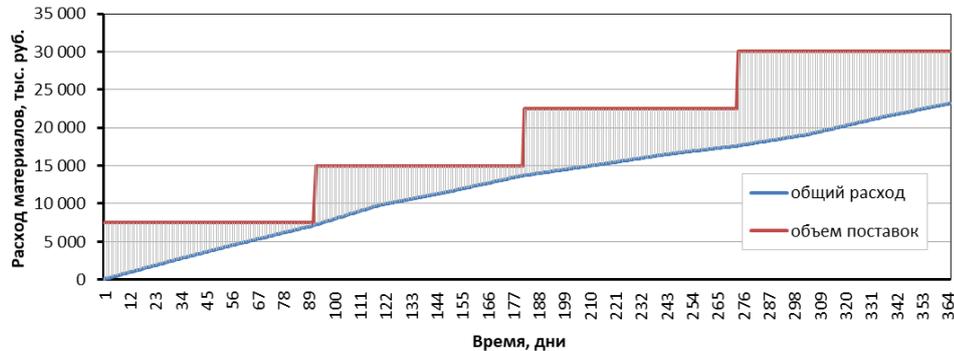


Рисунок 4.18 – Изменение по времени общего расхода и объемов поставок материалов при существующей организации снабжения ($L_T = 60$ тыс. км)

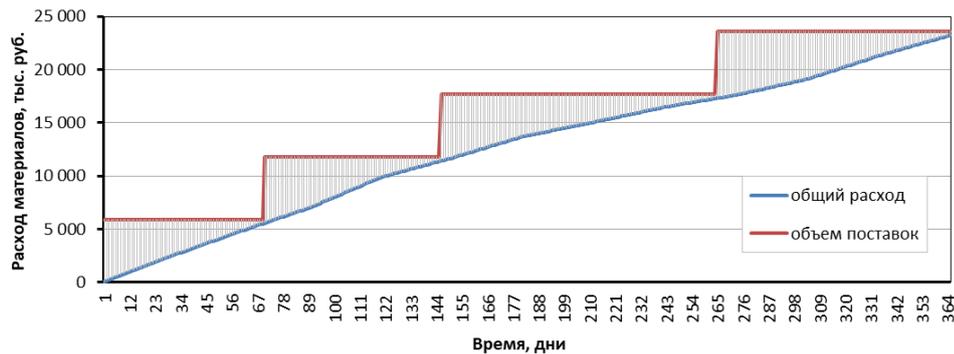


Рисунок 4.19 – Изменение по времени общего расхода и объемов поставок материалов при организации поставок с учетом сезонной вариации расхода материалов ($L_T = 60$ тыс. км)

Эффект от оптимизации периодичности поставок при неизменном их количестве составил 788,37 тыс. руб. в год. При оптимизации объема, периодичности и количества поставок (рис. 4.20) эффект составил 1077,32 тыс. руб. в год по парку из 260 автомобилей семейства Урал-4320 (рис. 4.21), а в расчете на один автомобиль в год – 4,14 тыс. руб.

Результаты расчетов представлены в табл. 4.6.

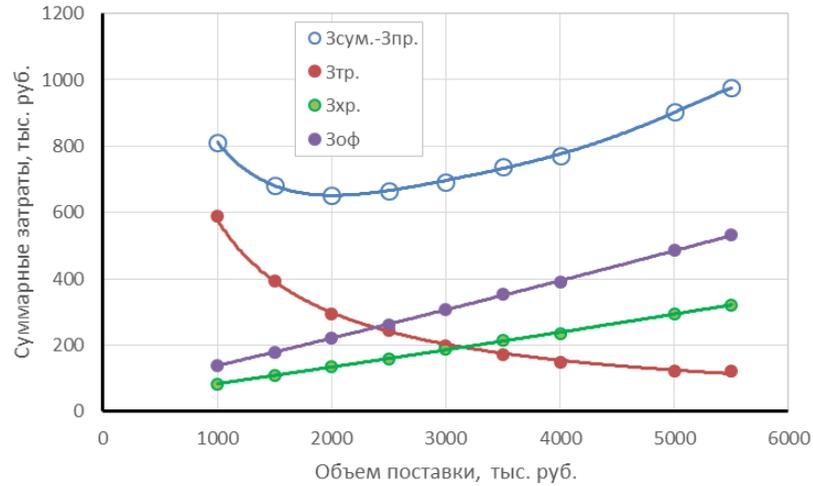


Рисунок 4.20 – Оптимизация объема разовой поставки ($L_T = 60$ тыс. км)

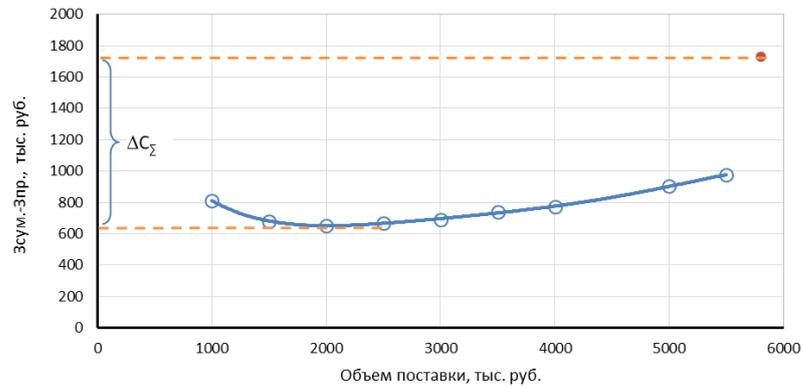


Рисунок 4.21 – Эффект от использования методики определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий ($L_T = 60$ тыс. км)

Таблица 4.6 – Расчет экономического эффекта

Показатели	Значения	
	после внедрения	до внедрения
1	2	3
Переходящий остаток, тыс. руб.	2 000	3 500
Объем поставки, тыс. руб.	2 000	5 800
Количество поставок, ед.	12	4
Страховой запас, тыс. руб.	400	400
Затраты на приобретение, тыс. руб.	23 212	23 212
Затраты на одну поставку, тыс. руб.	24,6	24,6

Продолжение таблицы 4.6.

1	2	3
Затраты на доставку, тыс. руб.	295,2	98,4
Средний объем текущего запаса, тыс. руб.	1 348	6 156
Затраты на хранение, тыс. руб.	134,8	615,6
Ставка по кредиту, %	16,5	16,5
Потери от вложения средств в оборотный фонд, руб.	222,4	1 015,7
Суммарные затраты, тыс. руб.	23 864	24 942
Среднесписочное количество автомобилей в парке, ед.	260	260
Экономический эффект, тыс. руб. в год:		
по парку	1 077	
на один автомобиль	4,14	

Таким образом, проведенные расчеты подтвердили возможность снижения суммарных затрат, связанных с приобретением, транспортировкой и хранением материалов для проведения ТО автомобилей.

4.6. Прогнозирование ресурса сменных элементов воздушных фильтров

Результаты выполненных исследований показали, что интенсивность загрязнения воздушных фильтров существенно зависит от условий эксплуатации. В результате теоретических и экспериментальных исследований установлена закономерность влияния температуры воздуха и относительной влажности на интенсивность загрязнения фильтров автомобилей Урал-4320, разработана двухфакторная математическая модель этой закономерности.

На основе этой модели разработана имитационная модель формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей, которая реализована в виде программы для моделирование потока замен и ресурса фильтров.

Программа позволяет решать следующие задачи.

1. Моделирование потока замен фильтрующих элементов. Для заданного парка автомобилей с определённой интенсивностью и условиями эксплуатации определяется количество требующих замены фильтрующих элементов

в разные периоды времени, например, ежемесячно. Результаты позволяют управлять запасами фильтров, используемых для замены.

2. Прогнозирование ресурсов фильтров в различных климатических условиях. Моделирование на разработанной имитационной модели показали, что ресурс воздушного фильтра существенно зависит от времени года, в которое он заменен. На рис. 4.22 приведен график, показывающий влияние даты начала эксплуатации на ресурс воздушных фильтров. От даты начала эксплуатации зависят средняя температура и влажность воздуха, которые определяют интенсивность загрязнения фильтров. Чем выше интенсивность эксплуатации автомобилей, тем сильнее различие в условиях эксплуатации фильтров, замененных в разные периоды года.

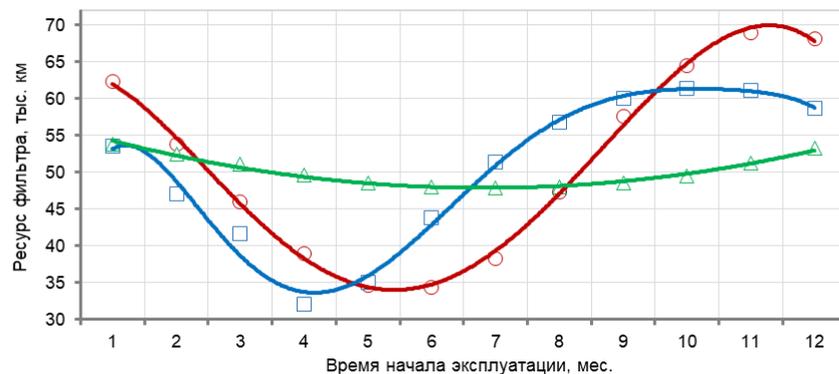


Рисунок 4.22 – Влияние даты начала эксплуатации на ресурс воздушных фильтров при годовом пробеге автомобилей: \triangle – 40 тыс. км; \square – 80 тыс. км; \circ – 120 тыс. км

Учет этого фактора позволяет индивидуально по каждому автомобилю определять момент замены фильтра и планировать их поставку. Такой подход рационально использовать на предприятиях с малым количеством подвижного состава.

На рисунке 4.23 приведен график зависимости ресурса воздушных фильтров от даты начала эксплуатации и годового пробега автомобиля.

Для практического использования полученных результатов разработана

таблица, позволяющая оценивать ресурс фильтров в зависимости от даты начала эксплуатации (табл. 4.7).

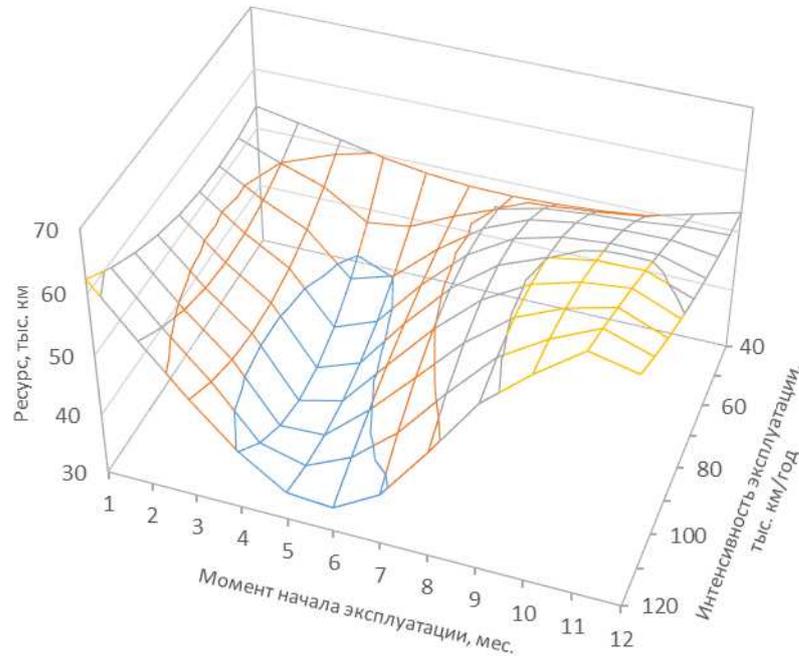


Рисунок 4.23 – Влияние даты начала эксплуатации и интенсивности эксплуатации автомобилей на ресурс воздушных фильтров

Таблица 4.7 – Данные для определения ресурса воздушного фильтра в зависимости от даты начала эксплуатации и годового пробега автомобилей

Номер месяца начала эксплуатации	Средний ресурс фильтра, тыс. км, при среднегодовом пробеге автомобилей, тыс. км								
	120	110	100	90	80	70	60	50	40
1	62,26	59,15	56,70	54,80	53,40	52,60	52,40	52,70	53,76
2	54,21	51,26	49,09	47,70	47,09	47,26	48,21	49,94	52,45
3	46,51	44,07	42,50	41,79	41,93	42,94	44,81	47,54	51,12
4	39,64	35,50	32,90	31,84	32,32	34,34	37,90	43,00	49,64
5	34,64	33,51	33,20	33,71	35,04	37,19	40,16	43,95	48,56
6	34,05	36,98	39,56	41,80	43,71	45,27	46,50	47,38	47,92
7	38,42	43,23	47,00	49,73	51,42	52,07	51,68	50,25	47,78
8	47,65	51,69	54,59	56,35	56,97	56,45	54,79	51,99	48,05
9	57,53	59,42	60,45	60,62	59,93	58,38	55,97	52,70	48,57
10	63,94	64,09	63,67	62,69	61,16	59,06	56,40	53,19	49,41
11	69,38	67,54	65,58	63,50	61,30	58,98	56,54	53,99	51,31
12	67,75	65,09	62,68	60,50	58,57	56,87	55,42	54,20	53,23

Эффект от использования полученных результатов заключается в увеличении ресурса фильтров и снижении потребности в них. Например, если при интенсивности эксплуатации автомобилей 50 тыс. км в год фильтры заменять при осеннем сезонном обслуживании в сентябре – ноябре, то их средний ресурс составит 57,52 тыс. км, а если менять фильтры равномерно в течение года – то только 49,72 тыс. км. То есть, если менять фильтры осенью, то ресурс увеличится на 7,6 %.

4.7. Выводы по разделу 4

1. Разработана методика определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий, позволяющая рассчитывать годовую и месячные потребности, размер страхового запаса с учетом изменения по времени интенсивности и условий эксплуатации автомобилей.

2. Разработаны программы для реализации имитационного моделирования потока требований на ТО автомобилей, а также имитационная модель формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей.

3. Полученные результаты позволяют оптимизировать объемы и периодичности поставок, а также рассчитывать размер страховых запасов материалов с учетом изменения по времени интенсивности и условий эксплуатации автомобилей. Расчетный экономический эффект от применения полученных результатов составил 1077,32 тыс. руб. в год по парку из 260 автомобилей семейства Урал-4320, а в расчете на один автомобиль в год – 4,14 тыс. руб.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований решена научно-практическая задача по повышению эффективности использования автомобилей путем разработки методики планирования потребности автотранспортных предприятий в материалах для технического обслуживания с учетом вариации интенсивности и условий эксплуатации.

2. На основе сформированного по результатам анализа ранее выполненных исследований исходного перечня, а также экспертного анализа установлены факторы, влияющие на расход материалов для ТО автомобилей. К ним относятся интенсивность эксплуатации, транспортные, дорожные, климатические условия, уровень концентрации подвижного состава. Кроме того, установлены факторы, влияющие по вариацию расхода ресурсов для ТО.

3. Показано, что поток требований на ТО является нестационарным. Это положение проверено экспериментально на автомобилях различного назначения 13-ти марок и моделей. Коэффициент неравномерности потока требований на ТО для них составил от 1,27 до 2,34. Разработана имитационная модель потока требований на ТО, позволяющая определять количество технических обслуживаний по ступеням и их распределение во времени с учетом вариации интенсивности эксплуатации автомобилей. Оценка на основе сравнения фактических значений количества ТО и рассчитанных на модели показала ее адекватность с вероятностью не ниже 0,95. Средняя ошибка аппроксимации находится в пределах 6,87 ... 9,45 %.

4. Установлены закономерности и математические модели влияния условий эксплуатации на расход материалов для ТО автомобилей. Экспериментально определены численные значения параметров моделей для автомобилей семейства Урал-4320. Установлено, что на расход материалов для ТО всех видов существенно влияют сезонные условия. Коэффициент неравномер-

ности потока требований на них составил от 1,23 до 3,12. Влияние температуры воздуха на интенсивность отказов ремней привода гидросилителя руля, водяного насоса, компрессора, генератора описывается линейными моделями. Влияние температуры и относительной влажности воздуха на интенсивность загрязнения воздушных фильтров описывается двухфакторной линейной моделью. Вероятность ее адекватности, определенная по критерию Фишера, составила 0,95. Разработана имитационная модель формирования ресурса фильтрующих элементов автомобильных двигателей. Ее адекватность при моделировании потока замен воздушных фильтров, а также ресурсов фильтров до замены проводилась путем сравнения данных, полученных в результате натурального эксперимента, а также в результате имитационного моделирования для тех же условий. Вероятность соответствия модели экспериментальным данным составила 0,95, средняя ошибка аппроксимации – 7,35 %.

5. Разработана методика определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом изменения по времени интенсивности и условий эксплуатации автомобилей, позволяющая оптимизировать объемы и периодичности поставок, а также рассчитывать размер страховых запасов материалов с учетом сезонной вариации интенсивности и условий эксплуатации автомобилей. Эффект от ее использования составляет около 4,14 тыс. руб. на один автомобиль в год.

