

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности
6-05-1042-01 «Транспортная логистика»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2025

УДК 338.2
ББК 65.40
Т 38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»
«26» марта 2025 г., протокол № 8

Составители: канд. техн. наук, доц. Н. А. Коваленко;
ст. преподаватель Е. А. Моисеев

Рецензент ст. преподаватель Ю. С. Романович

Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине
«Техническая эксплуатация транспортных средств» предназначены для
студентов специальности 6-05-1042-01 «Транспортная логистика» очной
и заочной форм обучения.

Учебное издание

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	М. М. Дударева

Подписано в печать 12.06.2025. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,75. Тираж 36 экз. Заказ № 436.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2025

Содержание

Введение.....	4
1 Организация производства ТО и ремонта автомобилей АТО.....	5
2 Вероятностные оценки СВ, построение гистограммы и полигона распределения СВ.....	13
3 Реализуемые показатели качества автомобилей и парков.....	17
4 Расчет показателей возрастной структуры парка при дискретном и случайном списании.....	21
5 Определение периодичности ТО технико-экономическим методом.....	27
6 Эффективность систем массового обслуживания.....	32
7 Планирование и организация ТО и ремонта автомобилей.....	35
8 Влияние ИТС АТО на количественную оценку автомобилей и парка.....	37
Список литературы	44

Введение

Дисциплина «Техническая эксплуатация транспортных средств» направлена на формирование навыков самостоятельного анализа технической эксплуатации транспортных средств, организации технологического процесса и управления им, а также материально-техническое обеспечения и экономии ресурсов.

Целью дисциплины является изучение методик технической эксплуатации автотранспортных средств в передовых автотранспортных организациях, занимающихся эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтом транспортных средств, а также освоение методик решения наиболее часто встречающихся практических инженерных задач.

На каждом практическом занятии студент получает индивидуальные исходные данные по своему варианту. Отчет по каждому занятию должен содержать следующие разделы:

- цель занятий;
- исходные данные;
- расчеты, схемы, графики;
- вывод.

1 Организация производства ТО и ремонта автомобилей АТО

1.1 Производственно-техническая база и производственный процесс АТО

Автомобиль является сложным объектом труда. Для обеспечения работоспособности автомобилей при выполнении транспортного процесса созданы различные организации автомобильного транспорта (ОАТ). Они классифицируются в зависимости от правового положения участников предпринимательской деятельности; доминирующей функции организации; уровня интеграции производственной деятельности; численности и типа транспортных средств (ТС), эксплуатируемых или обслуживаемых этой организацией (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Классификация организаций автомобильного транспорта

Все организации, в зависимости от правового положения участников гражданского оборота, осуществляющих предпринимательскую деятельность, делятся на физических и юридических лиц. Далее, в зависимости от доминирующей функции, их делят на автотранспортные (АТО), автообслуживающие (АОО) и авторемонтные (АРО) организации. Так, для АТО главным является организация транспортной работы в соответствии со сложившимся спросом на автомобильные перевозки. Для автообслуживающих

организаций – обеспечение работоспособности автомобилей путем проведения работ технического обслуживания и ремонта, их качественного хранения и материально-технического обеспечения этих процессов. Авторемонтные организации в основном ориентированы на восстановление ресурса автомобилей и их составных частей. В зависимости от используемых производственных мощностей они бывают двух типов: авторемонтные заводы и авторемонтные мастерские.

По признаку уровня интеграции производственной деятельности все организации делятся на комплексные, кооперированные и специализированные. Комплексные, в зависимости от их мощности, делят на малые, средние и крупные, а по типу ТС – на пассажирские, грузовые и смешанные. Для организаций комплексного типа характерно самостоятельное выполнение всех основных процессов, связанных с транспортной работой и технической эксплуатацией. Кооперированные организации – это крупные транспортные объединения, в состав которых могут входить чисто транспортные, комплексные, автообслуживающие и авторемонтные и другие виды организаций, в том числе и их филиалы. По существу, кооперированные организации являются следствием экономической и технической интеграции субъектов хозяйствования на рынке автотранспортных услуг. В области грузовых автоперевозок кооперированные организации существуют в виде транспортно-экспедиторских и транспортно-логистических компаний (обозначаются, соответственно, как ТЭК и ТЛК). Специализация деятельности организаций автомобильного транспорта возможна по различным направлениям, но наибольшее распространение получила специализация по типу транспортных средств и видам работ.

АТО могут состоять из головной и нескольких филиалов, расположенных на других территориях. На головной для всего подвижного состава выполняются техническое обслуживание № 2 (ТО-2), наиболее трудоемкие и сложные виды текущего ремонта (ТР). В филиалах проводится ежедневное обслуживание (ЕО), техническое обслуживание № 1 (ТО-1) и несложный ТР.

Автообслуживающие организации могут представлять собой базы централизованного ТО (БЦТО), станции технического обслуживания (СТО), ремонтные мастерские, гаражи и автозаправочные станции (АЗС).

Так, например, БЦТО предназначены для выполнения сложных видов ремонта и ТО на договорных условиях, СТО – для обслуживания автомобилей индивидуальных владельцев, гаражи (стоянки) – для хранения автомобилей. АЗС – для снабжения автомобилей эксплуатационными материалами (топливо, масла, смазки и т. п.).

Авторемонтные организации предназначены для проведения капитального ремонта (КР) автомобилей в целом или их агрегатов

Производственный процесс ТО и ТР в АТО выполняется на производственно-технической базе (ПТБ), которая включает зоны (цеха, участки) ЕО, ТО-1, ТР и ТО-2, а также складские, бытовые и административные помещения.

Производственный процесс (путь следования автомобилей через соответствующие производственные зоны) ТО и ремонта в АТО представлен на рисунке 1.2.

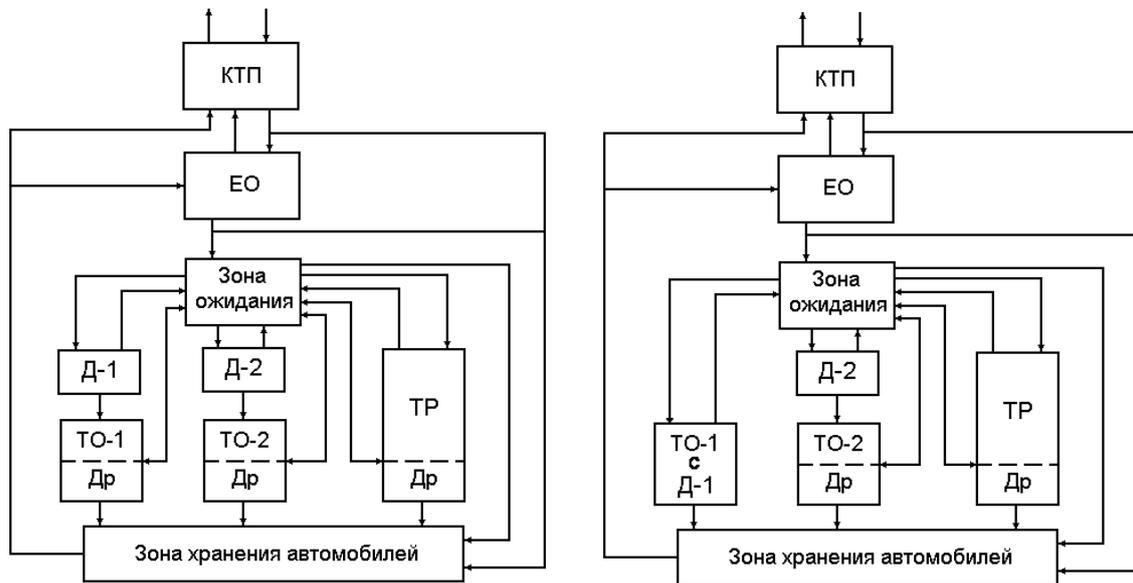


Рисунок 1.2 – Варианты схем производственного процесса ТО и ремонта

После ознакомления с ПТБ и производственным процессом ТО и ремонта в АТО студенты в отчетах должны привести классификационную схему автотранспортных организаций (на основании схемы на рисунке 1.1) и производственный процесс ТО-2 (на основании схемы на рисунке 1.2).

1.2 Основные задачи и ресурсы ИТС АТО

Задачи, стоящие перед инженерно-технической службой организации автомобильного транспорта, формируются и решаются на двух основных уровнях:

- 1) отраслевом (министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь (РБ) и региональные объединения автотранспорта);
- 2) хозяйственном (автотранспортные и автообслуживающие организации).

На отраслевом уровне стоит задача формирования технической политики на основе действующего законодательства и принципов принятой в РБ системы ТО и ремонта. Она должна обеспечивать:

- требуемый уровень работоспособности транспортных средств;
- экологическую и дорожную безопасность;
- энерго- и ресурсосбережение.

Техническая политика реализуется через государственные и отраслевые стандарты и нормативы.