6. Продолжение исследований в данной области целесообразно в направлении установления закономерностей влияния дорожных, транспортных условий и условий движения на расход материалов для ТО автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонькин, Ф.Н. Изменение технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации [Текст] / Ф.Н. Авдонькин. – Саратов: Издательство Саратовского университета, 1973. – 190 с.
2. Авдонькин, Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей [Текст] : учебное пособие для вузов / Ф.Н. Авдонькин. – М.: Транспорт, 1985. – 215 с.
3. Автомобили Jeep. Техническое обслуживание [Электронный ресурс]. – <http://www.jeep-russia.ru/ru/service/calc-to/>.
4. Автомобили Урал-4320-10, Урал-4320-31 и их модификации. Руководство по эксплуатации 4320-3902035 РЭ (издание восьмое, исправленное и дополненное) [Электронный ресурс] / Режим доступа: – <http://www.aversauto.ru/rukovodstvo/page141>.
5. Аналитическое агентство «Автостат» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.autostat.ru/> (доступ свободный).
6. Андрианов Ю.В. Исследование влияния дорожных и транспортных условий на эффективность технической эксплуатации автомобилей [Текст] / Юрий Васильевич Андрианов : Диссертация ... канд. техн. наук. – М., 1979. – 178 с.
7. Аникеев, В.В. Корректирование нормативов ресурса автомобильных двигателей с учетом сезонной вариации интенсивности и условий эксплуатации (на примере двигателей автомобилей КамАЗ-4310) / Виктор Васильевич Аникеев : Автореферат дисс. ...канд. техн. наук. – Тюмень, 2000. – 13 с.
8. Барановский, С.И. Логистика: Учебное пособие [Текст] / С.И. Барановский, С. В. Шишло. – Минск: БГЭУ, 2015. – 169 с.
9. Баскин, А.И. Экономика снабжения предприятий сегодня и завтра [Текст] / А.И. Баскин, Г.И. Варданян. – М.: Экономика, 1990. – 205 с.
10. Бедняк М.Н. Моделирование процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 131 с.
11. Бедняк, М.Н. Техническая эксплуатация автомобильного транспорта [Текст] / М.Н. Бедняк, В.Н. Черкис, И.А. Луйк и др. – К.: Техника, 1979. – 295 с.
12. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 576 с.
13. Власов, В.М. Интеллектуальные телематические системы для оперативной оценки технического состояния автотранспортных средств [Текст] / В.М. Власов // Прикладная логистика. – 2008. – № 9. – С. 28.

14. Вознесенский, А.В. Влияние сезонных условий на расходование ресурсов при эксплуатации автомобилей [Текст] / Анатолий Викторович Вознесенский : Диссертация ... канд. техн. наук : 05.22.10. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. – 167 с.
15. Волгин, В.В. Автомобильный дилер: практическое пособие по маркетингу и менеджменту сервиса и запасных частей [Текст] / В.В. Волгин. – М.: Ось-89, 1997. – 224 с.
16. Гаджинский, А.М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений [Текст] / А.М. Гаджинский. – 5-е изд. – М.: Издательско-книготорговый центр «Маркетинг», 2002. – 408 с.
17. Глухов, В.В. Математические методы и модели для менеджмента [Текст] / В.В. Глухов, М.Д. Медников, С.Б. Коробко. – СПб.: Лань, 2005. – 528 с.
18. Говорущенко, Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / Н.Я. Говорущенко. – Харьков: Вища школа, 1984. – 312 с.
19. Голованенко, С.Л. Управление запасами оборотных средств на автомобильные шины [Текст] / С.Л. Голованенко, Н.И. Благоразумова, А.К. Быстрицкая // Автомобильный транспорт: Республиканский межведомственный науч.-техн. сб., вып. 21. – Киев, 1984. – С. 103–105.
20. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения [Текст]. – Введ. 15.11.1978. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 15 с.
21. ГОСТ 19.701-90. ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения. – Введен 01.01.1992 [Электронный ресурс]. – http://snipov.net/c_4698_snip_100096.html.
22. ГОСТ 2.601-2013. ЕСКД. Эксплуатационные документы [Текст]. – Введ. 28.05.2013. – М.: Стандартинформ, 2013. – 36 с.
23. ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения [Текст]. – Введ. 01.01.1977. Переиздание – апрель 2006. – М.: Стандартинформ, 2006. – 7 с.
24. График ТО // Группа компаний «Траксервис» – официальный сервисный партнер MAN NUTZFAHRZEUGE AG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.man-ts.ru/service/tech-serv/>.
25. Глыбин, А.И. Автотракторные фильтры. Справочник [Текст] / А.И. Глыбин. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1980. – 181 с.
26. Григорьев, В. Добрые советы «Мицубиси» [Текст] / В. Григорьев // За рулем. – 1998. – №10. – С. 126-127.

27. Григорьев, М.А. Очистка топлива в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / М.А. Григорьев, Г.В. Борисова. – М.: Машиностроение, 1991. – 208 с.
28. Григорьев, М.А. Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / М.А. Григорьев, Г.В. Борисова. – М.: Машиностроение, 1983. – 148 с.
29. Гриценко А.В. Метод и средство определения технического состояния масляных фильтроэлементов [Текст] / А.В. Гриценко // АПК России. – 2012. – Т. 60. – С. 40-44.
30. Давидович, Л.Н. Проектирование предприятий автомобильного транспорта [Текст] / Л.Н. Давидович. – М.: Транспорт, 1975. – 392с.
31. Двигатели ЯМЗ-236М2, ЯМЗ-238М2. Руководство по эксплуатации 236-3902150-Б РЭ. – Ярославль: ОАО «Автодизель», 2016. – 184 с.
32. Денисов, А.С. Научные основы формирования структуры эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей [Текст] / Александр Сергеевич Денисов : Диссертация ... д-ра техн. наук: 05.20.03. – Саратов, 1999. – 428 с.
33. Довбня, Б.Е. Влияние сезонных изменений интенсивности эксплуатации на производственную программу предприятий по техническому обслуживанию автомобилей [Текст] / Довбня Борис Евгеньевич : Диссертация ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Тюмень, 2000. – 165 с.
34. Довбня, Б.Е. Моделирование нестационарного потока требований на техническое обслуживание автомобилей [Текст] / Б.Е. Довбня, Н.С. Захаров // Проблемы адаптации техники к суровым условиям: Доклады международной научно-практической конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. С. – 49-56.
35. Еврецкий, В.Г. Материальные нормативы на автомобильном транспорте: Разработка и оценка использования [Текст] / В.Г. Еврецкий, В.А. Трегубов. – М.: Транспорт, 1986. – 128 с.
36. Егоров, И.М. Очистка воздуха, горючего (топлива) и масла в авто-тракторных двигателях [Текст] / И.М. Егоров. – М.: Воениздат, 1962. – 136 с.
37. Елесин, А.С. Методика планирования потребности транспортных предприятий в элементах тормозной системы [Текст] // Елесин А.С., Захаров Н.С., Елесин С.В., Курбатов В.В. // Сервис автомобилей и технологических машин: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – С. 30-35.
38. Завадский, Ю.В. Решение задач автомобильного транспорта методом имитационного моделирования [Текст] / Ю.В. Завадский. – М.: Транспорт, 1977. – 72 с.
39. Загидуллин, Э.Х. Исследование и разработка метода определения расхода масла в автотракторных двигателях [Текст] / Элерон Хаевич Загидуллин : Диссертация ... канд. техн. наук : 05.20.03. – Саратов, 1975. – 148 с.

40. Замощик, А.И. Реконструкция предприятий автомобильного транспорта: Учеб. пособие [Текст] / А.И. Замощик, А.В. Камольцева. – Красноярск: КГТУ, 1999. – 163 с.
41. Захаров Н.С. Влияние квалификации водителей на интенсивность эксплуатации автомобилей [Текст] / Н.С. Захаров, В.А. Тюлькин, А.М. Конин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – №3. – С. 124-128.
42. Захаров Н.С. Проектирование автотранспортных предприятий с использованием ПЭВМ. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1998. – 409 с.
43. Захаров Н.С., Довбня Б.Е. Имитационный метод расчета производственной программы предприятий по техническому обслуживанию автомобилей // Пути совершенствования технической эксплуатации и ремонта машин АТК: Тез. докл. Международ. науч.-практич. семинара. – Владимир, ВлГУ, 1997. – С. 6-7.
44. Захаров, Н.С. Влияние сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей [Текст] / Н.С. Захаров: дис. ... д-ра техн. наук. : 05.22.10. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2000. – 525 с.
45. Захаров, Н.С. Влияние сезонных условий на расходование ресурсов при эксплуатации автомобилей [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, А.В. Вознесенский. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 115 с.
46. Захаров, Н.С. Моделирование процессов изменения качества автомобилей [Текст] / Н.С. Захаров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. – 127 с.
47. Захаров, Н.С. О целевой функции в прикладных диссертационных исследованиях [Текст] / Н.С. Захаров. // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы международ. науч.-техн. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – С. 47-53.
48. Захаров, Н.С. Определение параметров зоны технического обслуживания с учётом неравномерности поступления автомобилей [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, Е.С. Шевелев. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 132 с.
49. Захаров, Н.С. Планирование потребности в элементах тормозной системы с учетом сезонной вариации интенсивности и условий эксплуатации автомобилей [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, П.В. Евтин, А.С. Елесин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. № 6. – С. 241-244.
50. Захаров, Н.С. Проблемы обеспечения работоспособности автомобилей в условиях Западной Сибири [Текст] / Н.С. Захаров, Г.В. Абакумов, С.Ю. Кичигин, Е.С. Шевелев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2008. – Т. 33. – № 1. – С. 76-77.
51. Захаров, Н.С. Программа «REGRESS»: Руководство пользователя [Текст] / Н.С. Захаров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. – 52 с.

52. Захаров, Н.С. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий [Текст] / Н.С. Захаров, Б.Е. Довбня, А.Н. Ракитин: Учебное пособие. – Тюмень: Вектор Бук, 1998. – 160 с.
53. Звягин, А.А. Автомобили ВАЗ: надежность и обслуживание [Текст] / А.А. Звягин, Р.Д. Кислюк, Л.Д. Егоров. – Л.: Машиностроение, 1981. – 238 с.
54. Зиганшин, Р.А. Моделирование потока требований на запасные части при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники с учетом влияния сезонных факторов [Текст] / Р.А. Зиганшин, Н.С. Захаров, В.И. Савчугов, А.В. Зиганшина // Логистика. – 2013. – № 4 (77). – С. 50-52.
55. Зиганшин, Р.А. Формирование потока требований на запасные части при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники с учетом влияния сезонных факторов [Текст] / Р.А. Зиганшин, Н.С. Захаров, А.В. Зиганшина // Перспективы науки. – 2013. – №10. – С. 43-47.
56. Зиганшин, Р.А. Влияние сезонных изменений условий и интенсивности эксплуатации на поток требований на запасные части при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники [Текст] / Р.А. Зиганшин // Перспективы науки. – 2013. – №12. – С. 52-55.
57. Карташев, В.П. Развитие производственно-технической базы автотранспортных предприятий [Текст] / В.П. Карташев. – М.: Транспорт, 1991. – 151 с.
58. Карташов, В.П. Методы технического обслуживания автомобилей [Текст] / В.П. Карташев. – Саратов: Приволжское книжное издательство, 1964. – 204 с.
59. Катаргин, В.Н. Оптимизация процессов управления складом автомобильных запасных частей [Текст] / В.Н. Катаргин, В.М. Терских // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 3. – С. 61–66.
60. Киреева, А.И. Оценка влияния условий эксплуатации на расход моторных масел специальными автомобилями [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / А.И. Киреева. – Тюмень, 2003. – 147 с.
61. Кирсанов, Е.А. Вероятностный метод расчета постов текущего ремонта автомобилей [Текст] / Е.А. Кирсанов, А.М. Шейнин // Вопросы технического обслуживания и ремонта автомобилей: Обзорная информация N18. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1971. – С. 43-53.
62. Клейнер, Б.С. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Организация и управление [Текст] / Б.С. Клейнер, В.В. Тарасов. – М.: Транспорт, 1986. – 237 с.
63. Колесник, П.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / П.А. Колесник, В.А. Шейнин: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1985. – 325 с.

64. Королев, А.И. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей [Текст] / А.И. Королев, Е.А. Джуромская. – М.: Транспорт, 1972. – 352 с.
65. Корчагин, В.А. Повышение надёжности несущих конструкций авто-тракторных самосвальных прицепов [Текст] / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева, Е.В. Сливинский // Автомобильная промышленность. – 2017. – № 8. – С. 17-21.
66. Корчагин, В.А. Повышение качества процессов поставок запасных частей и комплектующих в дилерских сетях [Текст] / В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, В.А. Коновалова // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 2-й Международной научно-практической конференции. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2016. – С. 250-257.
67. Котиков, Ю. Г. Основы теории транспортных систем: Учеб. пособие [Текст] / Ю.Г. Котиков. – СПб.: СПбГАСУ, 2000. – 216 с.
68. Крамаренко, Г.В. Техническое обслуживание автомобилей: Учебник для автотрансп. техникумов [Текст] / Г.В. Крамаренко, И.В. Барашков. – М.: Транспорт, 1982. – 368 с.
69. Краснов, А. Его зовут «Атего» [Текст] / А. Краснов // За рулем. – 1998. – №6. – С. 55.
70. Кузнецов Е.С. Методическое руководство по лекционному курсу «Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей» [Текст] / Е.С. Кузнецов. – Ташкент: ТАДИ, 1978. – 217 с.
71. Кузнецов, Е.С. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей: учебное пособие [Текст] / Е.С. Кузнецов. – М.: МАМИ, 2010. – 132 с.
72. Кузнецов, Е.С. Производственная база автомобильного транспорта: Состояние и перспективы [Текст] / Е.С. Кузнецов, И.П. Курников. – М.: Транспорт, 1988. – 231 с.
73. Кузнецов, Е.С. Режимы технического обслуживания автомобилей [Текст] / Е.С. Кузнецов. – М.: Автотранспорт, 1963. – 247 с.
74. Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами: учебное пособие [Текст] / Е.С. Кузнецов. – М.: МАДИ(ТУ), 1997. – 202 с.
75. Кузнецов, Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей [Текст] / Е.С. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
76. Курганов, В.М. Логистические транспортные потоки [Текст] / В.М. Курганов. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2003. – 252 с.
77. Ларин, О.Н. К вопросу расчета оптимального размера заказа [Текст] / О.Н. Ларин // Бизнес и логистика-2002: Сборник материалов IV Московского Международного Логистического Форума. – М.: Дом печати «Столичный бизнес», 2002. – С. 67-70.

78. Лопатников, Л.И. Экономико-математический словарь [Текст] / Л.И. Лопатников. – М.: Дело, 2003. – 520 с.
79. Лудченко, А.А. Основы технического обслуживания автомобилей [Текст] / А.А. Лудченко. – К.: Вища школа, 1987 г. – 399 с.
80. Лукинский, В.С. Модели и методы теории логистики [Текст] / В.С. Лукинский. – СПб.: Питер, 2007. – 448 с.
81. Макаров, Е.И. Методика планирования потребности автотранспортных предприятий в моторном масле с учетом условий эксплуатации автомобилей [Текст] / Егор Иванович Макаров: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Оренбург, 2017. – 191 с.
82. Макарова, А.Н. Методика оперативного корректирования нормативов периодичности технического обслуживания с учетом фактических условий эксплуатации автомобилей [Текст] / Анна Николаевна Макарова: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Оренбург, 2016. – 208 с.
83. Максимей, И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ [Текст] / И.В. Максимей. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.
84. Малкин, В.С. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей [Текст]: Учебное пособие / В.С. Малкин, Ю.С. Бугаков. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 431с.
85. Мастепан, Н.А. К вопросу выбора агрегатов, определяющих режим технического обслуживания [Текст] / Н.А. Мастепан, В.М. Власов // труды МАДИ. – М.: МАДИ, 1979. – Вып. 171. – С. 59-60.
86. Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 132 с.
87. Миротин, Л.Б. Логистические цепи сложно-технологических производств: Учебное пособие [Текст] / Л.Б. Миротин, В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, А.Г. Некрасов. – М.: Экзамен, 2005. – 288 с.
88. Мохнаткин, Э.М. Методические основы расчета масла на угар [Текст] / Э.М. Мохнаткин, Л.Т. Беседина // Двигателестроение. – 1983. – № 6. – С. 17-19.
89. Надежность и эффективность в технике [Текст] : справочник в 10 т. Т. 8. Эксплуатация и ремонт / под ред. В.И. Кузнецова, Е.Ю. Барзиловича. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
90. Надежность и эффективность в технике [Текст]: справочник в 10 т. Т. 6. Экспериментальная отработка и испытания / под ред. Р.С. Судакова, О.И. Тескина – М.: Машиностроение, 1989. – 374 с.

91. Назаров, В.П. Разработка методики дифференцированного корректирования норм расхода смазочных материалов [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Владимир Павлович Назаров ; МАДИ. – М.: 1992. – 167 с.
92. Напольский Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: Учебник для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Г.М. Напольский – М.: Транспорт, 1993. – 272 с.
93. Напольский, Г.М. Технологический расчет и планировка станций технического обслуживания автомобилей: Учебное пособие [Текст] / Г.М. Напольский, А.А. Солнцев. – М.: МАДИ, 2003. – 53 с.
94. Напольский, Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания [Текст]: Учебник для вузов / Г.М. Напольский. – М.: Транспорт, 1985. – 231 с.
95. Некрасов, А.Г. Основы менеджмента безопасности цепей поставок: Учеб. пособие [Текст]/ А.Г. Некрасов. – М.: МАДИ. 2011. – 130 с.
96. Нормы расхода материалов и запасных частей на техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей [Электронный ресурс]. – М.: Центроргтрудавтотранс, 1996. – Режим доступа: https://znaytovar.ru/gost/2/Normy_rasxoda_materialov_i_zap.html.
97. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте: Методические рекомендации (в ред. распоряжений Минтранса России от 14.05.2014 №НА-50-р, от 14.07.2015 №НА-80-р) [Электронный ресурс] / Министерство транспорта Российской Федерации. – <http://mvf.klerk.ru/spr/spr87.htm>.
98. Оверченко, Г.И. К методике расчета производственной программы автопредприятия [Электронный ресурс] / Г.И. Оверченко, Л.Х. Сарсенбаева // Вестник Актюбинского университета им. С. Баишева, 2014. – Режим доступа: <https://articlekz.com/article/12161>.
99. ОНТП-01-91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта [Текст]. – М.: Росавтотранс, 1991. – 183 с.
100. Официальный сайт территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области. – Режим доступа: <http://tumstat.gks.ru/>.
101. Пасечников, Н.С. Научные основы технического обслуживания машин в сельском хозяйстве [Текст] /Н.С. Пасечников. – М.: Колос, 1983. – 304 с.
102. Паспорт специальности 2.9.1 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте. – Режим доступа: <https://vak.minobrnauki.gov.ru/uploader>

/loader?type=17&name=92259542002&f=14981 (доступ свободный). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

103. Петелин, А.А. Влияние сезонных условий эксплуатации автомобилей на изменение качества моторного масла (на примере моторных масел М-10Г2к) [Текст] / Андрей Анатольевич Петелин : Диссертация ... канд. техн. наук : 05.22.10. – Тюмень, 2000. – 126 с.

104. Пикман, Л.Р. О показателе расхода масла в ДВС [Текст] / Л.Р. Пикман, С.В. Кобяков // Двигателестроение. – 1986. – №1. – С. 51-55.

105. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта [Текст]. – М.: Транспорт, 1966. – 56 с.

106. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта [Текст]. – М.: Транспорт, 1972. – 56 с.

107. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта [Текст] / Минавтотранс РСФСР. – М.: Транспорт, 1986. – 76 с.

108. Проников, А.С. Надежность машин [Текст] / А.С. Проников. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.

109. Прохорченко, Е.С. Процессы фильтрации воздуха, топлива и масла, требования, предъявляемые к автомобильным фильтрам [Текст] / Е.С. Прохорченко, Г.В. Абакумов // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин: Доклады международной научно-технической конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. – С. 175-180.

110. Пульс цен [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pulscen.ru/search/price>.

111. Ракитин, А.Н. Влияние сезонных изменений условий и интенсивности эксплуатации на поток отказов автомобилей [Текст] / Александр Николаевич Ракитин: Диссертация ... канд. техн. наук : 05.22.10. – Тюмень, 2004. – 163 с.

112. Расписание Погоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rp5.ru/archive.php?wmo_id=28367&lang=ru.

113. Расчет запасов – методы и нормы расчета коэффициента запасов [Электронный ресурс] // Финансовый директор. – 2009. – №12. – Режим доступа: <https://fd.ru/articles/37065-raschet-zapasov-metody-i-normy-rascheta-koeffitsienta-zapasov>.

114. РД 50-690-89. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным [Текст]. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 133 с.

115. Резник, Л.Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации [Текст] / Л.Г. Резник, Г.М. Ромалис, С.Т. Чарков. – М.: Транспорт, 1989. – 128 с.
116. Решетов, Д.Н. Надежность машин [Текст] / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М.: Высшая школа, 1988. – 236 с.
117. Российская автотранспортная энциклопедия. Т. 3. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств [Текст]. – М.: РООИПЮ, 2000. – 456 с.
118. Руководящие указания по авторемонту [Текст] // Сборник руководящих материалов ЦУДОТРАНСа при СНК СССР. – М.: Советское законодательство, 1935. – С. 211-230.
119. Ряднов, А.И. Стратегии технического обслуживания воздухоочистителя двигателя внутреннего сгорания / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, В.А. Кочергин // Известия нижевожского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – №1(45). – С. 226-234.
120. Сервис транспортных, технологических машин и оборудования в нефтегазодобыче: Учебное пособие [Текст] / Н.С. Захаров, А.И. Яговкин, С.А. Асеев и др. Под редакцией Н.С. Захарова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 508 с.
121. Сергиенко, Е.В. Оптимизация количества постов текущего ремонта с учетом неравномерности поступления автомобилей [Текст] : Дис. ... канд. техн. наук; 20.22.10 / Евгений Викторович Сергиенко; Тюменский государственный нефтегазовый университет. – Тюмень, 2004. – 165 с.
122. Система управления запасами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://znaytovar.ru/s/Sistemy_upravleniya_zapasami.html.
123. Тахтамышев, Х.М. Теоретические основы формирования и использования внутрипроизводственной мощности автотранспортных предприятий [Текст] : Дис. ... д-ра техн. наук; 05.22.10 / Хизир Махмудович Тахтамышев; Киевский автомобильно-дорожный институт. – Киев, 1989. – 429 с.
124. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] : Учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – 4-е изд., перераб. и дополн. – М.: Наука, 2001. – 535 с.
125. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей [Текст] : Учебник для студентов среднего профессионального образования / Под ред. В.М. Власова. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 480 с.
126. Техническое обслуживание двигателя КАМАЗ [Электронный ресурс] // Ремкам – ремонт автомобилей КАМАЗ. – Режим доступа: <https://www.remkam.ru/rdk34/>.

127. Техническое обслуживание КАМАЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kamaz.ru/purchase-and-services/services/service/>.
128. Фастовцев, Г.Ф. Автотехобслуживание [Текст] / Г.Ф. Фастовцев. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
129. Филатов, М. И. Влияние сезонности на величину спроса и потребления деталей передней подвески автобусов [Текст] / М. И. Филатов, С. В. Булатов // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 6. – С. 37–40.
130. Фильтры КАМАЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tgkonvent.ru/Specpredlozhenija/filtri_kamaz/.
131. Хоминский, В. Как управлять запасами [Электронный ресурс] / В. Хоминский // Финансовый директор. – 2017. – №3. – Режим доступа: <https://fd.ru/articles/7317-red-kak-upravlyat-zapasami>.
132. Чооду, О.А. Проблемы повышения технической готовности комплектов техники в сложных климатических условиях [Текст] / О.А. Чооду, С.А. Евтюков // Вестник Тувинского государственного университета. Технические и физико-математические науки. – 2017. – № 3 (34). – С. 45-52.
133. Шевелев, Е.С. Определение параметров зоны технического обслуживания с учетом неравномерности поступления автомобилей [Текст] / Евгений Сергеевич Шевелев : Диссертация ... канд. техн. наук. – Тюмень, 2009. – 154 с.
134. Шейнин, А.М. Методы расчета потребности автомобильного парка в техническом обслуживании и ремонте [Текст] / А.М. Шейнин. – М.: Высшая школа, 1966ю – 100 с.
135. Щетина, В.А. Снабжение запасными частями на автомобильном транспорте [Текст] / В.А. Щетина, В.С. Лукинский, В.И. Сергеев. – М.: Транспорт, 1988. – 112 с.
136. DAILY. Эксплуатация и техническое обслуживание [Текст]. – Нижний Новгород: ООО «СТ Нижегородец», 2011. – 428 с.
137. Ganoshenko, E. Resource potential of used automobile filters [Текст] / E. Ganoshenko, Yu. Golik, A. Koltunov // Sciences of Europe. – 2016. – №5. – P. 72-77.
138. Gismeteo [Electronic resource]. – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/>.
139. Thomas, R. Quantitative Methods for Business Studies [Текст] / R. Thomas – New Jersey: Published by Prentice Hall, 1997. – 517 p.
140. Schreibfeder, J. Achieving Effective Inventory Management [Текст]/ J. Schreibfeder. – South Denton: Effective Inventory Management Inc., 2010. – 316 p.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Публикации в изданиях, входящих в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций

141. Бузин, В.А. Организация технического обслуживания с учетом вариации интенсивности эксплуатации автомобилей / В.А. Бузин, Н.С. Захаров, А.Э. Александров // Транспорт Урала. – 2023. – №2. – С. 60-65.

142. Бузин, В.А. Имитационная модель потока требований на техническое обслуживание автомобилей // Транспортное дело России. – 2018. – №5. – С. 194-197.

143. Бузин, В.А. Планирование расхода специальных жидкостей для технического обслуживания автомобилей // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2018. – №8. – С. 75-80.

144. Бузин, В.А. Предварительный отбор факторов, влияющих на потребность в ресурсах для технического обслуживания автомобилей // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2018. – №3. – С.

145. Абакумов, Г.В. Формирование ресурса масляных фильтров двигателей в переменных условиях эксплуатации [Текст] / Г.В. Абакумов, В.А. Бузин, Е.И. Макаров // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 6. – С. 51-53.

146. Абакумов, Г.В. Влияние сезонных условий на объемы работ по техническому обслуживанию транспортно-технологических машин в агропромышленном комплексе [Текст] / Г.В. Абакумов, В.А. Бузин, В.Н. Карнаухов // Вестник Курганской ГСХА. – 2015. – №4. – С. 33-35.

147. Аникеев, В.В. Сравнительный анализ существующих типов воздухоочистителей автотракторной техники [Текст] / В.В. Аникеев, В.А. Бузин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 6. – С. 68-70.

148. Zakharov, N.S. Basic Simulation Models of Car Failure Flows [Text] / N.S. Zakharov, A.N. Makarova, V.A. Buzin // Earth Science: International science and technology conference. – 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 459 042084.

Публикации в прочих изданиях

149. Бузин, В.А. Концептуальные вопросы моделирования ресурса фильтрующих элементов двигателей при эксплуатации машин [Текст] / В.А.

Бузин // Сервис автомобилей и технологических машин: Материалы Всероссийской науч.–практ. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – С. 24-27.

150. Абакумов, Г.В. Изменение качества моторных масел при эксплуатации машин [Текст] / Г.В. Абакумов, В.А. Бузин // Сервис автомобилей и технологических машин: Материалы Всероссийской науч.–практ. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – С. 3-6.

151. Бузин, В.А. Структура системы при моделировании ресурса масляных фильтров двигателей в переменных условиях эксплуатации [Текст] / В.А. Бузин // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Международ. науч.-техн. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – С. 39-42.

152. Бузин, В.А. Анализ исследований в области влияния сезонных условий на эффективность использования автомобилей [Текст] / В.А. Бузин // Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных: в 2 томах. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – С. 106-110.

153. Аникеев, В.В. Долговечность двигателей колесных и гусеничных машин, и ее показатели [Текст] / В.В. Аникеев, В.А. Бузин // Транспортные и транспортно–технологические системы: Материалы Международ. науч.–техн. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2016. – С. 18-21.

154. Бузин, В.А. Изменение в течение года технического состояния масляных фильтров автомобилей // Транспортные и транспортно–технологические системы: Материалы Международ. науч.–техн. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2016. – С. 41-44.

155. Абакумов, Г.В. Совершенствование системы снабжения запасными частями и материалами для технического обслуживания и ремонта автомобилей [Текст] / Г.В. Абакумов, В.А. Бузин, А.Н. Макарова // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: Материалы Международ. науч.-техн. конф. – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 13-16.

156. Бузин, В.А. Влияние сезонных условий на интенсивность загрязнения масляных фильтров автомобилей [Текст] / В.А. Бузин, Г.В. Абакумов // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: Материалы Международ. науч.-техн. конф. – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 45-48.

157. Бузин, В.А. Оценка значимости сезонных изменений интенсивности загрязнения воздушных фильтров двигателей автомобилей КАМАЗ [Текст] / В.А. Бузин // Транспортные и транспортно–технологические системы: Материалы Международ. науч.–техн. конф. – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 54-58.

158. Бузин, В.А. Влияние температуры окружающего воздуха на интенсивность загрязнения масляных фильтров автомобилей КАМАЗ-4310 [Текст] / В.А. Бузин // Новые технологии – нефтегазовому региону: Материалы Международ. науч.–практ. конф. – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 30-33.

159. Бузин, В.А. Предварительный отбор факторов, влияющих на расход моторного масла автомобилями [Электронный ресурс] / В.А. Бузин, Е.И. Макаров, А.Н. Макарова, Н.С. Захаров // Наука в информационном обществе: Сб. статей Международ. науч.-практ. конф. – Оренбург: НИЦ «АнтроВита», 2017. – С. 45-53. – Режим доступа: <http://soc-is.ru/wp-content/uploads/Наука-в-информационном-обществе.pdf>.

160. Бузин, В.А. Совершенствование методики расчета потребности в расходных материалах для проведения технического обслуживания автомобилей [Электронный ресурс] / В.А. Бузин, А.Н. Макарова, Е.И. Макаров, Н.С. Захаров // Наука и технологии XXI века: возможности и риски: Сб. статей Международ. науч.-практ. конф. – Костанай: НИЦ «АнтроВита», 2017. – С. 55-59. – Режим доступа: <http://soc-is.ru/wp-content/uploads/Наука-и-технологии-XXI-века.-Возможности-и-риски.pdf>.

161. Бузин, В.А. Оценка значимости сезонных изменений расхода материалов для технического обслуживания автомобилей [Текст] / В.А. Бузин, А.Н. Макарова, Е.И. Макаров, Н.С. Захаров // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: Материалы Международ. науч.-практ. конф. – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 270-273.

162. Бузин, В.А. Снабжение материалами для технического обслуживания и ремонта автомобилей с учетом частоты спроса [Текст] / В.А. Бузин, А.Н. Макарова, Е.И. Макаров, Н.С. Захаров // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: Материалы Международ. науч.-практ. конф. – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 273-275.

163. Бузин, В.А. Влияние интенсивности эксплуатации автомобилей на вариацию количества технических обслуживаний [Текст] / В.А. Бузин, Н.С. Захаров, А.С. Кочетков // Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы Международ. науч.-практ. конф. – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 185-187.

164. Захаров, Н.С. Проблема определения размеров запасов материалов для технического обслуживания автомобилей на основе прогноза производственной программы [Текст] / Н.С. Захаров, В.А. Бузин, Р.В. Тянь // Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы Международ. науч.-практ. конф. – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 229-233.

165. Бузин, В.А. Оценка надежности приводных ремней 6РК-1220 двигателей автомобилей семейства ГАЗ [Текст] / В.А. Бузин, А.Н. Макарова // Актуальные проблемы современной науки: Сб. статей Международ. науч.-практ. конф. – Челябинск: НИЦ «АнтроВита», 2017. – С. 87-95. – Режим доступа: <http://soc-is.ru/wp-content/uploads/Актуальные-проблемы-современной-науки.pdf>.

166. Бузин, В.А. Влияние температуры окружающего воздуха на интенсивность загрязнения воздушных фильтров автомобилей [Текст] / В.А. Бузин

// Опыт, актуальные проблемы и перспективы развития нефтегазового комплекса: Материалы Международной научно-практической конференции обучающихся, аспирантов и ученых. – Нижневартовск: ФТИУ, 2017. – С. 335-338.

167. Захаров, Н.С. Развитие технической эксплуатации автомобилей: проблемы и перспективы [Текст] / Н.С. Захаров, А.Н. Макарова, В.А. Бузин, В.В. Зуев // Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы Международ. науч.-практ. конф. Т. 1. – Тюмень: ТИУ, 2019. – С. 290 – 295.

168. Бузин, В.А. Влияние климатических факторов на расход ресурсов для технического обслуживания автомобилей [Текст] / В.А. Бузин, Н.С. Захаров, А.Н. Макарова, С.В. Плотникова // Транспортные и транспортно–технологические системы: Материалы Международ. науч.–техн. конф. – Тюмень: ТИУ, 2019. – С. 24-28.