На хозяйственном уровне решаются задачи:

- планирования и организации работ по хранению, техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств. Для этого формируется и совершен-

шенствуется производственно-техническая база, проводится ее реконструкция и техническое перевооружение;

- управления возрастной и модельной структурой парка, поскольку от этого во многом зависит его конкурентоспособность и прибыльность;

- организации материально-технического обеспечения производственных процессов, включающих планирование, приобретение, хранение и рациональное использование запасных частей, материалов и т. п.;

- разработки мероприятий по экономии всех видов ресурсов: трудовых, топливных, энергетических, материальных и финансовых, обеспечивающих минимизацию себестоимости перевозок;

- организации внутривладельческого учета всех видов деятельности и сопутствующих им затрат;

- комплектования и управления персоналом инженерно-технической службы, включающая организацию работ по набору, обучению и повышению квалификации исполнителей, совершенствованию нормирования и улучшению условий труда, морального и материального стимулирования.

Реализация указанных задач возможна лишь при наличии материально-технических, финансовых, трудовых и интеллектуальных ресурсов.

Материально-технические ресурсы могут, например, включать здания и сооружения; технические средства для хранения, ТО и ремонта; транспортные средства организации; приобретаемые запасные части, шины, топлива, масла и смазки, другие материалы.

Финансовые ресурсы создаются за счет доходов от всех видов деятельности ОАТ и расходуются на приобретение автомобилей и оборудования, заработную плату работающих, закупку запасных частей, материалов и т. п. От правильной организации процессов перевозок, ТО и ремонта, рационального расходования полученных средств будет зависеть в конечном итоге судьба организации в целом.

Трудовые ресурсы формируются на основе годовой производственной программы работ по ТО и ремонту для всех основных и вспомогательных подразделений ОАТ и существующих норм численности управленческого персонала.

Интеллектуальные ресурсы включают накопленную систему профессиональных знаний. К ним относятся: методы обеспечения работоспособности транспортных средств; методы и принципы управления производственными процессами; системы нормативов ТО и ремонта; методы прогнозирования производственных процессов и т. п. Интеллектуальные ресурсы являются достаточно мобильными, поскольку динамично изменяются конструкция транспортных средств и связанные с ней методы обеспечения работоспособности, технологические процессы ТО и ремонта и т. д.

Организации автомобильного транспорта предназначены для осуществления разнообразной деятельности, основу которой составляют:

- перевозки грузов и пассажиров;

- техническое обслуживание и ремонт транспортных средств;

- хранение и складирование материальных ценностей;

- создание и эксплуатация производственно-технической базы;

- кадровая и финансовая работа;
- другие виды деятельности (изготовление запасных частей, оказание услуг по хранению автомобилей, оптовая и розничная торговля, туристические услуги и т. п.).

Для этого каждая организация формирует свою организационно-производственную структуру (ОПС), под которой понимается установленная и зафиксированная в уставе схема взаимодействия и координации технологических элементов и персонала.

ОПС определяется в основном совокупностью выполняемых технологических процессов и принятыми формами и методами их организации. При этом условно выделяют отдельные подразделения или даже отдельных работников с целью их функционального или технологического разделения и обеспечения на этой основе координации их деятельности.

Организационно-производственная структура чаще всего формируется по функциональному признаку, когда организационно выделяются группы работников в соответствии с общностью основных функций, выполняемых ими при решении определенного круга задач.

По этому признаку в АТО выделяют:

- службу эксплуатации;
- инженерно-техническую службу;
- планово-экономический отдел;
- бухгалтерию и т. д.

Эти структурные подразделения могут возглавляться руководителем, подчиненным непосредственно руководителю организации или его заместителю, и создаются для осуществления деятельности по своему направлению с самостоятельными задачами, функциями и ответственностью.

Структурные подразделения для целей управления создаются в виде сектора (группы) при наличии в его штате не менее трех штатных единиц и в виде отдела, если штат составляет более четырех. Структурные подразделения производства могут создаваться, если в них работает хотя бы один человек.

Персонал ИТС состоит из руководителей, специалистов и др.

Обобщенная схема организационно-производственной структуры ИТС АТО представлена на рисунке 1.3.

Управление ИТС осуществляет главный инженер или технический директор, а в малых организациях – мастер, ответственный за техническое состояние автомобилей.

Подразделение (отдел) оперативного управления, учета и анализа производства организует планирование постановки автомобиля на ТО и ремонт.

Производственно-технический отдел (ПТО) разрабатывает решения на реконструкцию и техническое перевооружение ПТБ АТО, организовывает подготовку кадров для АТО.

Отдел главного механика (ОГМ) проводит работу по содержанию в технически исправном состоянии зданий, сооружений и технологического оборудования.



Рисунок 1.3 – Схема организационно-производственной структуры АТО с численностью 40–100 автомобилей

1.3 Планирование постановки автомобиля на ТО-1

Планирование ТО-1 осуществляется инженером подразделения (отдела) оперативного управления на основании фактического пробега автомобилей, отраженного в лицевой карточке автомобиля (рисунок 1.4).

На основании данных лицевой карточки автомобиля инженер отдела составляет план-отчет ТО, который передает механику контрольно-технического пункта (КТП) не позднее чем за сутки до постановки автомобиля на ТО-1, бригадиру участка ТО-1 перед началом смены и в транспортный участок дежурному водителю-перегонщику.

Механик КТП на основании полученного плана-отчета ТО предупреждает водителя перед выездом на линию о запланированном ТО-1 и после возвращения автомобиля в парк контролирует подготовку автомобиля водителем к проведению ТО-1, а именно качество уборочно-моечных работ и постановку автомобиля в зону ожидания.

С началом работы зоны ТО-1 водитель-перегонщик доставляет автомобиль на рабочие посты для выполнения работ в соответствии с принятой технологией. В процессе проведения ТО-1 бригадир заполняет диагностическую карту Д-1, по окончании работ делает отметку в плане-отчете ТО и ставит подпись в диагностической карте.

АКЗЗ		А В С D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH																																
1	ЛИЦЕВАЯ КАРТОЧКА АВТОМОБИЛЯ (ПРИЦЕПА)																																	
2	Марка автомобиля (прицепа) _____									Гос. № _____									Гаражный № _____															
3																																		
4	2025 год																																	
5																																		
6																																		
7																																		
8	Месяц	Наименование показателя	Дни месяца																												Пробег за месяц			
9			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		29	30	31
10	I	Суточный пробег																																
11		Причины простоя																																
12	II	Суточный пробег																																
13		Причины простоя																																
14																																		
15																																		
16	XI	Суточный пробег																																
17		Причины простоя																																
18	XII	Суточный пробег																																
19		Причины простоя																																
20	Замена агрегатов																																	
21																																		
22	Двигатель			Коробка передач			Передний мост			Задний мост			Рулевое управление			Аккумулятор																		
23	Дата постановки и №	Дата снятия и №	Пробег, км	Дата постановки и №	Дата снятия и №	Пробег, км	Дата постановки и №	Дата снятия и №	Пробег, км	Дата постановки и №	Дата снятия и №	Пробег, км	Дата постановки и №	Дата снятия и №	Пробег, км	Дата постановки и №	Дата снятия и №	Пробег, км																
24																																		
25																																		
26																																		
27																																		

Рисунок 1.4 – Лицевая карточка транспортного средства

Контролер отдела технического контроля (ОТК) проводит выборочный контроль полноты и качества выполнения работ (20 %...30 % суточной программы), подписывает диагностические карты Д-1 и план-отчет ТО.

Если в процессе выполнения работ ТО-1 были выявлены неисправности систем и агрегатов автомобиля, устранение которых не предусмотрено технологией ТО-1, то бригадир выписывает ремонтный листок и передает его в подразделение (отдел, группу) оперативного управления, учета и анализа производства АТО.

Диспетчер АТО вносит заявку в оперативный сменный план и дает указание водителю-перегонщику доставить автомобиль после окончания работ ТО-1 на рабочий пост зоны ТР и принимает меры к организации технологической подготовки указанных в ремонтном листке работ.

Специализированной бригаде ТР дается задание на выполнение работ с тем, чтобы утром автомобиль был готов к выходу на линию.

К концу смены бригада ТО-1 передает весь комплект заполненных и подписанных документов (план-отчет ТО, диагностические карты Д-1) в отдел оперативного управления для обработки и анализа.

После изучения порядка планирования постановки автомобиля на ТО-1 студенты составляют схему постановки автомобиля на ТО-1 (см. пример на рисунке 1.5) и описывают содержание лицевой карточки автомобиля.