169. Захаров, Н.С., Анализ отказов автомобилей индивидуального пользования / Н.С. Захаров, Н.О., Сапоженков, В.А. Бузин, В.С. Петров, В.А. Раки-тин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – №2. – С. 30-33.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЗНАЧИМОСТИ
СЕЗОННОЙ ВАРИАЦИИ ПОТРЕБНОСТИ В РЕСУРСАХ ДЛЯ ТО
АВТОМОБИЛЕЙ

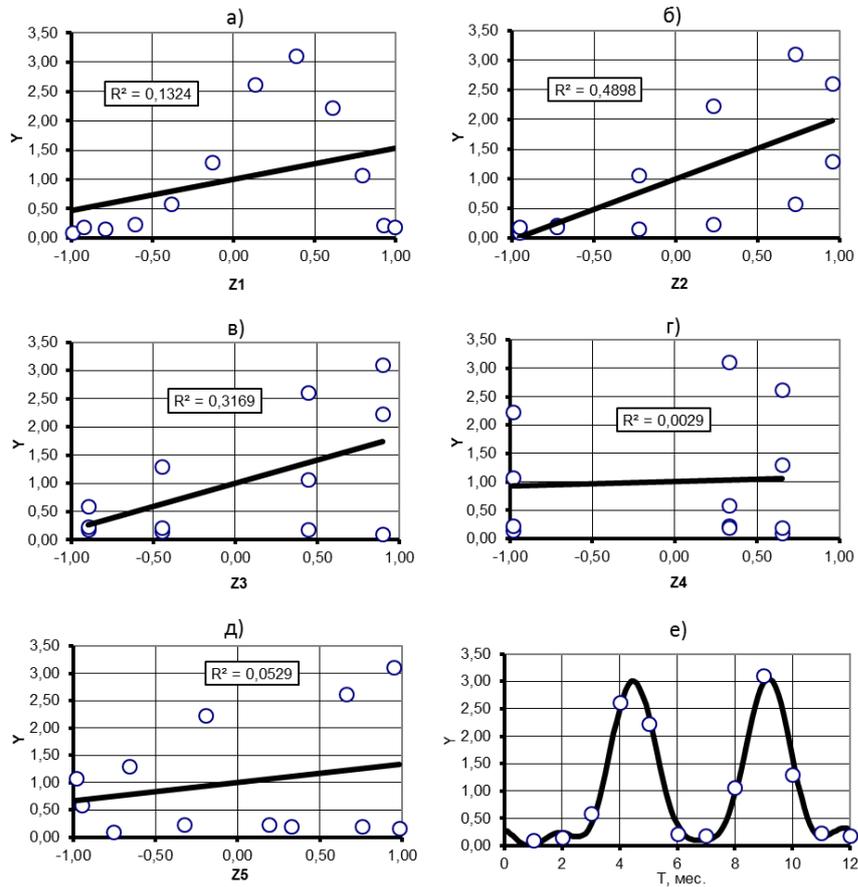


Рисунок П1.1. Изменение по времени относительного количества доливов охлаждающей жидкости: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П1.1. Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества доливов охлаждающей жидкости по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,53	6,75	0,1324	0,3639	1,23	2,23
2	1,02	7,44	0,4898	0,6999	3,10	2,23
3	0,82	2,12	0,3169	0,5629	2,15	2,23
4	0,08	2,36	0,0029	0,0539	0,17	2,23
5	0,34	9,63	0,0529	0,2300	0,75	2,23

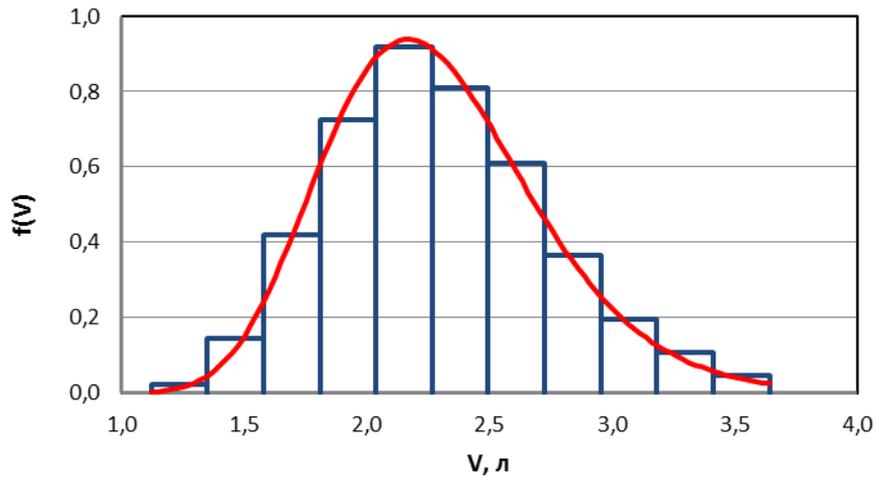


Рисунок П1.2 – Распределение объемов доливов охлаждающей жидкости

Таблица П1.2 – Параметры распределения объемов доливов охлаждающей жидкости

Номер интервала	Начало интервала	Конец интервала	Середина интервала	n	n/N	X n/N
1	1,12	1,35	1,23	7	0,005	0,006
2	1,35	1,58	1,46	47	0,033	0,048
3	1,58	1,81	1,69	137	0,096	0,163
4	1,81	2,04	1,92	236	0,166	0,319
5	2,04	2,27	2,15	299	0,210	0,452
6	2,27	2,50	2,38	264	0,186	0,442
7	2,50	2,73	2,61	199	0,140	0,365
8	2,73	2,95	2,84	119	0,084	0,238
9	2,95	3,18	3,07	64	0,045	0,138
10	3,18	3,41	3,30	35	0,025	0,081
11	3,41	3,64	3,53	15	0,011	0,037
Сумма				1422		2,29
Номер интервала	(X-X _{cp})	(X-X _{cp}) ² n/N	(X-X _{cp}) ³ n/N	(X-X _{cp}) ⁴ n/N	n/N X ^α	
1	-1,06	0,01	-0,01	0,01	0,0170	
2	-0,83	0,02	-0,02	0,02	0,3119	
3	-0,60	0,03	-0,02	0,01	2,1419	
4	-0,37	0,02	-0,01	0,00	7,7944	

Продолжение таблицы П1.2

5	-0,14	0,00	0,00	0,00	19,1735
6	0,09	0,00	0,00	0,00	30,7319
7	0,32	0,01	0,00	0,00	39,8079
8	0,55	0,03	0,01	0,01	39,0827
9	0,78	0,03	0,02	0,02	33,2055
10	1,01	0,02	0,03	0,03	27,7572
11	1,24	0,02	0,02	0,02	17,6720
Сумма		0,20	0,03	0,11	217,6959
Наименование параметра					Значение
Название выборки					ОЖ
Закон распределения					Логнормальный
Объем выборки					1422
Минимальное значение					1,12
Максимальное значение					3,64
Выборочное среднее					2,29
Среднее квадратическое отклонение среднего					0,01
Дисперсия					0,20
Среднее квадратическое отклонение					0,45
Коэффициент вариации					0,194
Коэффициент асимметрии					0,351
Коэффициент эксцесса					-0,141
Статистика Пирсона:					
нормальный закон					0,321
логнормальный закон					0,060
закон Вейбулла					1,537
экспоненциальный закон					25,590
ГР-закон					35,289
Вероятность соответствия закону распределения					0,950
Параметры закона Вейбулла:					
$\alpha =$					5,889
$\beta =$					217,6959

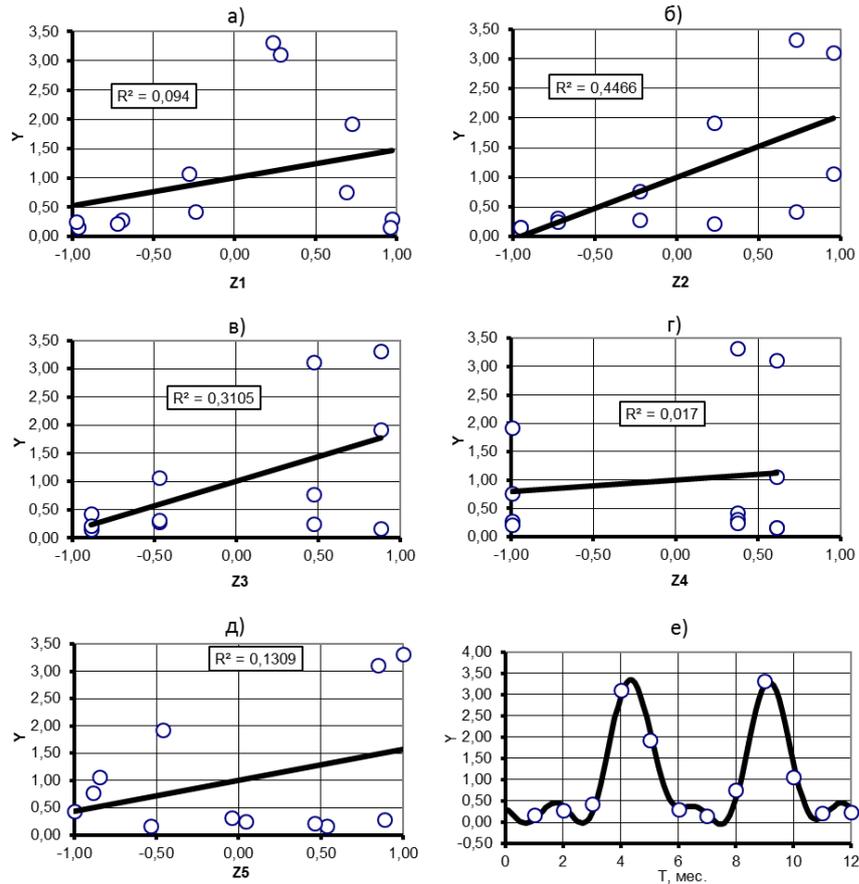


Рисунок П1.3 – Изменение по времени относительного количества доливов гидротормозной жидкости: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П1.3 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества доливов гидротормозной жидкости по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,48	6,46	0,0940	0,3066	1,02	2,23
2	1,04	7,44	0,4466	0,6683	2,84	2,23
3	0,87	2,06	0,3105	0,5572	2,12	2,23
4	0,20	2,26	0,0170	0,1304	0,42	2,23
5	0,57	9,08	0,1309	0,3618	1,23	2,23

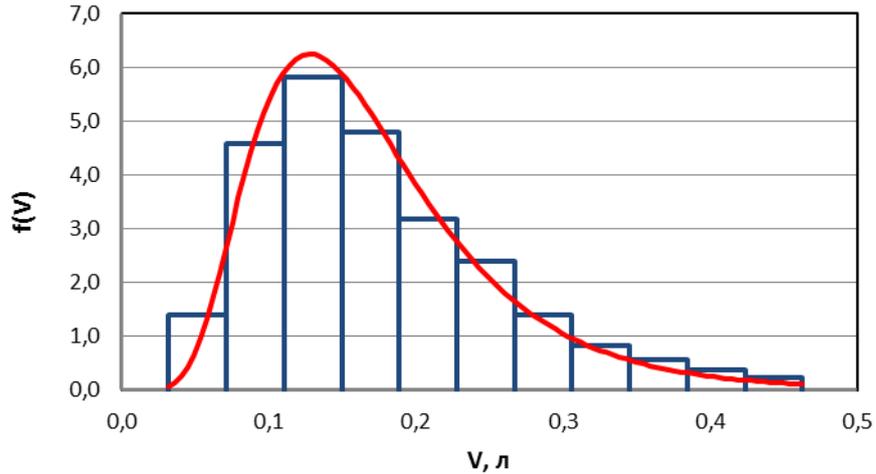


Рисунок П1.4 – Распределение объемов доливов гидротормозной жидкости

Таблица П1.4 – Параметры распределения объемов доливов гидротормозной жидкости

Номер интервала	Начало интервала	Конец интервала	Середина интервала	n	n/N	X n/N
1	0,03	0,07	0,05	87	0,054	0,003
2	0,07	0,11	0,09	286	0,179	0,016
3	0,11	0,15	0,13	364	0,228	0,030
4	0,15	0,19	0,17	300	0,188	0,032
5	0,19	0,23	0,21	199	0,125	0,026
6	0,23	0,27	0,25	149	0,093	0,023
7	0,27	0,31	0,29	87	0,054	0,016
8	0,31	0,35	0,33	52	0,033	0,011
9	0,35	0,38	0,36	36	0,023	0,008
10	0,38	0,42	0,40	23	0,014	0,006
11	0,42	0,46	0,44	14	0,009	0,004
Сумма				1597		0,17
Номер интервала	$(X-X_{cp})$	$\frac{(X-X_{cp})^2}{n/N}$	$\frac{(X-X_{cp})^3}{n/N}$	$(X-X_{cp})^4 n/N$	$n/N X^\alpha$	
1	-0,12	0,00	0,00	0,00	0,0001	
2	-0,08	0,00	0,00	0,00	0,0008	
3	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,0024	

Продолжение таблицы П1.4

4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0035
5	0,03	0,00	0,00	0,00	0,0037
6	0,07	0,00	0,00	0,00	0,0041
7	0,11	0,00	0,00	0,00	0,0033
8	0,15	0,00	0,00	0,00	0,0026
9	0,19	0,00	0,00	0,00	0,0024
10	0,23	0,00	0,00	0,00	0,0019
11	0,27	0,00	0,00	0,00	0,0014
Сумма		0,01	0,00	0,00	0,0261
Наименование параметра					Значение
Название выборки					ГТЖ
Закон распределения					Логнормальный
Объем выборки					1597
Минимальное значение					0,03
Максимальное значение					0,46
Выборочное среднее					0,17
Среднее квадратическое отклонение среднего					0,00
Дисперсия					0,01
Среднее квадратическое отклонение					0,08
Коэффициент вариации					0,475
Коэффициент асимметрии					0,928
Коэффициент эксцесса					0,613
Статистика Пирсона:					
нормальный закон					2,127
логнормальный закон					0,297
закон Вейбулла					0,737
экспоненциальный закон					4,837
ГР-закон					26,907
Вероятность соответствия закону распределения					0,950
Параметры закона Вейбулла:					
$\alpha =$					2,242
$\beta =$					0,0261

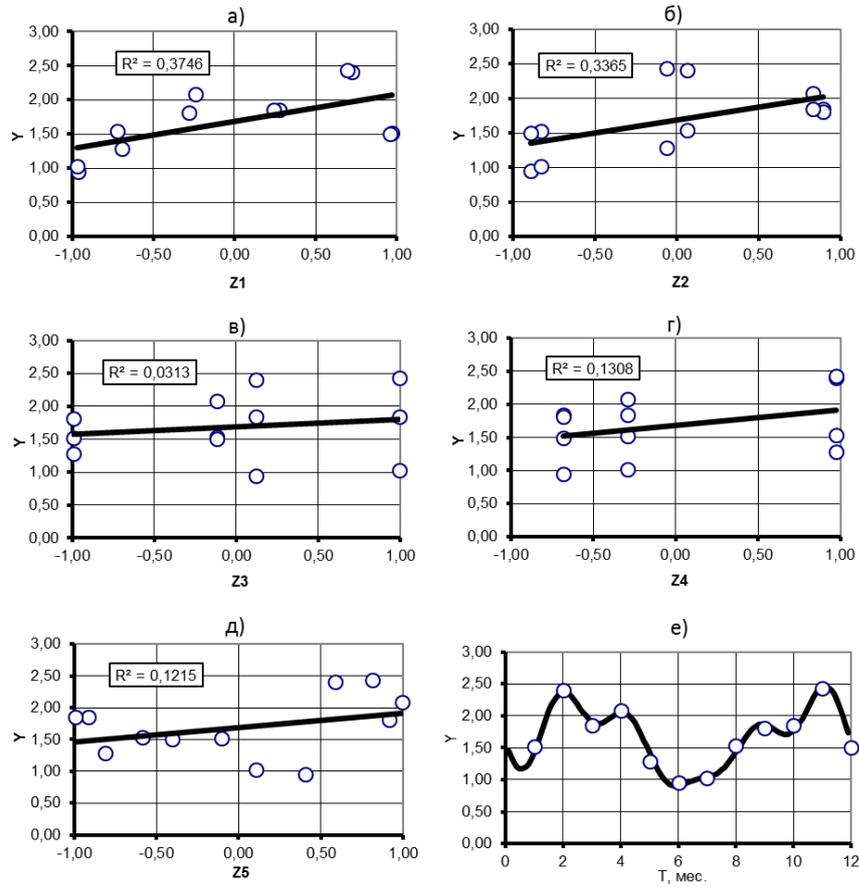


Рисунок П1.5 – Изменение по времени относительного количества доливов гидравлического масла: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П1.5 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества доливов гидравлического масла жидкости по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,40	0,54	0,3746	0,6120	2,45	2,23
2	0,38	6,88	0,3365	0,5801	2,25	2,23
3	0,11	8,77	0,0313	0,1769	0,57	2,23
4	0,23	7,57	0,1308	0,3617	1,23	2,23
5	0,23	8,20	0,1215	0,3486	1,18	2,23

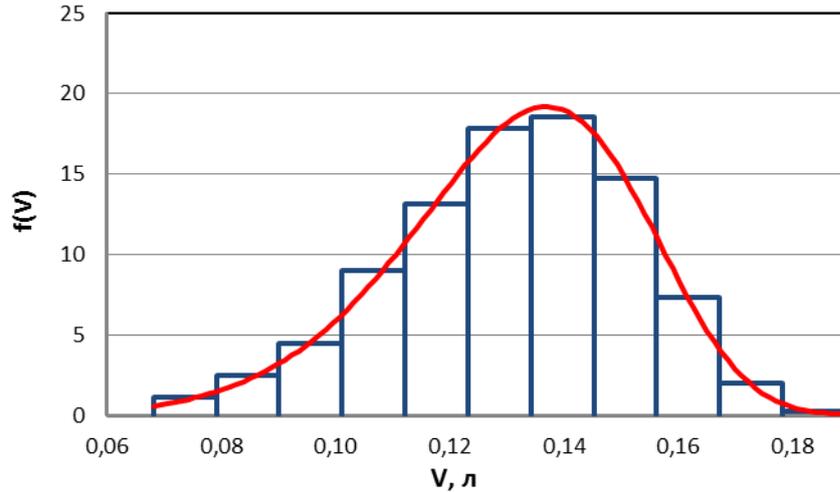


Рисунок П1.6 – Распределение объемов доливов гидравлического масла

Таблица П1.6 – Параметры распределения объемов доливов гидравлического масла

Номер интервала	Начало интервала	Конец интервала	Середина интервала	n	n/N	X n/N
1	0,07	0,08	0,07	49	0,012	0,001
2	0,08	0,09	0,08	108	0,027	0,002
3	0,09	0,10	0,10	198	0,049	0,005
4	0,10	0,11	0,11	396	0,099	0,011
5	0,11	0,12	0,12	582	0,145	0,017
6	0,12	0,13	0,13	787	0,196	0,025
7	0,13	0,15	0,14	819	0,204	0,029
8	0,15	0,16	0,15	650	0,162	0,024
9	0,16	0,17	0,16	322	0,080	0,013
10	0,17	0,18	0,17	89	0,022	0,004
11	0,18	0,19	0,18	9	0,002	0,000
Сумма				4009		0,13
Номер интервала	(X-X _{ср})	(X-X _{ср}) ² n/N	(X-X _{ср}) ³ n/N	(X-X _{ср}) ⁴ n/N	n/N X ^α	
1	-0,06	0,0000403004	-0,0000023141	0,0000001329	0,0000000001	
2	-0,05	0,0000579985	-0,0000026911	0,0000001249	0,0000000005	
3	-0,04	0,0000618144	-0,0000021869	0,0000000774	0,0000000021	
4	-0,02	0,0000585959	-0,0000014272	0,0000000348	0,0000000094	