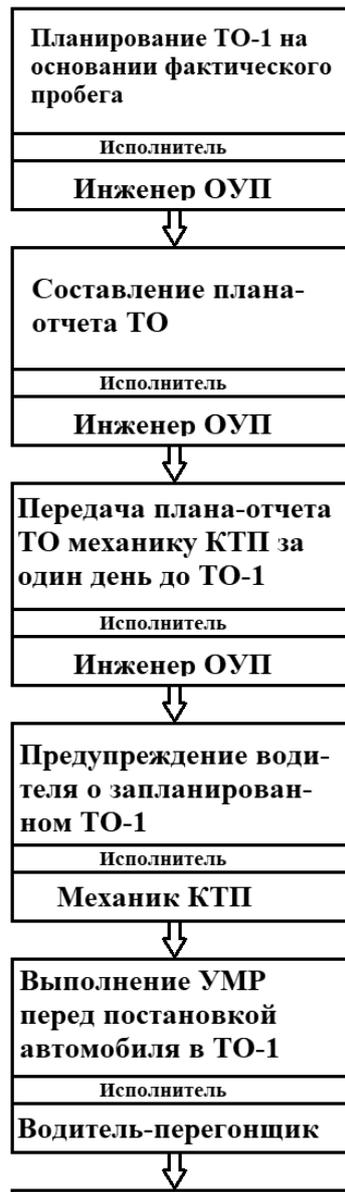


Рисунок 1.5 – Пример оформления схемы постановки автомобиля в ТО-1

1.4 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать: классификацию автотранспортных организаций; схему производственного процесса ТО-2 в АТО; процесс выполнения ТО-2 автомобиля в виде схемы-алгоритма; описание содержания лицевой карточки автомобиля.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите классификационные признаки ОАТ.
- 2 Какие производственные зоны располагают в АТО?
- 3 Перечислите основные виды деятельности АТО.

2 Вероятностные оценки СВ, построение гистограммы и полигона распределения СВ

2.1 Обоснование необходимости оценки случайных величин

Закономерности эксплуатации транспортных средств характеризуют тенденции изменения значений параметров технического состояния в зависимости от времени или пробега до предельного состояния.

Как показывает практика, при работе группы автомобилей рассматривается не одна зависимость $Y(t)$, которая была бы пригодна для всей группы, а индивидуальные зависимости $Y_i(t)$, свойственные каждому i -му изделию (рисунок 2.1).

Применительно к техническому состоянию однотипных изделий причинами вариации являются:

- даже незначительное изменение от изделия к изделию качества материалов, обработки деталей, сборки;
- текущие изменения условий эксплуатации (скорость, нагрузка, температура и т. д.);
- качество ТО и ремонта, вождения автомобилей и др.

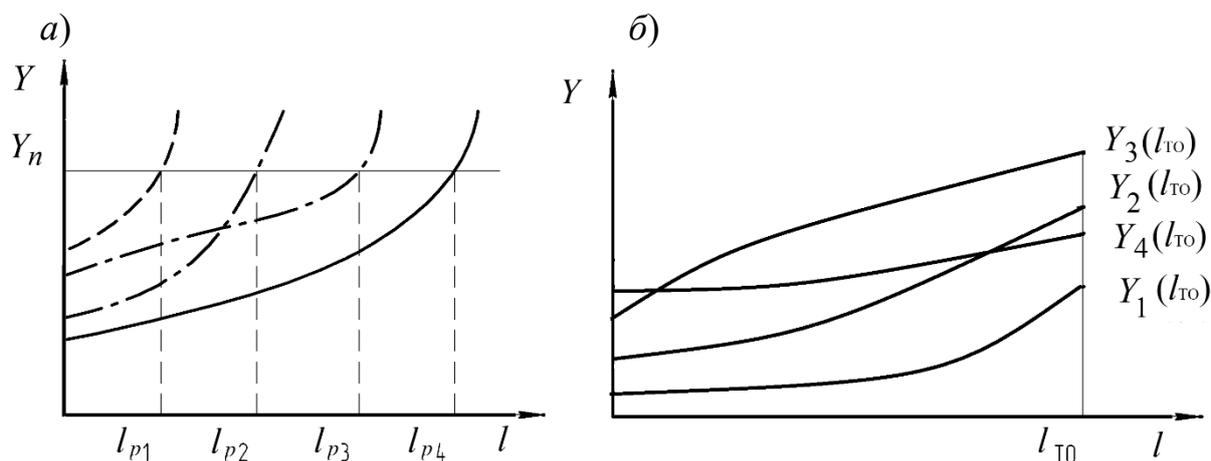
Так как техническое состояние однотипных автомобилей различно, то и интенсивность изменения его параметров будет различной. Если зафиксировать для всей группы изделий значение параметра технического состояния одного уровня, например Y_n , то моменты достижения состояния l_{pi} у каждого изделия будут различны: l_{p1} , l_{p2} , l_{p3} , т. е. каждое изделие будет иметь свою наработку до отказа (см. рисунок 2.1, а) и наработка на отказ будет случайной величиной и иметь вариацию.

Если для всех изделий зафиксировать единую периодичностью обслуживания $l_{ТО}$, то неминуема вариация их фактического технического состояния Y_i (см. рисунок 2.1, б), которая повлияет на продолжительность выполнения работ, количество расходного материала и запасных частей. При этом возникают задачи:

- какую трудоемкость и стоимость операции планировать;
- какие потребуются производительные площади;
- какие потребуются технологическое оборудование, персонал.

При организации технической эксплуатации автомобилей (ТЭА) рассматриваются и другие случайные величины:

- расход топлива однотипными автомобилями даже в одинаковых маршрутах;
- расход запасных частей и материалов;
- число требований на ремонт в течение часа, смены работы поста ремонтной мастерской, станции ТО;
- число заездов на АЗС и др.



a – наработки (l_{p1}, \dots, l_{p4}) при фиксации Y_n ; *б* – параметры технического состояния ($Y_1(l_{T0}), \dots, Y_4(l_{T0})$) при фиксации наработки l

Рисунок 2.1 – Вариации случайных величин

Все это повлияет на нормирование и организацию ТО и ремонта, определение необходимых для этого ресурсов. Для решения указанных задач необходимо уметь выполнять обработку статистической информации, которая заключается в нахождении количественных характеристик случайной величины (СВ): точечных статистических и вероятностных оценок случайной величины, а также графического изображения распределения СВ.

2.2 Вариационный и статический ряды СВ и ее точечные оценки

Для нахождения точечных оценок необходимо объем выборки ($n = 10$) оформить в виде вариационного и статистического рядов:

$$x_1 = x_{\min}, x_2, \dots, x_i; \dots, x_{n-1}, x_n = x_{\max}.$$

Далее определяются точечные оценки:

– среднее значение СВ по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad (2.1)$$

– размах СВ по формуле

$$z = x_{\max} - x_{\min}; \quad (2.2)$$

– среднеквадратическое отклонение по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}; \quad (2.3)$$

– коэффициент вариации по формуле

$$V = \sigma/\bar{x}. \quad (2.4)$$

Для расчета точечных оценок СВ следует использовать таблицу 2.1 (N – номер варианта).

Таблица 2.1 – Статистический ряд распределения СВ

Номер	СВ, X_i	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
1	$4 + N$		
2	$6 + N$		
3	$7 + N$		
4	$9 + N$		
5	$11 + N$		
6	$12 + N$		
7	$13 + N$		
8	$11 + N$		
9	$14 + N$		
10	$12 + N$		
Итого			

Различают СВ с малой ($v \leq 0,09$), со средней ($0,1 \leq v \leq 0,33$) и с большой ($v > 0,33$) вариациями.

Точечные статистические оценки позволяют судить о качестве изделия и технологических процессов. Чем ниже средний ресурс и выше вариация (σ, v, z), тем ниже качество конструкции и изготовления изделия.

Чем выше коэффициент вариации показателей технологических процессов (трудоемкость, простои в ТО или ремонте, загрузка постов и исполнителей и др.), тем менее совершенны применяемые организации и технологии ТО и ремонта.

2.3 Вероятностные оценки СВ, построение гистограммы и полигона распределения СВ

Для нахождения вероятностных оценок СВ ее размах разбивают, как правило, на 5, 6 или 7 интервалов (r), равных по длине Δx . Длина интервала рассчитывается как $\Delta x = z/r$. Далее следует провести группировку и определить число случайных величин, попавших в 1, 2, 3 и остальные интервалы. Эти числа называются частотами.

Затем, разделив каждую частоту на общее число значений СВ ($w_i = n_i/n$), получают статистический ряд частостей. При этом частость является эмпирической (опытной) оценкой вероятности P , т. е. при увеличении числа наблюдений частость приближается к вероятности $w_i \rightarrow P$.

Далее подсчитываются накопительные частоты $m(x)$, которые образуют статистический ряд накопительных вероятностей отказа изделия $F(x)$, и противоположные им, которые образуют статистический ряд накопительных

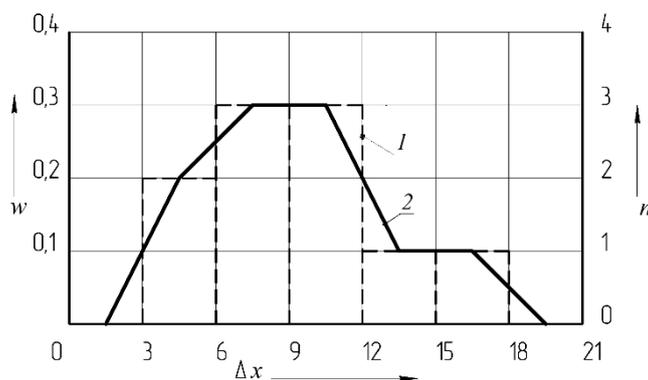
вероятностей безотказной работы изделия $R(x)$. Полученные при группировке СВ результаты сводят в таблицу 2.2. Используя статистический ряд частот, строятся гистограмма и полигон распределения СВ (рисунок 2.2).

Таблица 2.2 – Вероятностные оценки СВ

Номер интервала	Интервал Δx , тыс. км	Середина интервала x_j , тыс. км	Число отказов n_j в интервале	Частота w_i	Накопленная вероятность	
					отказа $F(x)$	безотказности $R(x)$
1	0...3	1,5	0 + N			
2	3...6	4,5	2 + N			
3	6...9	7,5	3 + N			
4	9...12	10,5	4 + N			
5	12...15	13,5	4 + N			
6	15...18	16,5	2 + N			
7	18...21	19,5	1 + N			
Итого	–	–	n	1,0	–	–

$F(x)$ и $R(x)$ рассчитываются по формулам

$$F(x) = \frac{m(x)}{n}; \quad R(x) = \frac{n - m(x)}{n} = 1 - \frac{m(x)}{n} = 1 - F(x).$$



1 – гистограмма распределения СВ; 2 – полигон распределения СВ

Рисунок 2.2 – Графическое изображение распределений случайной величины

2.4 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать: расчет точечных оценок СВ, вероятностных оценок СВ (см. таблицы 2.1 и 2.2); графическое изображение распределений СВ и графики $F(x)$ и $R(x)$.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите точечные оценки СВ.
- 2 Как рассчитываются точечные оценки СВ?
- 3 Как рассчитываются функции отказа и безотказной работы?

3 Реализуемые показатели качества автомобилей и парков

3.1 Надежность автомобилей и реализуемые показатели качества автомобилей и парков

Надежность – это комплексное свойство объекта, заключающееся в способности сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих возможность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

Надежность определяет возможность эффективного использования автомобилей, трудовых и материальных затрат.

Надежность является комплексным свойством, состоящим из безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости, и характеризует изменение показателей качества автомобиля во времени (или по пробегу).

При оценке безотказности учитываются:

- вероятность отказа или безотказной работы;
- средняя наработка до отказа и между отказами;
- интенсивность отказа для невосстанавливаемых изделий;
- параметр потока отказов для восстанавливаемых изделий.

Применительно к автомобилю обычно рассматривают безотказность в течение смены, в течение заданной наработки (например, для междугородних или международных перевозок либо между очередными видами ТО. В последнем случае показатели безотказности характеризуют эффективность и качество ТО).

К основным показателям долговечности относятся:

- средний ресурс и средний срок службы;
- гамма-процентный ресурс;
- гамма-процентный срок службы;
- вероятность достижения предельного состояния.

Гамма-процентный ресурс (срок службы) – это наработка (календарная продолжительность в годах), в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью, выраженной в процентах.

Для деталей указанные показатели определяются при проведении их ремонта или, что реже, при списании деталей. Для агрегатов определяются ресурсы до ремонта и между ремонтами. Для автомобилей, кроме ресурсов до ремонта, определяются и нормируются, как правило, сроки службы до их списания.

К основным показателям ремонтпригодности относятся:

– средние продолжительность и трудоемкость выполнения операций ТО и ремонта, которые применяются при нормировании и сравнении различных автомобилей;

- вероятность выполнения операций ТО и ремонта в заданное время;
- гамма-процентное время выполнения операции ТО или ремонта.

Для характеристик ремонтпригодности используется ряд частных показателей, определяющих влияние конструктивных особенностей автомобиля, трудоемкость и продолжительность его ТО или ремонта. К ним относятся:

– абсолютное или относительное количество мест (точек) ТО на автомобиле и их доступность;

– трудоемкость снятия узлов, агрегатов и деталей;

– число видов применяемых эксплуатационных материалов;

– номенклатура необходимого оборудования и инструмента и др.

Сохраняемость характеризуется:

– средним сроком сохраняемости изделий;

– гамма-процентным сроком сохраняемости.

На автомобильном транспорте эти показатели применяются для автомобилей при длительном их хранении (консервации), транспортировании, для материалов (масел, жидкостей, красок) и некоторых видов изделий (шин, аккумуляторных батарей и др.) при их кратковременном и длительном хранении.

Имея отчетные данные или ведя наблюдение за изделием, можно дать вероятностную характеристику свойствам надежности, а также оценить закономерности изменения технического состояния автомобиля

Для количественной характеристики стабильности технико-эксплуатационных свойств (ТЭС) автомобиля используются реализуемые показатели качества автомобиля и парка.

Реализуемый показатель качества автомобиля – это среднее значение определенного показателя за заданную наработку (t или l) (таблица 3.1). Для его определения для одного автомобиля за наработку l используется выражение

$$P_k(t, l) = \frac{\sum_{i=1}^n P_{kj}}{n_j}, \quad (3.1)$$

где P_{kj} – сумма показателей качества по группам наработки j ;

n_j – число групп.

Таблица 3.1 – Изменение показателей качества автомобиля

Параметр	P_k при наработке, тыс. км							Реализуемый показатель качества за наработку, тыс. км	
	0...50	50...100	100...150	150...200	200...250	250...300	300...350	150	350
n_j	1	2	3	4	5	6	7	3	7
Пробег за рабочий день: км %	398 100	385 98	237 61	223 57	209 54	183 47	168 43	86	66

В реальном автомобильном парке одновременно могут находиться автомобили одной модели, но разной наработки (пробега, возраста) с начала эксплуатации.

Под возрастной структурой парка понимается количественное или процентное распределение автомобильного парка по имеющимся возрастным группам (рисунок 3.1).

Удельный вес a_{ij} автомобилей данной возрастной группы j в парке в момент времени i можно определить как

$$a_{ij} = A_{ij}/A_i, \quad (3.2)$$

где A_i – размер парка в момент времени i ;

A_{ij} – количество автомобилей j -й возрастной группы в момент времени i .

При этом $a_{ij} = 1,0$ (или 100 %).

Если количество автомобилей в разных возрастных группах неодинаково, то следует определить реализуемый показатель качества парка (см. рисунок 3.1):

$$\bar{P}_{ki} = \sum_{j=1}^n (P_{kj} \cdot a_{ij}), \quad (3.3)$$

т. е. сумму произведений показателя качества автомобиля P_{kj} в каждой возрастной группе j и удельного веса этой возрастной группы парка a_{ij} в конкретный календарный момент существования парка i .

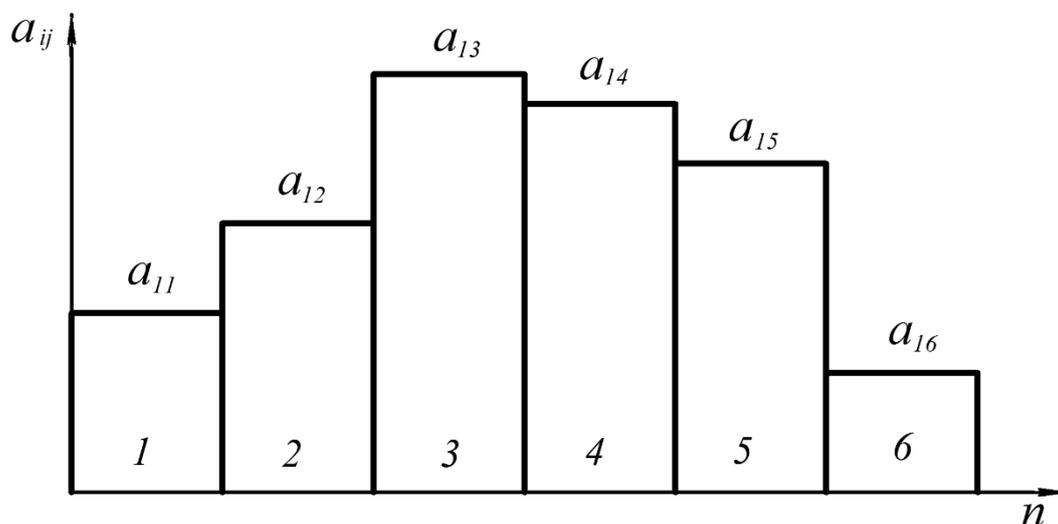


Рисунок 3.1 – Гистограмма распределения парка по возрастным группам

Учет календарного момента существования парка i необходим, т. к. удельный вес автомобилей различных возрастных групп в парке изменяется во времени в зависимости от соотношения размера поставок и списания или продажи автомобилей. В результате могут изменяться и реализуемые показатели парка.

При внутрихозяйственном учете возрастной структуры парка и определении реализуемых показателей качества рекомендуется принимать интервал возрастных групп t в один год, а для интенсивно используемых и

дорогостоящих автомобилей (автопоезда, городские автобусы большой вместимости, карьерные самосвалы) – через 3–6 месяцев.

3.2 Расчет некоторых реализуемых показателей качества автомобилей и парка

Определить реализуемый показатель качества одного автомобиля за наработку 100, 150, 200, 250, 300 и 350 тыс. км (по статистическим данным, представленным в таблице 3.2).