Продолжение таблицы П1.6

5	-0,01	0,0000258113	-0,0000003442	0,0000000046	0,0000000282
6	0,00	0,0000010495	-0,0000000024	0,0000000000	0,0000000729
7	0,01	0,0000154973	0,0000001350	0,0000000012	0,0000001373
8	0,02	0,0000631251	0,0000012456	0,0000000246	0,0000001885
9	0,03	0,0000759641	0,0000023362	0,0000000718	0,0000001554
10	0,04	0,0000387431	0,0000016185	0,0000000676	0,0000000691
11	0,05	0,0000062579	0,0000003304	0,0000000174	0,0000000109
Сумма		0,0004451574	-0,0000033002	0,0000005571	0,0000006745
Наименование параметра					Значение
Название выборки					ГМ
Закон распределения					Вейбулла
Объем выборки					4009
Минимальное значение					0,07
Максимальное значение					0,19
Выборочное среднее					0,13
Среднее квадратическое отклонение среднего					0,00
Дисперсия					0,00
Среднее квадратическое отклонение					0,02
Коэффициент вариации					0,161
Коэффициент асимметрии					-0,351
Коэффициент эксцесса					-0,189
Статистика Пирсона:					
нормальный закон					0,362
логнормальный закон					2,931
закон Вейбулла					0,015
экспоненциальный закон					35,795
ГР-закон					10,072
Вероятность соответствия закону распределения					0,950
Параметры закона Вейбулла:					
$\alpha =$					7,222
$\beta =$					0,00000053

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПО ВРЕМЕНИ КОЛИЧЕСТВА ТО

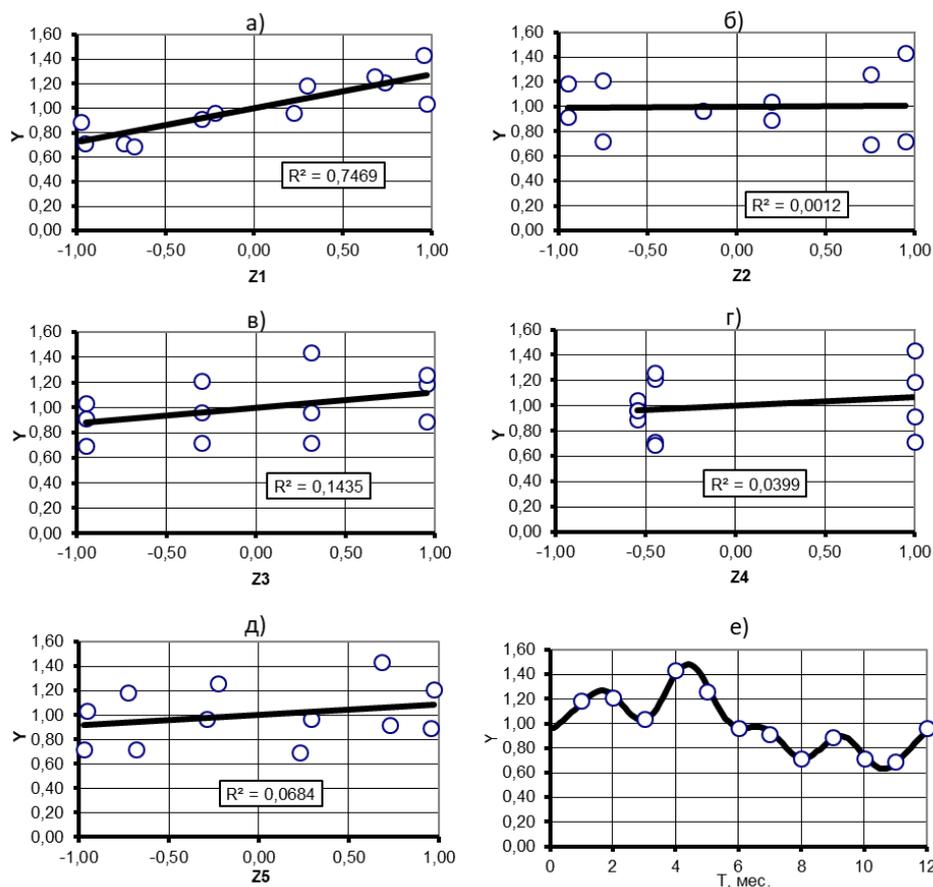


Рисунок П2.1 – Изменение по времени относительного количества ТО спецавтомобилей Урал-4320-30 АНЦ-320У: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.1 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО спецавтомобилей Урал-4320-30 АНЦ-320У по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,28	3,43	0,7469	0,8642	5,43	2,23
2	0,01	8,63	0,0012	0,0346	0,11	2,23
3	0,12	2,41	0,1435	0,3788	1,29	2,23
4	0,06	4,11	0,3990	0,6317	2,57	2,23
5	0,08	9,56	0,0684	0,2615	0,86	2,23

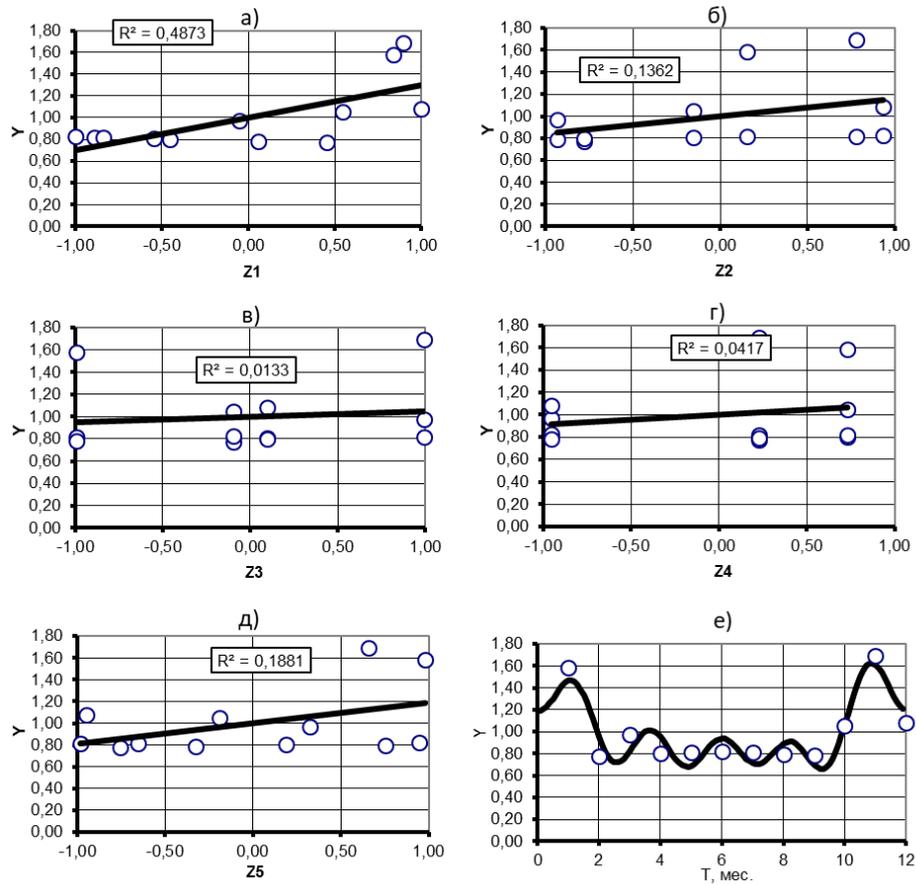


Рисунок П2.2 – Изменение по времени относительного количества ТО спецавтомобилей CARDWELL KB-210: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.2 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО спецавтомобилей CARDWELL KB-210 по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,30	11,90	0,4873	0,6981	3,08	2,23
2	0,16	11,30	0,1362	0,3691	1,25	2,23
3	0,05	9,19	0,0133	0,1153	0,37	2,23
4	0,09	5,43	0,0417	0,2042	0,66	2,23
5	0,19	5,37	0,0183	0,1353	0,43	2,23

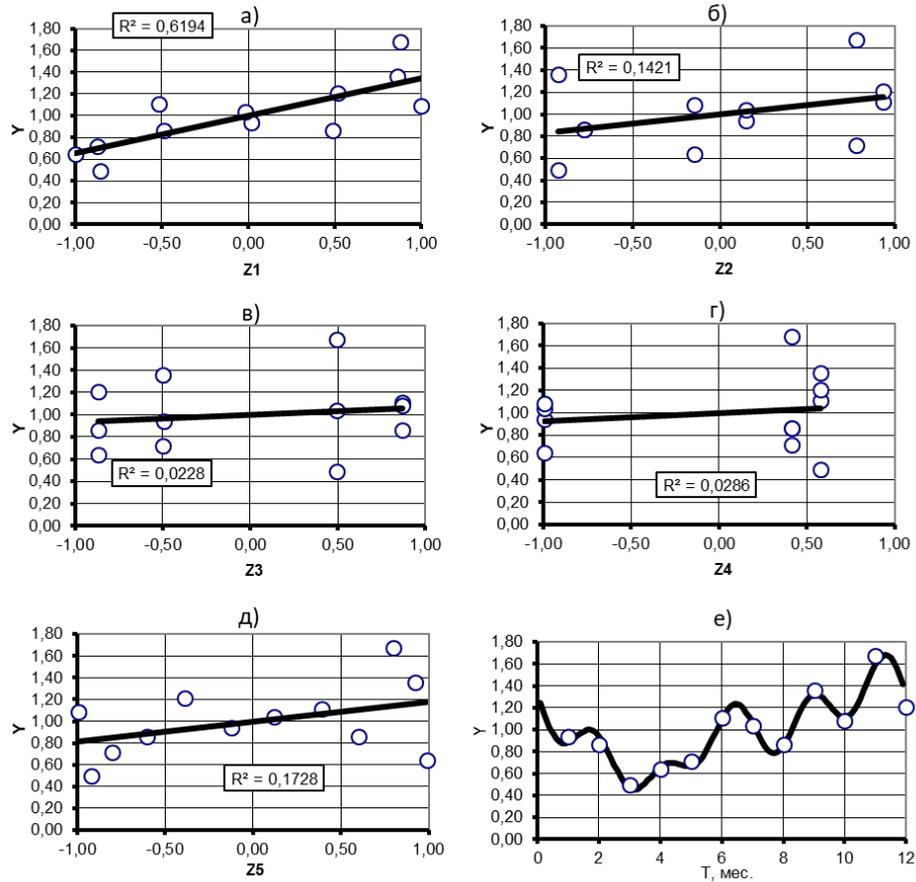


Рисунок П2.3 – Изменение по времени относительного количества ТО автомобилей УАЗ-3163 Патриот: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.3 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО автомобилей УАЗ-3163 Патриот по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,35	10,03	0,6994	0,8363	4,82	2,23
2	0,17	11,28	0,1421	0,3770	1,29	2,23
3	0,07	6,99	0,0228	0,1510	0,48	2,23
4	0,07	10,18	0,0286	0,1691	0,54	2,23
5	0,18	8,23	0,1728	0,4157	1,44	2,23

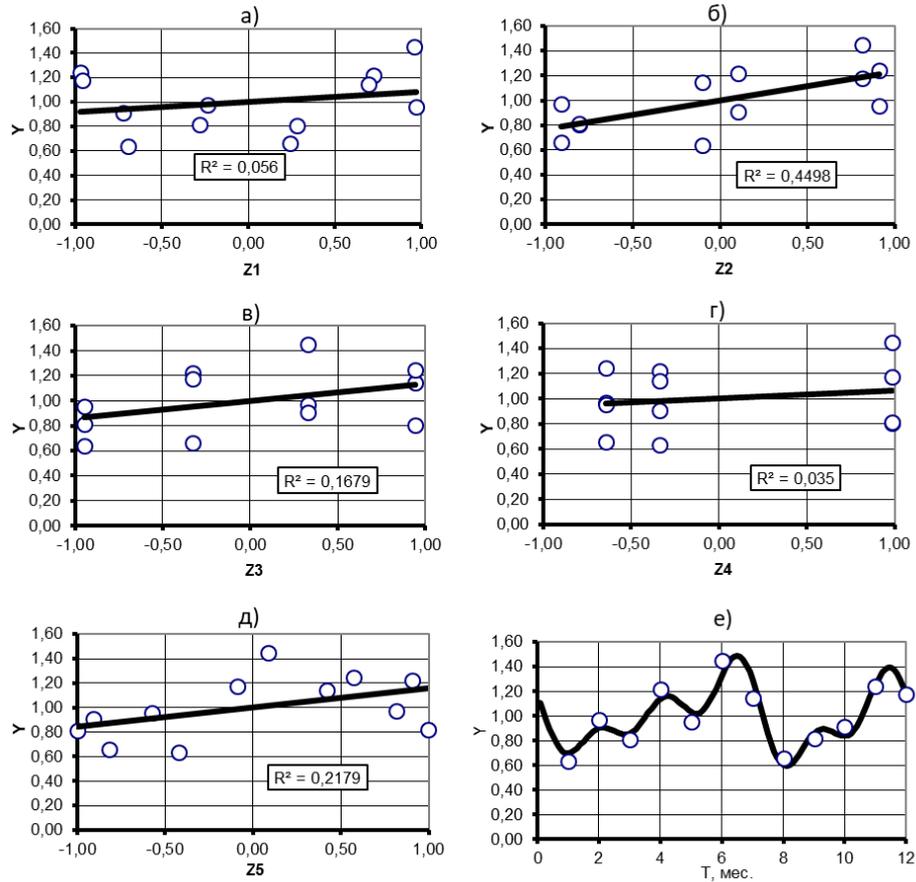


Рисунок П2.4 – Изменение по времени относительного количества ТО автомобилей ГАЗ-2217: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.4 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО автомобилей ГАЗ-2217 по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,08	5,46	0,0560	0,2366	0,77	2,23
2	0,23	10,81	0,4498	0,6707	2,86	2,23
3	0,14	8,36	0,1679	0,4098	1,42	2,23
4	0,06	0,34	0,0350	0,1871	0,60	2,23
5	0,16	8,83	0,2179	0,4668	1,67	2,23

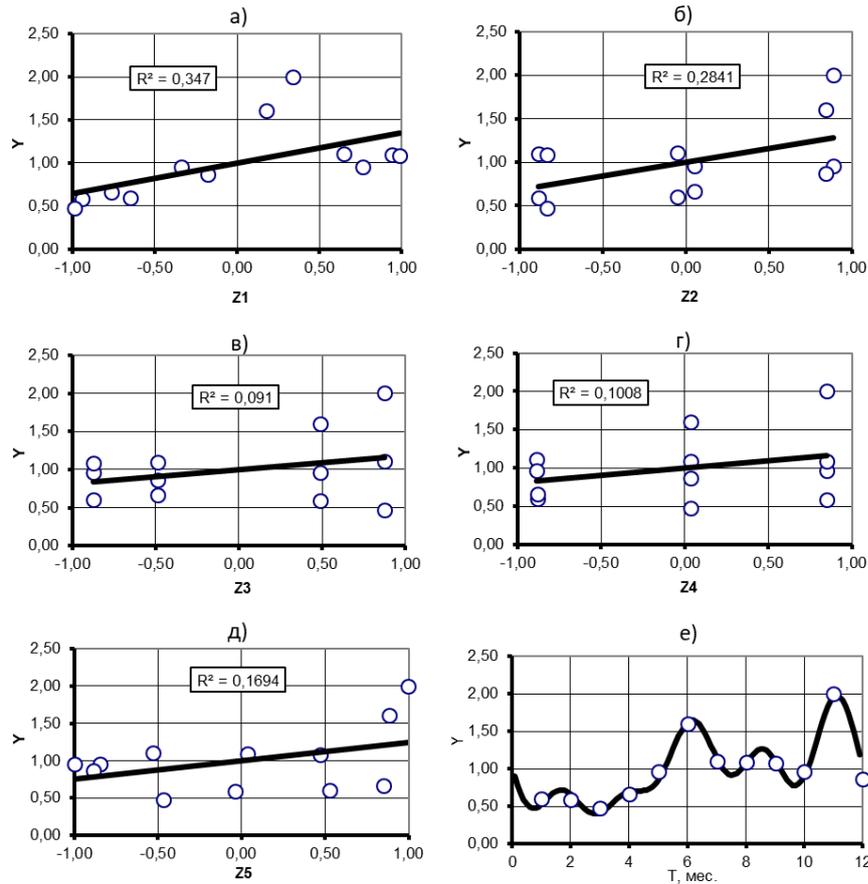


Рисунок П2.5 – Изменение по времени относительного количества ТО автобусов KAROSA-C954.1360: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.5 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО автобусов KAROSA-C954.1360 по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,35	8,66	0,3470	0,5891	2,30	2,23
2	0,32	10,90	0,2841	0,5330	1,99	2,23
3	0,18	8,02	0,0910	0,3017	1,00	2,23
4	0,19	9,07	0,1008	0,3175	1,06	2,23
5	0,25	6,93	0,1694	0,4116	1,43	2,23