Таблица 3.2 – Реализуемые показатели качества автомобиля

Показатель качества	Π_k при наработке автомобилями, тыс. км						
	5	10	12	10	7	6	5
	0...50	50...100	100...150	150...200	200...250	250...300	300...350
Пробег за рабочий день, км	$400 - N$	$385 - N$	$240 + N$	$220 + N$	$205 + N$	$180 + N$	$165 + N$

По результатам расчета построить график зависимости $\Pi_{kj} = f(l_j)$.

Определить удельный вес каждой возрастной группы парка a_{ij} по своему варианту (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Исходные данные по количеству автомобилей в возрастных группах

Распределение автомобилей по возрастным группам A_{ij}						
$5 + N$	$10 + N$	$12 + N$	$15 + N$	$13 + N$	$8 + N$	$4 + N$
Наработка автомобилей, тыс. км						
0...50	50...100	100...150	150...200	200...250	250...300	300...350

Определить реализуемый показатель качества парка (см. формулу (3.3)).

3.3 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать: показатели надежности; реализуемый показатель качества одного автомобиля за наработку 100, 150, 200, 250, 300 и 350 тыс. км; график зависимости реализуемого показателя качества от наработки; гистограмму распределения парка автомобилей по возрастным группам; результаты расчета реализуемых показателей качества с учетом возрастного состава по своему варианту.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные показатели безотказности, долговечности, ремонтно-пригодности и сохраняемости.
- 2 Как определяется реализуемый показатель качества одного автомобиля?
- 3 Как определяется удельный вес автомобилей конкретной возрастной группы в парке?
- 4 Как определяется реализуемый показатель качества парка?

4 Расчет показателей возрастной структуры парка при дискретном и случайном списании

4.1 Расчет показателей возрастной структуры парка при дискретном списании

Наиболее сложно процессы восстановления проходят в больших системах, например в парках автомобилей, имеющих в своем составе автомобили разных возрастных групп. При этом элементом восстанавливаемой системы (парка) является автомобиль, который поступает в парк, а затем, после определенной наработки (пробега), списывается или продается.

Выбытие автомобиля можно рассматривать как отказ системы (парка), которая не может выполнять заданный объем работы, а пополнение парка – как устранение отказа в восстановлении работоспособности. Изменяя соотношение поставки и списания автомобилей в парке, можно влиять на реализуемые показатели качества самого парка, т. е. управлять возрастной структурой парка.

Под управлением возрастной структурой парка понимается ее прогнозирование и такое целенаправленное изменение, которое обеспечивает получение в необходимый момент времени i заданных реализуемых показателей качества парка P_{ki} . В общем случае на формирование возрастной структуры парка влияют следующие основные факторы:

- исходная возрастная структура парка, которая характеризует распределение парка автомобилей по возрастным группам φ в начальный момент времени $i = 1$; $a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_i$;

- размер поставки новых автомобилей A_i^n в момент времени $i = 1, 2, 3, \dots$;

- размер списания автомобилей A_i^{cn} .

Установлено, что в соответствии с изменениями парка автомобилей изменяются и реализуемые показатели качества парка. Так, удельный вес работоспособных автомобилей в парке или коэффициент технической готовности парка на первом этапе снижается, на втором стабилизируется и на третьем снижается.

Управление возрастной структурой парка проводится на уровне конкретных организаций и сводится к регулированию процессов списания-пополнения и соотношения в парке изделий разных возрастных групп при условии обеспечения требуемого (заданного) для парка объема транспортной работы при минимальных затратах или максимальной прибыли.

Расчет возрастной структуры парка при дискретном списании (по достижении установленного или принятого на данном предприятии срока службы автомобиля t_{cn}) осуществляется методом диагонального сдвига. Такая схема списания распространена при интенсивной эксплуатации автомобилей в условиях повышенных требований к их надежности.

Метод диагонального сдвига (рисунок 4.1) основан на следующих предпосылках.

1 Различают календарное время i существования парка автомобилей данной модели и возрастную группу автомобилей φ . В год образования парка или в исходный год анализа его возрастной структуры календарное время принимается за единицу, т. е. $i = 1$.

2 Возраст автомобиля φ и календарное время существования данного парка i измеряются в одинаковых условиях.

3 При изменении календарного времени на одну единицу ($i + 1$) автомобили, имеющие в момент i определенный возраст, стареют на одну единицу и переходят в следующую возрастную группу ($\varphi + 1$), т. е. происходит диагональный сдвиг.

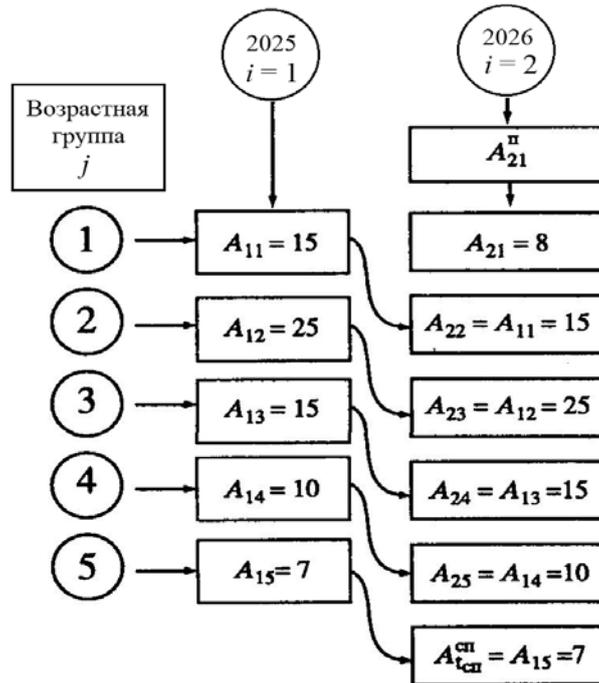


Рисунок 4.1 – Схема определения возрастной структуры парка методом диагонального сдвига при дискретном списании

4 Поставки автомобилей условно относятся к началу, а списание – к концу соответствующего года.

5 Если приобретаются только новые автомобили A_{i1}^n , а списываются автомобили при $\varphi = t_{cn}$, то дискретное списание называется простым.

6 Если допускается не только приобретение новых автомобилей ($\varphi > 1$), но и промежуточная продажа при $t_{cn} > 1$, то дискретное списание является сложным.

Отношение размера поставки к размеру парка в i -м году называется коэффициентом пополнения:

$$r_i = A_{ni}/A_i, \quad (4.1)$$

где A_{ni} – размер поставки автомобилей в i -м году;

A_i – списочное количество автомобилей в i -м году.

Отношение размера списания к парку в i -м году называется коэффициентом списания или выбытия:

$$v_i = A_{cnl}/A_i. \quad (4.2)$$

При $r_i = v_i$ имеет место простое восстановление; при $r_i > v_i$ – расширенное, т. е. парк автомобилей постоянно увеличивается; при $r_i < v_i$ происходит деградация, т. е. уменьшение размера парка.

В общем виде в случае списания автомобилей при $j < t_{cn}$ (аварии, передача другим организациям, j – возраст автомобиля) или пополнения парка автомобилями, бывшими в эксплуатации, размер возрастной группы ($j + 1$) в момент времени ($i + 1$)

$$A_{(i+1)(j+1)} = A_{ij} + A_{n(j+1)} - A_{cn(j+1)},$$

где $A_{n(j+1)}$ – количество поступивших в момент ($i + 1$) автомобилей ($j + 1$)-й возрастной группы;

$A_{cn(j+1)}$ – количество списанных (или переданных) автомобилей в момент времени ($i + 1$) автомобилей ($j + 1$)-й возрастной группы.

С учетом сделанных замечаний на основе исходных данных (таблица 4.1) для своего варианта рассчитать показатели качества за один, два, три, четыре и пять лет. В таблице 4.1 N – это номер варианта. При расчетах a_{ij} и $П_{kj}$ использовать формулы (3.2) и (3.3). Построить график изменения $П_{kj}$ в зависимости от года эксплуатации.

По формуле (4.2) рассчитать коэффициент списания и также построить зависимость v_i от года эксплуатации.

Таблица 4.1 – Исходные данные по количеству автомобилей в возрастных группах и по годам с учетом списания

Первый год	Распределение автомобилей A_{ij}							Реализуемый показатель качества за наработку, тыс. км
	$5 + N$	$10 + N$	$12 + N$	$10 + N$	$7 + N$	$6 + N$	$5 + N$	
	Нарботка автомобилей, тыс. км							
	0...50	50...100	100...150	150...200	200...250	250...300	300...350	
a_{1j}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}	a_{17}	$П_{k1}$
Показатель качества $П_{kj}$ (суточный пробег, км)								
	400	380	240	220	200	170	150	
Распределение автомобилей A_{ij}								
Второй год		$5 + N$	$10 + N$	$12 + N$	$10 + N$	$7 + N$	$6 + N$	A_2
a_{2j}		a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}	a_{26}	a_{27}	$П_{k2}$
Третий год			$5 + N$	$10 + N$	$12 + N$	$10 + N$	$7 + N$	A_3
a_{3j}			a_{33}	a_{34}	a_{35}	a_{36}	a_{37}	$П_{k3}$
Четвертый год				$5 + N$	$10 + N$	$12 + N$	$10 + N$	A_4
a_{4j}				a_{44}	a_{45}	a_{46}	a_{47}	$П_{k4}$
Пятый год					$5 + N$	$10 + N$	$12 + N$	A_5
a_{5j}					a_{55}	a_{56}	a_{57}	$П_{k5}$

4.2 Расчет показателей возрастной структуры парка при случайном списании

При определении размеров поставок можно использовать также понятие функции распределения случайной величины выбытия автомобилей $F(x)$. При этом весь парк рассматривается в качестве восстанавливаемой системы, работающей i лет и состоящей из элементов – отдельных автомобилей.

Используя формулу функции распределения случайной величины выбытия автомобилей $F(x)$ и условие нормальности закона распределения наработки до списания, а также понятие нормированной функции, определяется число замен автомобилей в парке:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx, \quad (4.3)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение случайной величины;

\bar{x} – среднее значение случайной величины.

Для упрощения расчетов вводится новая переменная:

$$z = (x - \bar{x})/\sigma. \quad (4.4)$$

Тогда нормируемая функция распределения запишется как

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{z^2}{2}} d(\bar{x} - z\sigma) = \int e^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

Подставляя в формулу (4.4) значения \bar{x} , σ и текущее значение x , можно по значениям таблицы 4.2 определить $\Phi(z)$, а так как $F(x) = \Phi(z)$, то и значение функции распределения $F(x)$.

Для нормального закона распределения диапазон изменения случайной величины лежит в диапазоне $\bar{x} \pm 3\sigma$. С учетом того, что $t_{cn} = \bar{x}$ и составляет M лет, а среднеквадратическое отклонение принимаем один год ($\sigma = 1$), вероятность списания автомобиля в требуемом диапазоне можно определить по формуле

$$F(x) = \Phi\left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma}\right).$$

Так, например, для года $(M - 3)$ функцию распределения вероятности можно рассчитать как

$$F(M - 3) = \Phi\left(\frac{(M - 3) - M}{1}\right).$$

Таблица 4.2 – Нормированная функция нормального распределения

z	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9
$\Phi(z)$	0,500	0,460	0,421	0,382	0,345	0,309	0,274	0,242	0,212	0,184
z	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6	-1,7	-1,8	-1,9
$\Phi(z)$	0,159	0,136	0,115	0,097	0,081	0,067	0,055	0,045	0,036	0,029
z	-2,0	-2,1	-2,2	-2,3	-2,4	-2,5	-2,6	-2,7	-2,8	-2,9
$\Phi(z)$	0,023	0,018	0,014	0,011	0,008	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002
z	-3,0	-3,1	-3,2	-3,3	-3,4	-3,5	-3,6	-3,7	-3,8	-3,9
$\Phi(z)$	0,013	0,0011	0,0007	0,0005	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,000
z	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\Phi(z)$	500	0,540	0,579	0,618	0,655	0,691	0,726	0,758	0,788	0,816
z	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$\Phi(z)$	0,841	0,864	0,885	0,903	0,919	0,933	0,945	0,955	0,964	0,971
z	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$\Phi(z)$	0,977	0,982	0,986	0,989	0,992	0,994	0,995	0,996	0,997	0,998
z	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
$\Phi(z)$	0,9987	0,9990	0,9993	0,9995	0,9997	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	1,000

Аналогично определяют и для других лет вероятность списания. Результаты расчета следует свести в таблицу 4.3. Списочное количество автомобилей принять $A_{cn} = 50 + N$.

Таблица 4.3 – Нормированная функция

x	$\Phi(z) = F(x)$	Количество списанных автомобилей всего (n)	Оставшееся количество автомобилей ($A_{cn} - n$)	Списано автомобилей по годам
$M - 3$				
$M - 2$				
$M - 1$				
M				
$M + 1$				
$M + 2$				
$M + 3$				

По результатам расчета необходимо построить гистограмму для количества списанных по годам автомобилей.

4.3 Анализ полученных результатов и разработка целесообразного управленческого решения

Прогноз изменения возрастной структуры парка рекомендуется проводить как минимум ежегодно. Для внутривладельческих расчетов возрастные группы целесообразно формировать с меньшим шагом, например полгода.

Регулируя списание и пополнение парка, можно получить необходимую возрастную структуру с заданными показателями эффективности.

При старении происходят изменения не только количественных, но и качественных показателей работы парков:

- расширяется номенклатура необходимых запасных частей, материалов;
- появляется необходимость в выполнении новых видов работ, оборудовании, персонале;
- существенно ухудшаются свойства подвижного состава, непосредственно связанные с надежностью, но влияющие на конкурентоспособность в рыночных условиях.

Существенного и устойчивого улучшения показателей работы парка можно добиться в результате его омоложения, т. е. своевременного списания автомобилей, выработавших установленный ресурс. Разовые поставки новых автомобилей приводят лишь к временному улучшению показателей парка в целом с последующим, более резким ухудшением этих показателей до момента списания этой группы автомобилей.

Увеличение темпов обновления парка способствует улучшению показателей эффективности и повышает интенсивность внедрения автомобилей новых конструкций, т. е. способствует научно-техническому прогрессу, но является ресурсоемким мероприятием. В рыночных условиях одним из распространенных и эффективных методов сокращения больших разовых инвестиций при обновлении парков являются различные формы лизинга, т. е. длительной аренды оборудования с рассрочкой соответствующих платежей за его приобретение.

4.4 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать для дискретного списания: расчет показателей качества за 1, 2, 3, 4, 5 лет и график изменения P_{kj} , гистограмму зависимости коэффициента списания от года эксплуатации; для случайного списания: таблицу результатов расчетов и гистограмму для количества списанных по годам автомобилей.

Контрольные вопросы

- 1 Как осуществляется расчет показателей возрастной структуры парка при дискретном списании?
- 2 Как определяется коэффициент пополнения?
- 3 Как определяется коэффициент выбытия?
- 4 Как осуществляется расчет показателей возрастной структуры парка при случайном списании?

5 Определение периодичности ТО технико-экономическим методом

5.1 Основные методы определения оптимальной периодичности технического обслуживания

Для определения оптимальной периодичности ТО применяют следующие методы:

- по аналогии;
- по допустимому уровню безотказности;
- по допустимому значению и закономерности изменения параметра технического состояния;
- технико-экономический;
- экономико-вероятностный;
- статистических испытаний.

Метод определения периодичности ТО по аналогии применяется, если новая или модернизированная модель автомобиля (или его агрегатов) не сильно отличается от предыдущей по конструкции, материалам и технологии изготовления.

Метод определения периодичности ТО по допустимому уровню безотказности основан на выборе такой рациональной периодичности, при которой вероятность отказа элемента F не превышает заранее заданной величины, называемой риском (рисунок 5.1).

Для агрегатов, обеспечивающих безопасность движения, вероятность отказа ограничивается $F = 0,02 \dots 0,1$, для остальных – $F = 0,1 \dots 0$.

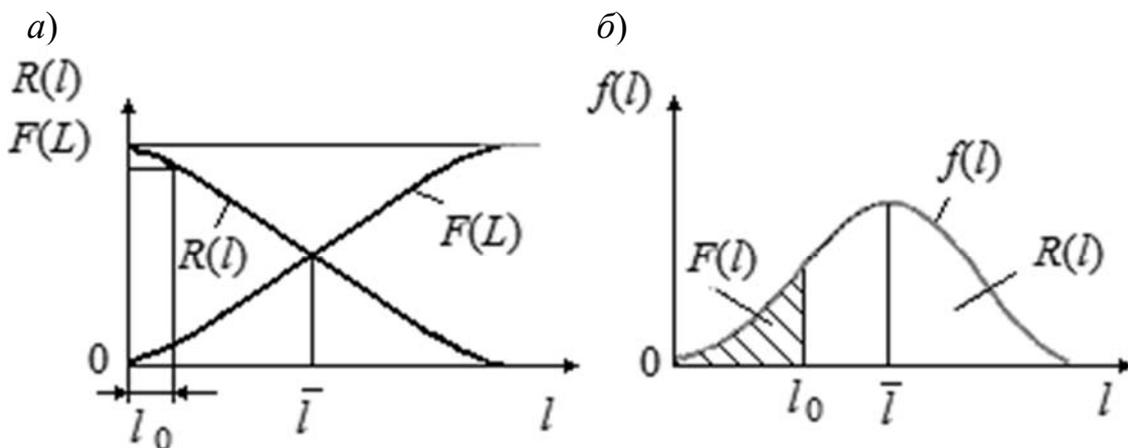


Рисунок 5.1 – Графики вероятности отказа, вероятности безотказной работы (а) и плотности вероятности (б)

Определенная по этому методу периодичность значительно меньше средней наработки на отказ. В соответствии с этим оптимальная периодичность

$$l_0 = \beta \bar{l},$$

где β – коэффициент рациональной периодичности, учитывающий величину вариации наработки на отказ и принятый уровень безотказности.