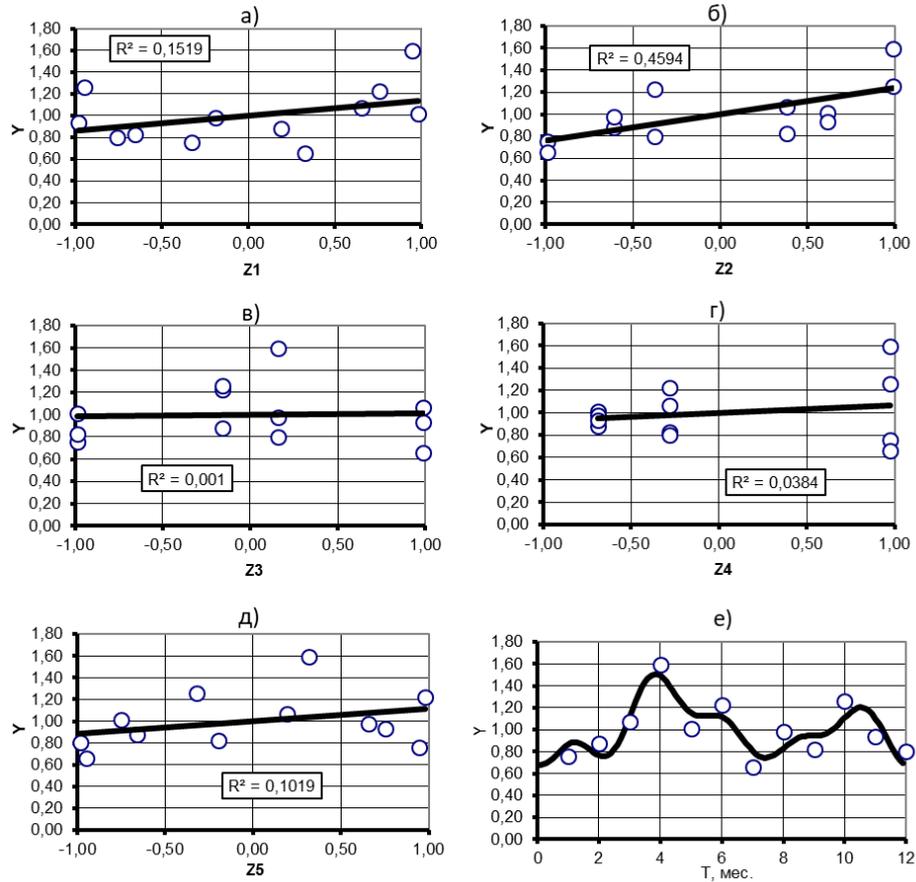


Рисунок П2.6 – Изменение по времени относительного количества ТО автобусов MAN A72 LION'S CLASSIC: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.6 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО автобусов MAN A72 LION'S CLASSIC U

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,14	4,64	0,1519	0,3897	1,34	2,23
2	0,24	8,26	0,4594	0,6778	2,91	2,23
3	0,01	9,31	0,0010	0,0316	0,10	2,23
4	0,07	3,55	0,0384	0,1960	0,63	2,23
5	0,11	5,62	0,1019	0,3192	1,06	2,23

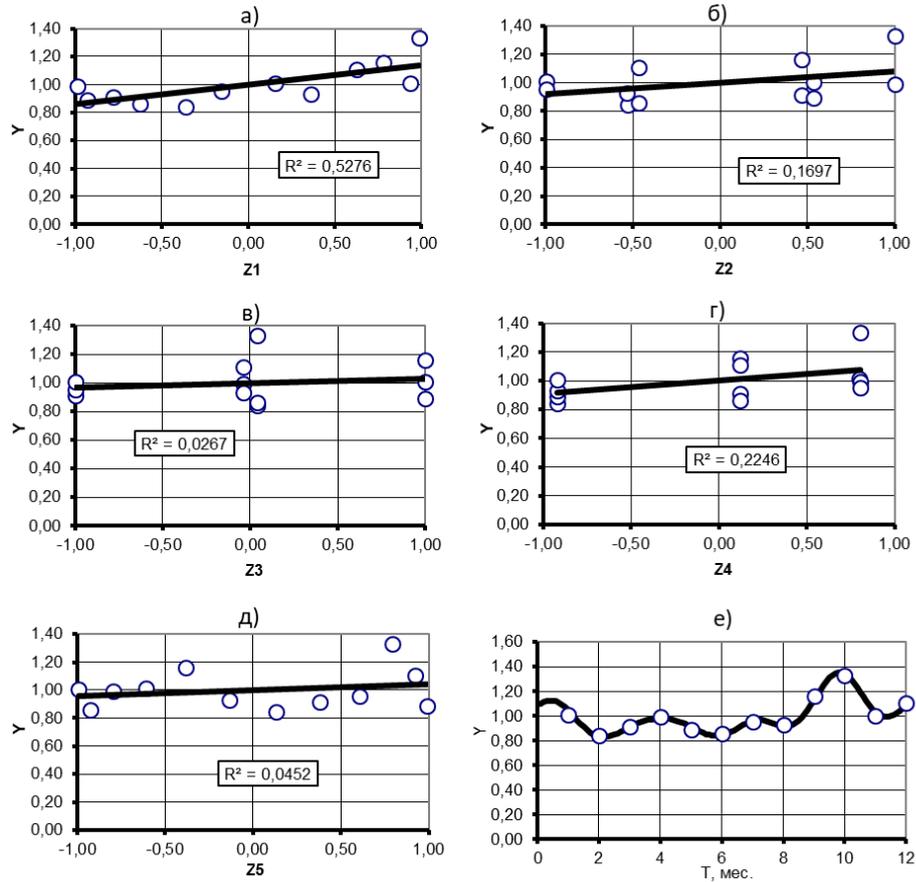


Рисунок П2.7 – Изменение по времени относительного количества ТО автомобилей КАМАЗ-43118: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.7 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО автомобилей КАМАЗ-43118 по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,14	10,29	0,5276	0,7264	3,34	2,23
2	0,08	8,07	0,1697	0,4119	1,43	2,23
3	0,03	3,08	0,0267	0,1634	0,52	2,23
4	0,09	2,77	0,2246	0,4739	1,70	2,23
5	0,04	0,75	0,0452	0,2126	0,69	2,23

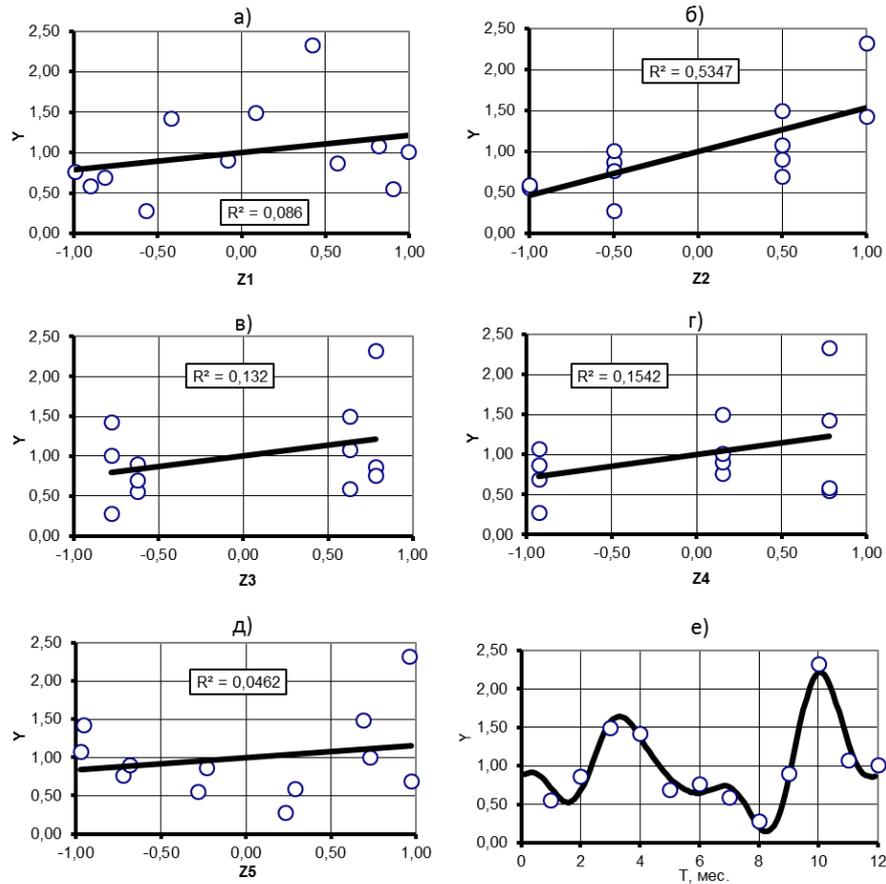


Рисунок П2.8 – Изменение по времени относительного количества ТО автомобилей IVECO AT 720 T 38 WTH: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.8 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО автомобилей IVECO AT 720 T 38 WTH по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,22	0,16	0,0860	0,2933	0,97	2,23
2	0,54	8,00	0,5347	0,7312	3,39	2,23
3	0,27	7,29	0,1320	0,3633	1,23	2,23
4	0,29	2,71	0,1542	0,3927	1,35	2,23
5	0,16	1,45	0,0462	0,2149	0,70	2,23

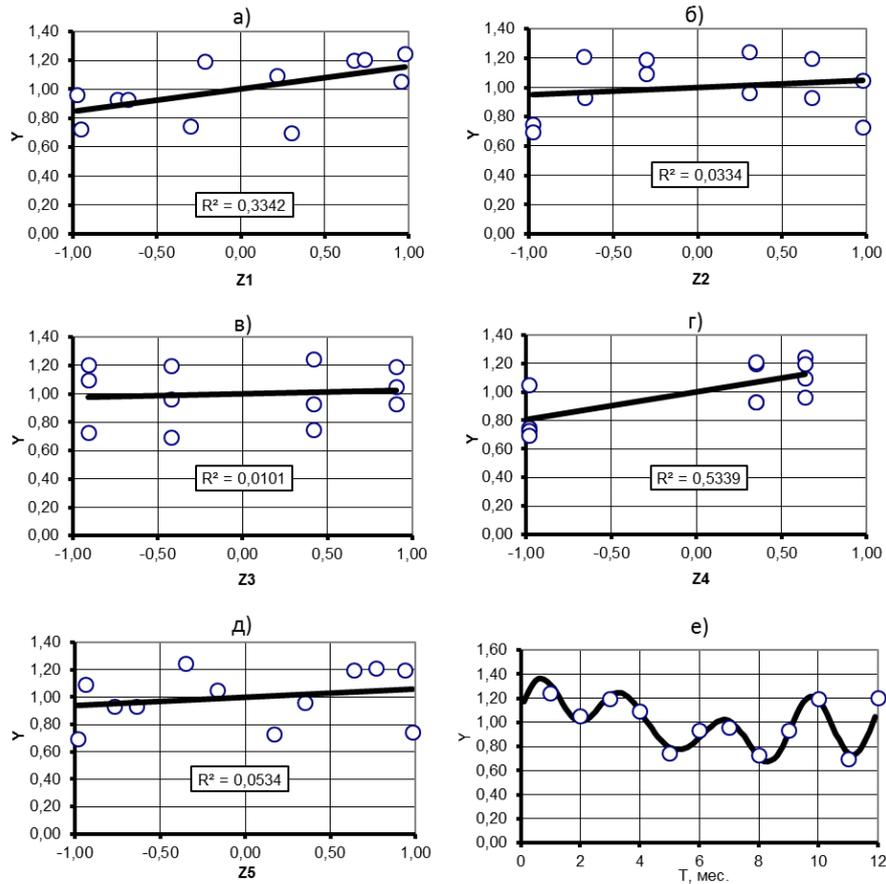


Рисунок П2.9 – Изменение по времени относительного количества ТО автомобилей IVECO AMT 633912: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.9 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО автомобилей IVECO AMT 633912 по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,16	1,41	0,3342	0,5781	2,24	2,23
2	0,05	4,41	0,0334	0,1828	0,59	2,23
3	0,03	5,17	0,0101	0,1005	0,32	2,23
4	0,20	2,32	0,5339	0,7307	3,38	2,23
5	0,06	1,32	0,0534	0,2311	0,75	2,23

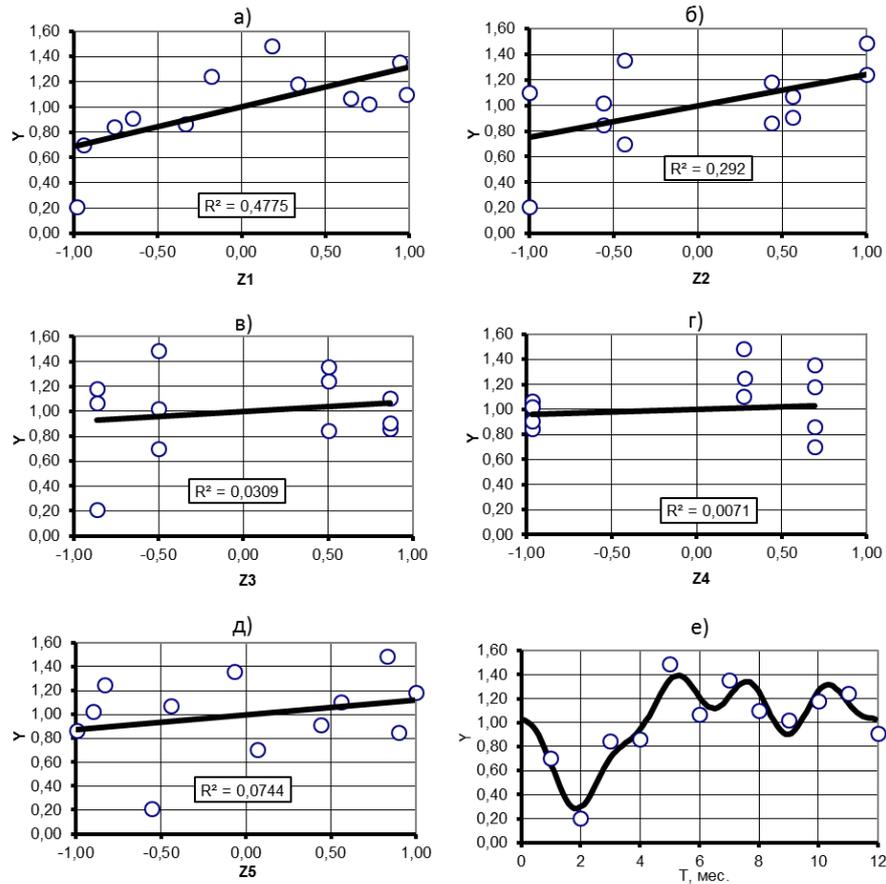


Рисунок П2.10 – Изменение по времени относительного количества ТО автомобилей МАЗ-651705-282: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.10 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО автомобилей МАЗ-651705-282 по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,31	7,65	0,4775	0,6910	3,02	2,23
2	0,25	10,14	0,2920	0,5404	2,03	2,23
3	0,08	11,00	0,0309	0,1758	0,56	2,23
4	0,04	5,54	0,0071	0,0843	0,27	2,23
5	0,12	2,13	0,0744	0,2728	0,90	2,23

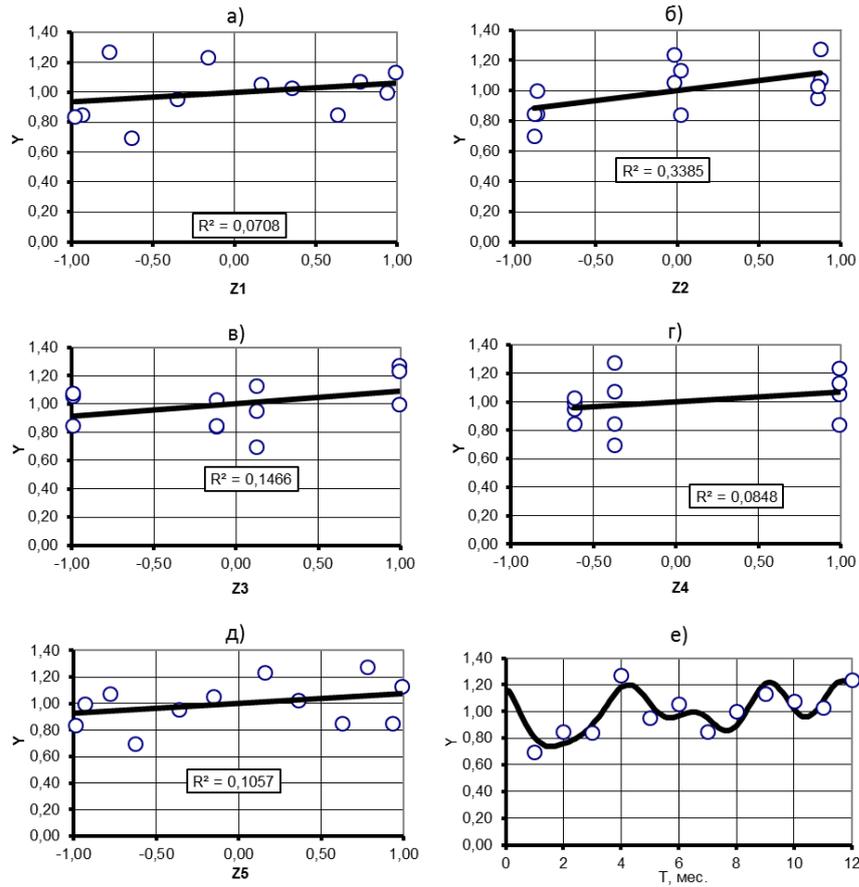


Рисунок П2.11 – Изменение по времени относительного количества ТО автомобилей CHEVROLET NIVA 2123: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоника; е – гармоническая модель

Таблица П2.11 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО автомобилей CHEVROLET NIVA 2123 по времени

Номер гармоника	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,06	8,68	0,0708	0,2661	0,87	2,23
2	0,13	8,97	0,3385	0,5818	2,26	2,23
3	0,09	0,24	0,1466	0,3829	1,31	2,23
4	0,07	0,27	0,0848	0,2912	0,96	2,23
5	0,08	9,30	0,1057	0,3251	1,09	2,23