Метод определения периодичности ТО по допустимому значению и закономерности изменения параметра технического состояния основан на анализе изменения параметра технического состояния для представительной группы автомобилей (рисунок 5.2).

Зная среднюю интенсивность изменения параметра и y_d , можно определить момент, когда в среднем вся совокупность изделий достигнет допустимого значения параметра технического состояния. Для назначенной периодичности \bar{l} для всех изделий с вероятностью 0,5 будет зафиксирован отказ. Таким образом, 50 % изделий будут иметь отказ. Это не рационально. Поэтому подбирают такой пробег $l_0 < \bar{l}$, чтобы вероятность выхода параметра ТС не превышала заранее заданной.

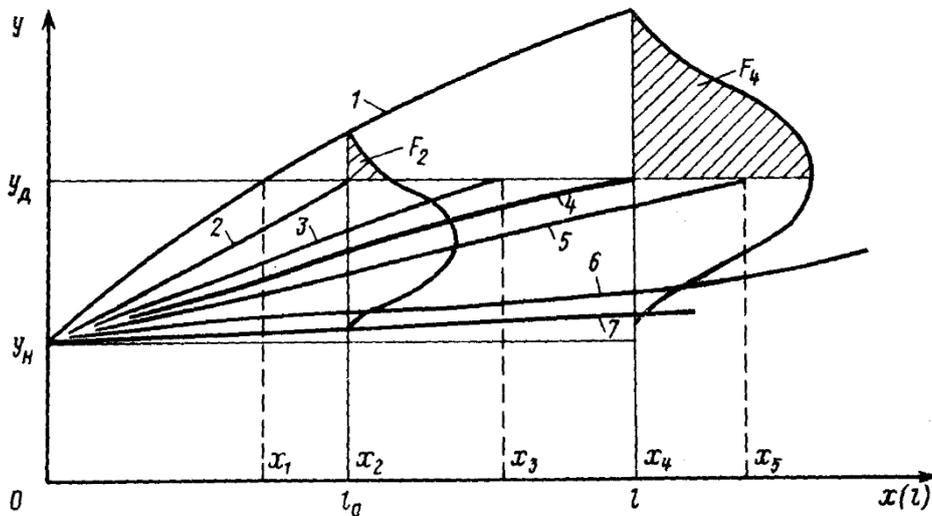


Рисунок 5.2 – Реализация параметров ТС от наработки для группы автомобилей

Этот случай соответствует большей ($F_{ТО} \leq F_{зад}$), чем средняя, интенсивности изменения параметра ТС:

$$y_d = \bar{\delta} \mu,$$

где μ – коэффициент максимальной интенсивности изменения параметра технического состояния.

На величину μ влияют степень риска и вариация случайной величины v . Чем меньше v , тем больше l .

Технико-экономический метод сводится к определению суммарных удельных затрат на ТО и ремонт и их минимизации. Минимальным затратам соответствует оптимальная периодичность l_0 .

Удельные затраты на ТО определяются как

$$C_{ТО} = d/l, \quad (5.1)$$

где d – стоимость выполнения операции ТО;

l – периодичность ТО.

При увеличении l $C_{ТО}$ уменьшается. Увеличение периодичности ТО ведет, как правило, к сокращению ресурса детали или агрегата и, соответственно, росту удельных затрат на ремонт:

$$C_{ТР} = c/L, \quad (5.2)$$

где c – затраты на один ремонт;

L – максимальный ресурс до ремонта.

Сумма удельных затрат

$$C_{\Sigma} = C_{ТО} + C_{ТР}. \quad (5.3)$$

Ее называют целевой функцией. Определение минимума затрат осуществляют графически (рисунок 5.3).

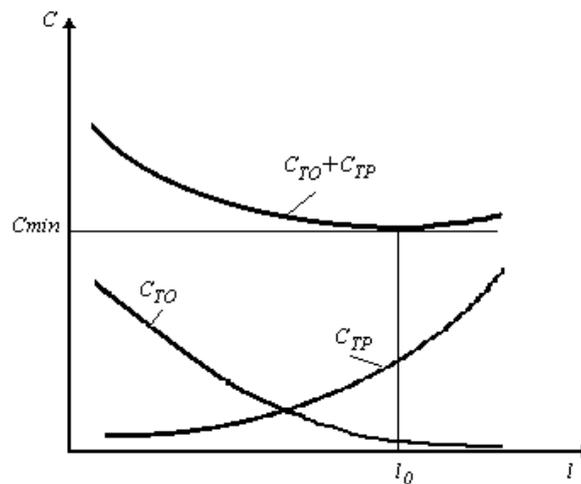


Рисунок 5.3 – Зависимости изменения удельных затрат от наработки

При использовании экономико-вероятностного метода предполагается, что существует некоторая деталь (или совокупность деталей), подвергающаяся техническому обслуживанию. Она имеет свою безотказность работы и, соответственно, вероятность отказа и плотность вероятности (рисунок 5.4).

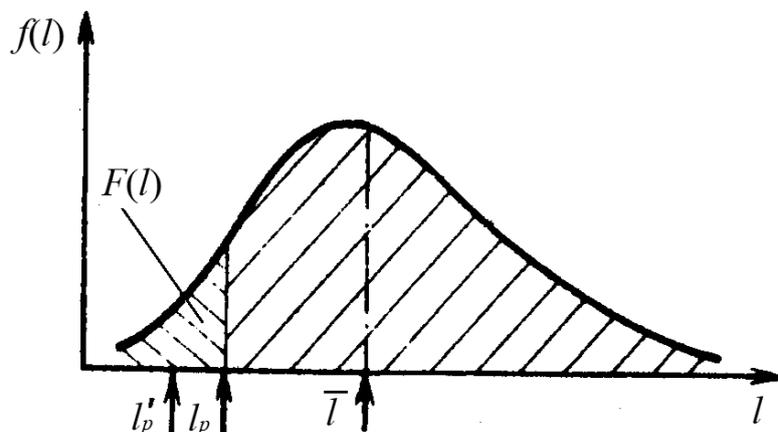


Рисунок 5.4 – Выбор оптимальной периодичности ТО экономико-вероятностным методом

Задаются вероятностью отказа (или вероятностью безотказной работы), имеющей малую величину $F(l)$. На пробеге l_p , соответствующем $F(l_p)$, осуществляют техническое предупредительное обслуживание. Те отказы, которые наступают до момента l_p , устраняются по потребности со средней наработкой l'_p . Стоимость устранения этих отказов равна c . Остальные работы выполняются с периодичностью l_p , стоимость их d . Так как изделие не выходит за предельное состояние, затраты $d \ll c$ в связи с отсутствием затрат, связанных с прекращением транспортного процесса, вызовом техпомощи и т. п.

Удельные затраты при таком подходе определяются следующим образом. Средневзвешенные затраты на восстановление отказа

$$C_1 = cF,$$

где c – разовые затраты на восстановление отказа;
 F – вероятность отказа.

Средневзвешенные затраты на ТО

$$C_2 = d(1 - F).$$

В целом же средневзвешенные затраты

$$C = dF + d(1 - F).$$

Средневзвешенные периодичности выполнения ремонтов (восстановления) и ТО соответственно

$$L_v = l'_p F; \quad L_{ТО} = l_p(1 - F).$$

Тогда удельные средневзвешенные затраты

$$C_{уд} = \frac{cF + d(1 - F)}{l'_p F + l_p(1 - F)}.$$

Для получения экстремума (минимума) этой функции берут от нее производную по l и приравнивают нулю. Разрешают относительно l и определяют оптимальную периодичность.

Метод статистических испытаний основывается на имитации (моделировании) реальных случайных процессов ТО.

Это позволяет ускорить испытания, сократить стоимость экспериментов и рассмотреть альтернативные варианты.

Простейшее моделирование может осуществляться вручную, более сложное – с использованием ЭВМ. Исходными данными являются: фактические данные; характеристики надежности.

Назначают среднюю периодичность ТО (l_1') и ее вариацию (v_e), вызванную различным суточным пробегом автомобилей.

Создают два массива данных, собранных в АТО: наработки на отказ – x_i и периодичность ТО – l_i . Случайным образом из первого массива извлекается конкретное значение наработки до отказа x_i . Из второго массива также случайным образом извлекается пробег до ТО l_i . Эти значения сопоставляются. Если $x_i < l_i$ – фиксируется случай отказа, а если $x_i \geq l_i$ – то случай ТО.

Опыты повторяют многократно и получают оценки вероятности отказа и профилактического выполнения операции. Если $F > F_{зад}$, то эксперимент повторяют для $l_2 < l_1$.

При моделировании на ЭВМ можно использовать еще и стоимостные (или трудовые) затраты.

Моделирование позволяет определять оптимальную периодичность ТО для автомобиля в целом, тогда как все предыдущие методы ориентированы на определение периодичности ТО отдельных элементов автомобиля.

5.2 Определение оптимальной периодичности ТО технико-экономическим методом

Для своего варианта из таблицы 5.1 выбрать значения разовых затрат на техническое обслуживание (d), затраты на ремонт (c) и максимальный ресурс (L_{max}).