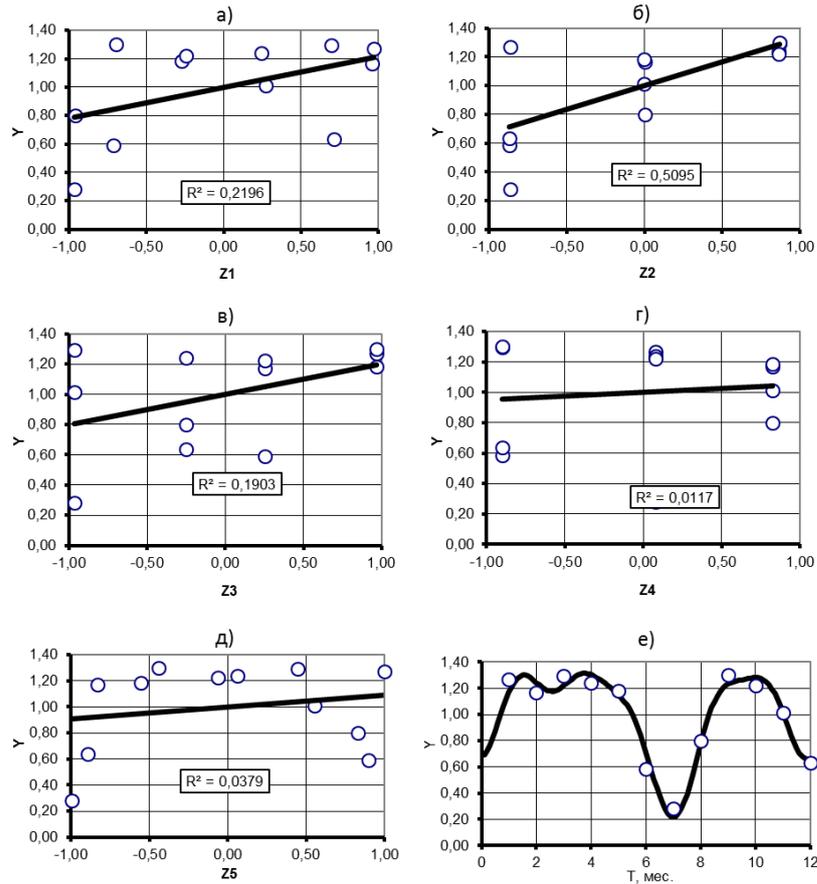


Рисунок П2.12 – Изменение по времени относительного количества ТО спецавтомобилей Урал-4320 ППУ: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.12 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО спецавтомобилей Урал-4320 ППУ по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,22	1,47	0,2196	0,4686	1,68	2,23
2	0,33	7,00	0,5095	0,7138	3,22	2,23
3	0,20	3,49	0,1903	0,4362	1,53	2,23
4	0,05	6,85	0,0117	0,1082	0,34	2,23
5	0,09	5,12	0,0379	0,1947	0,63	2,23

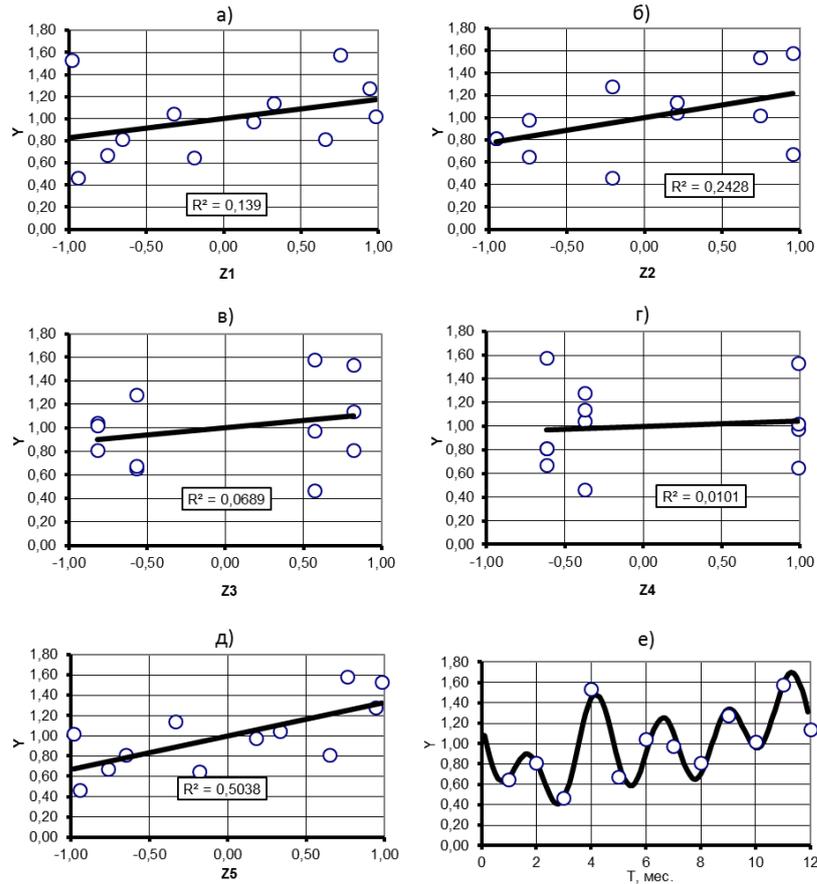


Рисунок П2.13 – Изменение по времени относительного количества ТО автомобилей КАМАЗ-44108-10: а ... д – 1-я ... 5-я линейризованные гармоники; е – гармоническая модель

Таблица П2.13 – Оценка значимости линейризованных гармоник математической модели изменения количества ТО автомобилей КАМАЗ-44108-10 по времени

Номер гармоники	Полуамплитуда колебания	Начальная фаза, мес.	r^2	r	t_r	$t_{0,95}$
1	0,17	9,63	0,1390	0,3728	1,27	2,23
2	0,23	9,40	0,2428	0,4927	1,79	2,23
3	0,12	10,84	0,0689	0,2625	0,86	2,23
4	0,05	3,73	0,0101	0,1005	0,32	2,23
5	0,33	8,35	0,5038	0,7098	3,18	2,23

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОЦЕНКЕ АДЕКВАТНОСТИ
МОДЕЛИ ПОТОКА ТРЕБОВАНИЙ НА ТО С УЧЕТОМ ВАРИАЦИИ
ИНТЕНСИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ**

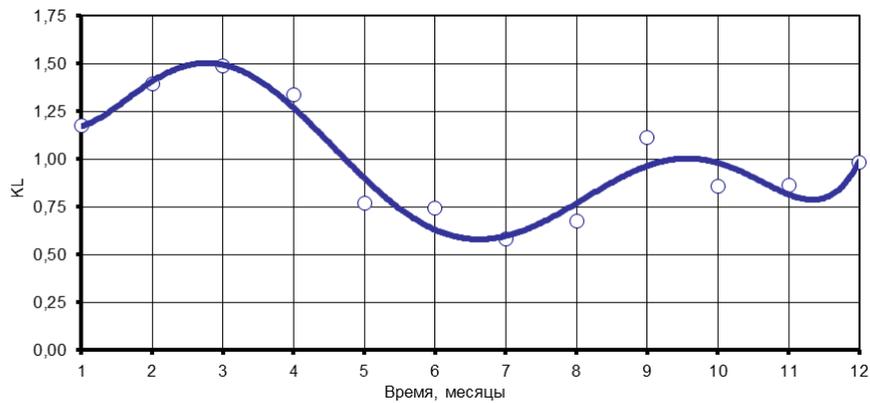


Рисунок П3.1 – Закономерность изменения интенсивности эксплуатации автомобилей по времени

Таблица П3.1 – Параметры цикла ТО автомобилей Урал4320

Показатели	ТО-1	ТО-2-1	ТО-2-2	ТО-3	ТО-2-4	ТО-2-5	ТО-2-6
Наработка с начала цикла ТО, тыс. км	4	16	32	48	64	80	96

Таблица П3.2 – Параметры цикла моделирования

Наименование показателя	Значение
Количество автомобилей в парке, ед.	286
Средний годовой пробег автомобиля, тыс. км	31,8
Коэффициент вариации интенсивности эксплуатации	0,37
Количество стабилизационных циклов, ед.	3
Количество циклов моделирования, ед.	61

Таблица ПЗ.3 – Результаты моделирования

Номер месяца	$N_{ТО}^{(\Phi)}$, ед.	$N_{ТО}^{(P)}$, ед.	$N_{ТО}^{(\Phi)} - N_{ТО}^{(P)}$, ед.	$\frac{N_{ТО}^{(\Phi)} - N_{ТО}^{(P)}}{N_{ТО}^{(P)}}$	$(N_{ТО}^{(\Phi)} - N_{ТО}^{(P)})^2$, ед. ²	$N_{ТО}^{(\Phi)} - \overline{N_{ТО}^{(\Phi)}}$, ед.	$(N_{ТО}^{(\Phi)} - \overline{N_{ТО}^{(\Phi)}})^2$, ед. ²
1	48	46,3	1,667	0,04	2,78	7,58	57,51
2	49	52,7	3,667	0,07	13,44	8,58	73,67
3	42	41,3	0,667	0,02	0,44	1,58	2,51
4	58	73,7	15,667	0,21	245,44	17,58	309,17
5	51	50,3	0,667	0,01	0,44	10,58	112,01
6	39	41,3	2,333	0,06	5,44	-1,42	2,01
7	37	38,0	1,000	0,03	1,00	-3,42	11,67
8	29	26,7	2,333	0,09	5,44	-11,42	130,34
9	36	39,0	3,000	0,08	9,00	-4,42	19,51
10	29	32,0	3,000	0,09	9,00	-11,42	130,34
11	28	30,0	2,000	0,07	4,00	-12,42	154,17
12	39	49,0	10,000	0,20	100,00	-1,42	2,01
Сумма	485	520,3	46,000	0,96	396,44		1004,92

Таблица ПЗ.4 – Проверка адекватности имитационной модели

Показатели	Обозначения	Значения
Средняя ошибка аппроксимации, %	ϵ	7,994
Остаточная дисперсия, (ед.) ²	$D_{ост.}$	36,04
Дисперсия фактических значений	D	91,36
Дисперсионное отношение Фишера	F	2,54
Предельное значения статистика Фишера	$F_{0,95}$	2,23

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ВЛИЯНИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТО НА ВАРИАЦИЮ КОЛИЧЕСТВА
ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Таблица П4.1 – Влияние периодичности ТО на коэффициент вариации количества технических обслуживаний

L_T , тыс. км	$N_{ТО-1}$, ед.	$N_{ТО-2}$, ед.	$V_{N_{ТО-1}}$	$V_{N_{ТО-2}}$
5	115	44	0,565	0,597
7	182	62	0,318	0,829
10	219	99	0,499	0,557
20	510	168	0,201	0,495
30	765	250	0,16	0,386
40	1002	332	0,09	0,278
50	1234	412	0,091	0,328
60	1510	512	0,106	0,149
70	1729	591	0,062	0,121

Таблица П4.2 – Влияние отношения годового пробега автомобиля к периодичности ТО на коэффициент вариации количества технических обслуживаний

$L_T/L_{ТО}$	$L_{ТО}/L_T$	$V_{N_{ТО}}$
1	2	3
17,50	0,057	0,062
15,00	0,067	0,106
12,50	0,080	0,091
10,00	0,100	0,090

Продолжение таблицы П4.2

1	2	3
7,50	0,133	0,160
5,00	0,200	0,201
2,50	0,400	0,499
1,25	0,800	0,565
1,75	0,571	0,318
4,38	0,229	0,121
3,75	0,2667	0,149
3,13	0,3200	0,328
2,50	0,4000	0,278
1,88	0,5333	0,386
1,25	0,8000	0,495
0,63	1,6000	0,557
0,31	3,2000	0,597
0,44	2,2857	0,829

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НАРАБОТОК НА ОТКАЗ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЕЙ,
ЗАМЕНЯЕМЫХ ПРИ ТО**

Таблица П5.1 – Статистические характеристики закона распределения наработок на отказ накладок тормозных колодок 55571-3501105-10

Номер интервала	Начало интервала	Конец интервала	Середина интервала	n	n/N	X n/N
1	0,07	35,87	17,97	230	0,237	4,260
2	35,87	71,67	53,77	269	0,277	14,912
3	71,67	107,48	89,57	193	0,199	17,822
4	107,48	143,28	125,38	104	0,107	13,443
5	143,28	179,08	161,18	65	0,067	10,801
6	179,08	214,89	196,98	41	0,042	8,326
7	214,89	250,69	232,79	22	0,023	5,280
8	250,69	286,49	268,59	20	0,021	5,538
9	286,49	322,30	304,39	11	0,011	3,452
10	322,30	358,10	340,20	8	0,008	2,806
11	358,10	393,90	376,00	7	0,007	2,713
Сумма				970		89,35
Номер интервала	(X-X _{ср})	(X-X _{ср}) ² n/N	(X-X _{ср}) ³ n/N	(X-X _{ср}) ⁴ n/N	n/N X ^α	
1	-71,39	1208,30	-86254,78	6157327,13	8,8148	
2	-35,58	351,11	-12493,07	444527,80	40,6572	
3	0,22	0,01	0,00	0,00	55,2549	
4	36,02	139,14	5012,67	180580,61	45,3570	
5	71,83	345,73	24832,92	1783705,75	38,8222	
6	107,63	489,66	52702,64	5672473,14	31,4773	
7	143,44	466,62	66929,41	9600025,32	20,8172	
8	179,24	662,40	118727,68	21280568,25	22,6361	
9	215,04	524,41	112769,09	24250076,84	14,5609	
10	250,85	518,96	130177,54	32654420,47	12,1713	
11	286,65	592,96	169971,52	48722111,08	12,0710	
Сумма		5299,3	582375,6	150745816,4	302,6	

Продолжение таблицы П5.1

Наименование параметра	Значение
Название выборки	
Закон распределения	Вейбулла
Объем выборки	970
Минимальное значение	0,07
Максимальное значение	393,90
Выборочное среднее	89,35
Среднее квадратическое отклонение среднего	2,34
Дисперсия	5299,28
Среднее квадратическое отклонение	72,80
Коэффициент вариации	0,815
Коэффициент асимметрии	1,510
Коэффициент эксцесса	2,368
Статистика Пирсона:	
нормальный закон	10,895
логнормальный закон	0,515
закон Вейбулла	0,293
экспоненциальный закон	0,679
TP-закон	4531,056
Вероятность соответствия закону распределения	0,950
Параметры закона Вейбулла:	
$\alpha =$	1,252
$\beta =$	302,6399

Таблица П5.2 – Статистические характеристики закона распределения наработок на отказ ремня приводного 1-8x8,5-850

Номер интервала	Начало интервала	Конец интервала	Середина интервала	n	n/N	X n/N
1	0,00	8,21	4,10	292	0,345	1,416
2	8,21	16,41	12,31	191	0,226	2,779
3	16,41	24,62	20,51	112	0,132	2,716
4	24,62	32,82	28,72	87	0,103	2,953
5	32,82	41,03	36,92	41	0,048	1,789
6	41,03	49,23	45,13	54	0,064	2,881
7	49,23	57,44	53,34	29	0,034	1,828
8	57,44	65,64	61,54	22	0,026	1,600
9	65,64	73,85	69,75	13	0,015	1,072
10	73,85	82,05	77,95	1	0,001	0,092
11	82,05	90,26	86,16	4	0,005	0,407
Сумма				846		19,53

Продолжение таблицы П5.2

Номер интервала	$(X-X_{cp})$	$(X-X_{cp})^2$ n/N	$(X-X_{cp})^3$ n/N	$(X-X_{cp})^4$ n/N	n/N X^a
1	-15,43	82,19	-1268,27	19570,91	1,6917
2	-7,23	11,79	-85,18	615,47	3,8124
3	0,98	0,13	0,12	0,12	3,9735
4	9,19	8,68	79,69	731,93	4,5083
5	17,39	14,66	254,88	4432,54	2,8195
6	25,60	41,82	1070,36	27396,74	4,6549
7	33,80	39,16	1323,81	44746,25	3,0172
8	42,01	45,89	1927,55	80969,78	2,6891
9	50,21	38,74	1945,34	97679,53	1,8295
10	58,42	4,03	235,64	13765,72	0,1595
11	66,62	20,99	1398,17	93149,73	0,7141
Сумма		308,1	6882,1	383058,7	29,9
Наименование параметра					Значение
Название выборки					
Закон распределения					Логнормальный
Объем выборки					846
Минимальное значение					0,00
Максимальное значение					90,26
Выборочное среднее					19,53
Среднее квадратическое отклонение среднего					0,60
Дисперсия					308,07
Среднее квадратическое отклонение					17,55
Коэффициент вариации					0,899
Коэффициент асимметрии					1,273
Коэффициент эксцесса					1,036
Статистика Пирсона:					
нормальный закон					7,590
логнормальный закон					1,632
закон Вейбулла					0,465
экспоненциальный закон					0,321
TP-закон					1108,412
Вероятность соответствия закону распределения					0,950
Параметры закона Вейбулла:					
$\alpha =$					1,126
$\beta =$					29,8700

Таблица П5.3 – Статистические характеристики закона распределения наработок на отказ ремня приводного П-14х10-937

Номер интервала	Начало интервала	Конец интервала	Середина интервала	n	n/N	X n/N
1	0,01	8,17	4,09	244	0,310	1,268
2	8,17	16,33	12,25	192	0,244	2,988
3	16,33	24,48	20,40	111	0,141	2,878
4	24,48	32,64	28,56	87	0,111	3,157
5	32,64	40,80	36,72	55	0,070	2,566
6	40,80	48,95	44,88	33	0,042	1,882
7	48,95	57,11	53,03	26	0,033	1,752
8	57,11	65,27	61,19	12	0,015	0,933
9	65,27	73,43	69,35	16	0,020	1,410
10	73,43	81,58	77,51	9	0,011	0,886
11	81,58	89,74	85,66	2	0,003	0,218
Сумма				787		19,94
Номер интервала	(X-X _{ср})	(X-X _{ср}) ² n/N	(X-X _{ср}) ³ n/N	(X-X _{ср}) ⁴ n/N	n/N X ^α	
1	-15,85	77,87	-1234,17	19559,62	1,5734	
2	-7,69	14,43	-110,99	853,61	4,3874	
3	0,47	0,03	0,01	0,01	4,5702	
4	8,62	8,22	70,90	611,44	5,2796	
5	16,78	19,68	330,27	5542,31	4,4595	
6	24,94	26,08	650,37	16219,49	3,3723	
7	33,10	36,19	1197,66	39637,81	3,2214	
8	41,25	25,95	1070,51	44162,56	1,7536	
9	49,41	49,64	2452,55	121182,88	2,7011	
10	57,57	37,90	2181,84	125604,93	1,7273	
11	65,73	10,98	721,55	47424,38	0,4308	
Сумма		307,0	7330,5	420799,0	33,5	
Наименование параметра					Значение	
1					2	
Название выборки					Экспоненциальный	
Закон распределения					Экспоненциальный	
Объем выборки					787	
Минимальное значение					0,01	
Максимальное значение					89,74	
Выборочное среднее					19,94	
Среднее квадратическое отклонение среднего					0,62	
Дисперсия					306,97	
Среднее квадратическое отклонение					17,52	
Коэффициент вариации					0,879	

Продолжение таблицы П5.3

1	2
Коэффициент асимметрии	1,363
Коэффициент эксцесса	1,466
Статистика Пирсона:	
нормальный закон	6,842
логнормальный закон	1,116
закон Вейбулла	0,242
экспоненциальный закон	0,167
ТР-закон	1076,964
Вероятность соответствия закону распределения	0,950
Параметры закона Вейбулла:	
$\alpha =$	1,153
$\beta =$	33,4766

Таблица П5.4 – Статистические характеристики закона распределения наработок на отказ ремня приводного П-14х10-1037

Номер интервала	Начало интервала	Конец интервала	Середина интервала	n	n/N	X n/N
1	0,02	7,63	3,82	280	0,317	1,211
2	7,63	15,25	11,44	196	0,222	2,536
3	15,25	22,86	19,06	132	0,149	2,845
4	22,86	30,48	26,67	98	0,111	2,957
5	30,48	38,10	34,29	61	0,069	2,366
6	38,10	45,71	41,91	50	0,057	2,370
7	45,71	53,33	49,52	38	0,043	2,129
8	53,33	60,95	57,14	17	0,019	1,099
9	60,95	68,56	64,75	9	0,010	0,659
10	68,56	76,18	72,37	0	0,000	0,000
11	76,18	83,80	79,99	3	0,003	0,271
Сумма				884		18,44
Номер интервала	(X-X _{ср})	(X-X _{ср}) ² n/N	(X-X _{ср}) ³ n/N	(X-X _{ср}) ⁴ n/N	n/N X ^α	
1	2	3	4	5	6	
1	-14,62	67,71	-989,99	14474,67	1,6098	
2	-7,00	10,88	-76,20	533,75	4,2546	
3	0,61	0,06	0,03	0,02	5,3190	
4	8,23	7,51	61,75	508,12	5,9361	
5	15,84	17,32	274,48	4348,91	5,0101	
6	23,46	31,13	730,37	17134,99	5,2371	
7	31,08	41,52	1290,18	40095,12	4,8733	

Продолжение таблицы П5.4

1	2	3	4	5	6
8	38,69	28,79	1114,06	43106,67	2,5930
9	46,31	21,83	1011,13	46825,21	1,5976
10	53,93	0,00	0,00	0,00	0,0000
11	61,54	12,85	791,03	48681,86	0,6880
Сумма		239,6	4206,8	215709,3	37,1
Наименование параметра					Значение
Название выборки					
Закон распределения					Экспоненциальный
Объем выборки					884
Минимальное значение					0,02
Максимальное значение					83,80
Выборочное среднее					18,44
Среднее квадратическое отклонение среднего					0,52
Дисперсия					239,60
Среднее квадратическое отклонение					15,48
Коэффициент вариации					0,839
Коэффициент асимметрии					1,134
Коэффициент эксцесса					0,757
Статистика Пирсона:					
нормальный закон					6,117
логнормальный закон					1,788
закон Вейбулла					0,329
экспоненциальный закон					0,275
TR-закон					930,107
Вероятность соответствия закону распределения					0,950
Параметры закона Вейбулла:					
$\alpha =$					1,212
$\beta =$					37,1187

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ВЛИЯНИЯ СЕЗОННЫХ УСЛОВИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ФИЛЬТРОВ**

Таблица Пб.1 – Результаты экспериментальных исследований влияния основных сезонных факторов на интенсивность загрязнения элементов фильтрующих очистки воздуха 740-1109560-02 автомобилей Урал-4320

Месяц	Температура воздуха, °С	Доля дней с осадками	Осадки, мм	Скорость ветра, м/с	Относительная влажность, %	Средняя техническая скорость, км/ч	Среднесуточный пробег, км	Масса загрязнений воздушного фильтра, г	Интенсивность загрязнений возд. фильтра, г/1000 км
Январь	-14,6	0,45	12	4,4	80	40,5	122	103	38,38
Февраль	-12,3	0,35	12	4,4	71	38	163	121	33,74
Март	-4,4	0,39	12	4,4	61	37,6	158	129	37,11
Апрель	3,1	0,29	20	5	52	34,7	136	157	52,47
Май	10,2	0,35	43	5	47	35,3	118	212	81,66
Июнь	16,4	0,41	68	3,9	50	34,2	135	245	82,49
Июль	18,1	0,49	78	3,3	56	32,8	146	238	74,10
Август	15,7	0,4	66	3,9	60	30,9	152	223	66,69
Сентябрь	9,6	0,44	43	4,4	63	29,9	126	198	71,43
Октябрь	1,9	0,45	27	4,4	70	31,6	119	155	59,21
Ноябрь	-6,8	0,44	20	5	78	34	131	126	43,72
Декабрь	-11,5	0,54	17	4,4	79	36	155	108	31,67

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ НА МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Таблица П7.1 – Распределение по месяцам затрат на материалы для ТО, заменяемые по наработке

Номер месяца	к _{с1} (ТО-1)	Затраты на материалы для ТО-1			к _{с1} (ТО-2)	Затраты на материалы для ТО-2									С _{пр.1} , тыс. руб.
		Смазка консистентная	Масло гидравлическое	Масло трансмиссионное		Масло моторное	Масло трансмиссионное	Смазка консистентная	Масло гидравлическое	Спирт технический	Антифриз	Элемент фильтра очистки масла	Элемент фильтра грубой очистки топлива	Элемент фильтра тонкой очистки топлива	
1	1,207	19,21	1,51	21,18	1,685	438,20	69,71	21,56	9,86	1,45	22,35	36,52	9,13	37,98	688,64
2	1,491	23,73	1,86	26,17	1,146	297,98	47,40	14,66	6,70	0,98	15,20	24,83	6,21	25,82	491,54
3	1,491	23,73	1,86	26,17	1,146	297,98	47,40	14,66	6,70	0,98	15,20	24,83	6,21	25,82	491,54
4	1,278	20,34	1,60	22,43	1,820	473,26	75,28	23,28	10,65	1,56	24,14	39,44	9,86	41,02	742,85
5	1,373	21,84	1,71	24,09	0,809	210,34	33,46	10,35	4,73	0,69	10,73	17,53	4,38	18,23	358,09
6	0,828	13,18	1,03	14,54	1,213	315,51	50,19	15,52	7,10	1,04	16,09	26,29	6,57	27,34	494,41
7	0,615	9,79	0,77	10,80	0,472	122,70	19,52	6,04	2,76	0,40	6,26	10,22	2,56	10,63	202,45
8	0,473	7,53	0,59	8,31	0,607	157,75	25,09	7,76	3,55	0,52	8,05	13,15	3,29	13,67	249,26
9	0,805	12,80	1,00	14,12	0,202	52,58	8,36	2,59	1,18	0,17	2,68	4,38	1,10	4,56	105,54
10	0,686	10,92	0,86	12,05	0,674	175,28	27,88	8,62	3,94	0,58	8,94	14,61	3,65	15,19	282,52
11	0,734	11,68	0,92	12,88	1,213	315,51	50,19	15,52	7,10	1,04	16,09	26,29	6,57	27,34	491,13
12	1,018	16,19	1,27	17,86	1,011	262,92	41,82	12,94	5,92	0,87	13,41	21,91	5,48	22,79	423,37
Сумма	12,00	190,94	14,98	210,60	12,00	3120,0	496,31	153,50	70,20	10,30	159,12	260,00	65,00	270,40	5021,3

Таблица П7.2 – Значения коэффициентов сезонной неравномерности потребности в материалах для ТО, заменяемых по состоянию

Номер месяца	Значения k_{C2} для материалов:											
	ремень привода гидроусилителя руля	ремень привода водяного насоса	ремень привода генератора	ремень привода компрессора	накладка тормозной колодки	лампа А 24-21-3	лампа А 24x5	элемент фильтра очистки воздуха	масло моторное	масло трансмиссионное	масло гидравлическое	антифриз
1	0,993	1,342	1,986	1,227	0,643	0,783	0,967	0,660	1,068	1,041	1,088	0,110
2	1,272	1,248	1,865	1,304	0,643	0,810	0,687	0,623	1,127	1,317	1,531	0,082
3	0,996	1,148	1,297	1,238	0,696	0,930	0,918	0,990	1,263	1,230	1,137	0,253
4	1,475	1,094	1,176	1,129	0,750	1,407	1,420	1,218	1,198	1,337	1,228	2,763
5	0,836	0,832	0,811	0,920	0,911	1,384	1,206	1,130	1,044	0,974	0,792	2,636
6	0,551	0,725	0,284	0,889	1,071	0,984	0,841	1,306	0,891	0,894	0,554	0,210
7	0,776	0,839	0,486	0,867	1,286	1,078	1,019	1,313	0,875	0,887	0,569	0,025
8	0,853	0,711	0,405	0,742	1,393	1,217	1,269	1,137	0,836	0,558	0,897	1,129
9	0,839	0,658	0,203	0,715	1,339	1,252	1,124	1,086	0,793	0,664	1,150	3,125
10	1,576	0,960	0,568	0,795	1,339	0,826	0,846	0,998	0,832	0,753	1,395	1,299
11	1,041	1,181	1,216	0,992	1,125	0,574	0,766	0,792	1,050	0,914	1,012	0,261
12	0,792	1,262	1,703	1,183	0,804	0,756	0,937	0,748	1,021	1,431	0,647	0,107

Таблица П7.3 – Распределение по месяцам затрат на материалы для ТО, заменяемые по состоянию

Номер месяца	Затраты на материалы												С _{пр.2} , тыс. руб.
	Ремень привода гидроусилителя руля	Ремень привода водяного насоса	Ремень привода генератора	Ремень привода компрессора	Накладка тормозной колодки	Лампа А 24-21-3	Лампа А 24x5	Элемент фильтра очистки воздуха	Масло моторное	Масло трансмиссионное	Масло гидравлическое	Антифриз	
1	8,28	7,53	19,64	10,42	23,15	0,97	1,22	7,07	421,00	3,18	0,11	0,27	502,83
2	10,61	7,00	18,44	11,07	23,15	1,00	0,86	6,67	444,25	4,02	0,16	0,20	527,45
3	8,31	6,44	12,83	10,51	25,08	1,15	1,15	10,60	497,98	3,76	0,12	0,61	578,53
4	12,30	6,14	11,62	9,58	27,01	1,74	1,79	13,04	472,32	4,08	0,13	6,67	566,41
5	6,97	4,67	8,02	7,81	32,80	1,71	1,52	12,09	411,37	2,97	0,08	6,36	496,37
6	4,60	4,07	2,81	7,55	38,59	1,21	1,06	13,98	351,23	2,73	0,06	0,51	428,38
7	6,47	4,71	4,81	7,36	46,30	1,33	1,28	14,06	344,82	2,71	0,06	0,06	433,96
8	7,12	3,99	4,01	6,30	50,16	1,50	1,60	12,17	329,58	1,70	0,09	2,72	420,95
9	7,00	3,69	2,00	6,07	48,23	1,54	1,41	11,62	312,74	2,03	0,12	7,54	404,00
10	13,15	5,38	5,61	6,75	48,23	1,02	1,07	10,68	327,98	2,30	0,14	3,13	425,44
11	8,68	6,63	12,03	8,42	40,51	0,71	0,96	8,48	413,78	2,79	0,10	0,63	503,73
12	6,61	7,08	16,84	10,04	28,94	0,93	1,18	8,01	402,55	4,37	0,07	0,26	486,87
Сумма	100,11	67,31	118,65	101,89	432,15	14,81	15,10	128,47	4729,61	36,64	1,24	28,95	5774,93

Таблица П7.4 – Фактические наработки на замену материалов для ТО

Наименования материалов	Средняя наработка на замену, тыс. км
Ремень привода гидроусилителя руля	22,18
Ремень привода водяного насоса	28,12
Ремень привода генератора	25,77
Ремень привода компрессора	22,15
Накладка тормозной колодки	53,57
Лампа А 24-21-3	24,58
Лампа А 24x5	14,46
Элемент фильтра очистки воздуха	50,15

Таблица П7.5 – Фактические наработки на долив и объемы долива масел и специальных жидкостей материалов для ТО

Наименования материалов	Средний объем долива, л	Средняя наработка на долив, тыс. км
Масло моторное	2,37	0,912
Масло трансмиссионное:		
коробка передач	0,78	28,35
раздаточная коробка	0,18	65,32
картер рулевого механизма	0,15	81,12
редукторы ведущих мостов	0,87	38,54
ступицы задней балансирной подвески	0,12	97,87
Масло гидравлическое	0,16	56,31
Антифриз	2,23	33,65

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

ДОКУМЕНТЫ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер Сургутской центральной
базы производственного обслуживания по
прокату и ремонту нефтепромысловой
спецтехники и навесного оборудования
ПАО «Сургутнефтегаз»



А.А. Зиганшин
24 сентября 2019 г.

АКТ

о внедрении диссертационной работы В.А. Бузина на тему «Методика определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий» в Сургутской центральной базе производственного обслуживания по прокату и ремонту нефтепромысловой спецтехники и навесного оборудования ПАО «Сургутнефтегаз»

Мы, нижеподписавшиеся заместитель начальника Сургутской центральной базы производственного обслуживания по прокату и ремонту нефтепромысловой спецтехники и навесного оборудования (СЦБПО ПРНСиНО) ПАО «Сургутнефтегаз» по производству А.В. Крутый, начальник отдела контроля качества А.В. Денисенко, начальник конструкторско-технического отдела И.Е. Щинов и инженер В.А. Бузин составили настоящий акт о том, что в Сургутской центральной базе производственного обслуживания по прокату и ремонту нефтепромысловой спецтехники и навесного оборудования ПАО «Сургутнефтегаз» принята к использованию методика определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий.

Указанная методика разработана на основе исследований, выполненных в диссертационной работе Бузина В.А. на тему «Методика определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий».

Эффект от использования методики образуется за счет более точного определения объемов и периодичности поставок, а также размера страховых запасов материалов с учетом сезонной вариации интенсивности и условий эксплуатации автомобилей, снижения на этой основе стоимости оборотных фондов.

Заместитель начальника СЦБПО ПРНСиНО
по производству

 А.В. Крутый

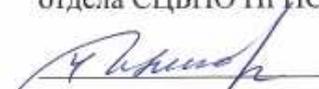
Инженер

 В.А. Бузин

Начальник отдела контроля качества СЦБПО
ПРНСиНО

 А.В. Денисенко

Начальник конструкторско-технологического
отдела СЦБПО ПРНСиНО

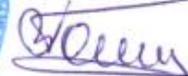
 И.Е. Щинов

УТВЕРЖДАЮ



ВрИО Заместителя начальника Тюменского
высшего военно-инженерного
командного училища
по учебной и научной работе

ПОЛКОВНИК

 М. Поспелов

« 20 » ноября 2019 г.

АКТ

о внедрении в учебный процесс кафедры «Военно-технических дисциплин» Тюменского высшего военно-инженерного командного училища диссертационной работы В.А. Бузина на тему «Методика определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий»

Комиссия в составе: председателя, начальника кафедры военно-технических дисциплин, доцента полковника Зуева В.В, и членов комиссии: профессора кафедры военно-технических дисциплин кандидата технических наук, доцента Фирсова Э.В., доцента кафедры военно-технических дисциплин доктора технических наук, профессора Силича А.А. составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы аспиранта Бузина В.А. на тему «Методика определения потребности в материалах для технического обслуживания автомобилей с учетом сезонных условий» используются в учебном процессе при подготовке курсантов по направлению 23.05.02 - Транспортные средства специального назначения.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных Бузиным В.А., применяются при чтении лекций и проведении групповых занятий по дисциплине «Эксплуатация и ремонт инженерной техники».

Настоящий акт утвержден на заседании кафедры «Военно-технических дисциплин», протокол № 7 от ноября 2019.

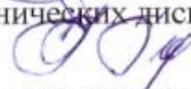
Председатель комиссии:

начальник кафедры Военно-технических дисциплин
доцент полковник

 В.В. Зуев

Члены комиссии:

профессор кафедры Военно-технических дисциплин
канд. техн. наук, доцент

 Э.В. Фирсов

доцент кафедры Военно-технических дисциплин

доктор. техн. наук, профессор

 А.А. Силич