По формулам (5.1)–(5.3) рассчитать удельные затраты на ТО ($C_{ТО}$), удельные затраты на ремонт ($C_{ТР}$) и суммарные удельные затраты (C_{Σ}) соответственно. Ресурс до ремонта (L_i) определить по выражению

$$L_i = L_{max} - 2l_i,$$

где l_i – выбранная периодичность ТО.

Таблица 5.1 – Исходные данные по вариантам

Номер варианта	1–5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30	31–35	36–40	41 и далее
Затраты на ТО, р	$15 + N$	$20 + N$	$30 + N$	$40 + N$	$50 + N$	$60 - N$	$70 - N$	$80 - N$	$90 - N$
Затраты на ТР, р	$100 + N$	$110 + N$	$110 + N$	$120 + N$	$130 + N$	$140 - N$	$150 - N$	$160 - N$	$170 - N$
Максимальный ресурс, тыс. км	$40 + N$	$50 + N$	$55 + N$	$60 + N$	$65 + N$	$70 - N$	$80 - N$	$90 - N$	$100 - N$

Расчет целесообразно провести в табличной форме (см. образец в таблице 5.2). Для этого последовательно задавать периодичность ТО 1, 2, 3, и т. д. тыс. км. Расчет прекращается тогда, когда C_{Σ} перестанет уменьшаться и начнет нарастать. Минимум C_{Σ} и будет соответствовать оптимальной периодичности ТО. По результатам расчета построить график зависимости C_{Σ} от l .

Таблица 5.2 – Пример расчета оптимальной периодичности ТО

Периодичность ТО, тыс. км	1	2	3	...	l_i
Удельные затраты на ТО, р./тыс. км					
Ресурс элемента, тыс. км					
Удельные затраты на ТР, р./тыс. км					
Суммарные удельные затраты, р./тыс. км					

5.3 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать: анализ методов определения оптимальной периодичности ТО; результаты расчетов оптимальной периодичности ТО технико-экономическим методом; график зависимости C_{Σ} от l .

Контрольные вопросы

- 1 Как определяется оптимальная периодичность ТО методами по аналогии и по допустимому уровню безотказности?
- 2 Как определяется оптимальная периодичность ТО методом по допустимому значению и закономерности изменения параметра технического состояния?
- 3 Как определяется оптимальная периодичность ТО технико-экономическим методом?
- 4 Как определяется оптимальная периодичность ТО экономико-вероятностным методом?
- 5 Как определяется оптимальная периодичность ТО методом статистических испытаний?

6 Эффективность системы массового обслуживания

6.1 Математическое описание СМО с ограничением по длине очереди

Многие организации автомобильного транспорта и их производственные подразделения работают по алгоритму систем массового обслуживания (СМО) с ограничением длины очереди. В частности, это зоны технического обслуживания автомобилей, имеющие n универсальных постов и m мест ожидания.

Такая n -канальная система с m местами ожидания может иметь следующие возможные состояния: x_0 – все каналы свободны, очереди нет; x_1 – занят один канал; ... ; x_k – занято k каналов; ... x_n – заняты все каналы; x_{n+1} – заняты все каналы и одно место ожидания (одна заявка стоит в очереди); ... ; x_{n+m} – заняты все каналы и m мест ожидания (m заявок находится в очереди. Прибывшие в это время заявки получают отказ в обслуживании).

Для расчета вероятностей занятости каналов (6.1) и мест ожидания (6.2) используют уравнения Эрланга

$$P_k = \frac{\frac{\alpha^k}{k!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{\alpha}{n}\right)^s}, \quad 0 \leq k \leq n; \quad (6.1)$$

$$P_{n+s} = \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \left(\frac{\alpha}{n}\right)^s}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{\alpha}{n}\right)^s}, \quad 1 \leq s \leq m, \quad (6.2)$$

где α – приведенная интенсивность, $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$.

Вероятность того, что заявка оставит систему необслуженной, равняется P_{n+m} . Тогда относительная пропускная способность определяется как

$$q = 1 - P_{n+m}. \quad (6.3)$$

Абсолютная пропускная способность

$$A = \lambda \cdot q. \quad (6.4)$$

Относительное время простоя всех каналов определяется как P_0 .

6.2 Методика выполнения работы

По номеру своего варианта выбрать число универсальных постов зоны технического обслуживания автомобилей, число мест ожидания (таблица 6.1), интенсивность обслуживания и интенсивность поступления автомобилей (таблица 6.2). В таблице 6.2 N – номер варианта.

Таблица 6.1 – Исходные данные для описания структуры СТО

Номер варианта	1–15	16–30	31–45	46–60
Число постов n	2	3	4	5
Число мест ожидания m	4	3	2	1

Таблица 6.2 – Исходные данные по вариантам

Показатель	Номер варианта					
	1–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60
λ	$5 + N$	$10 + N/10$	$15 + N/10$	$20 + N/10$	$25 + N/10$	$30 + N/10$
μ	$2 + N$	$2 + N/10$	$3 + N/10$	$3 + N/10$	$4 + N/10$	$4 + N/10$

По выражениям (6.1) и (6.2) рассчитать вероятности всех возможных состояний системы, а также оценить относительное время простоя системы, относительную и абсолютную пропускные способности (см. формулы (6.3) и (6.4)).

Для объективной оценки эффективности работы зоны ТО автомобилей полученных характеристик недостаточно, необходимо использовать стоимостные показатели. Оценивают суммарный доход от работы зоны ТО в течение одного дня (время смены $T_{см}$ выбирают из ряда 8, 12 или 16 ч).

Общее количество автомобилей, заезжающих на ТО,

$$N_0 = \lambda T_{см}.$$

Число обслуженных автомобилей за время смены определяется по формуле

$$N_{ТО} = AT_{см}.$$

Доход от их обслуживания, с учетом принятой оплаты за одно ТО – $D_{ТО}$ (принять 10–12 относительных единиц),

$$Q_{ТО} = D_{ТО}N_{ТО}.$$

Время простоя каналов обслуживания $T_{пр}$ и затраты на их содержание определяются по формулам

$$T_{пр} = T_{см}P_0n;$$

$$Q_{пр} = -T_{пр}Z_{пр},$$

где $Z_{пр}$ – затраты на содержание одного невостребованного поста в течение одного часа (принимаются 4–6 относительных единиц).

Часть автомобилей уйдут необслуженными и, соответственно, будет недополучен доход:

$$Q_{отк} = -N_{отк}D_{ТО};$$

$$N_{отк} = N_0P_{отк}.$$

Тогда суммарный доход

$$Q = Q_{ТО} + Q_{пр} + Q_{отк} \Rightarrow \max.$$

После их определения необходимо дать рекомендации по изменению числа каналов и мест ожидания для увеличения дохода. Изменить значения n и m , для

новых параметров зоны ТО повторить расчет для тех же λ , μ и дать заключение об эффективности ее работы.

6.3 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать: расчетные формулы; результаты расчетов; гистограмму вероятностей состояний; рекомендации по улучшению структуры постов и мест ожидания зоны ТО.

Контрольные вопросы

- 1 Как определяется интенсивность поступления автомобилей?
- 2 Чему равна вероятность отказа в обслуживании?
- 3 Как определяется абсолютная и относительная пропускная способность СМО?

7 Планирование и организация ТО и ремонта автомобилей

7.1 Показатели производственной программы

Под производственной программой работ ТО и ремонта понимается количество и трудоемкость воздействий по видам ТО (ЕО, ТО-1, ТО-2 и СО), ТР, КР автомобилей и агрегатов, исчисляемых за год, месяц и смену. Производственная программа может определяться в целом по АТО или группам автомобилей, а также зонам и участкам.

В основу расчета производственной программы работ ТО и ремонта положены нормативы трудоемкости, периодичности, ресурса автомобилей и агрегатов до капитального ремонта, простоя автомобилей на ТО и в ремонте. При этом нормативы корректируются с учетом условий эксплуатации.

Вначале рассчитывается производственная программа работ ТО и ремонта на один автомобиль за цикл, а затем определяется производственная программа работ ТО и ремонта парка за цикл. При этом цикл может быть год, до КР или до списания. Цикл до списания может составлять 2–3 пробега до КР.

После установления нормативных значений периодичности ТО-1 (l_1), ТО-2 (l_2), ресурса автомобиля до капитального ремонта L_K и за цикл до списания $L_{Ц}$ определяют число капитальных ремонтов $N_{ЦК}$ и число обслуживаний ТО-1 и ТО-2, ЕО $N_{Ц1}$, $N_{Ц2}$, $N_{ЦЕО}$ на один автомобиль за цикл $N_{Ц}$.

Далее рассчитывают общее число ТО и КР N_T на один автомобиль за год эксплуатации.

Для определения среднегодового пробега автомобиля используют коэффициент выпуска и среднесуточный пробег автомобиля.

После разработки годовой производственной программы работ ТО и ремонта одного автомобиля формируют годовую производственную программу работы ТО и ремонта парка.

Для ее разработки необходимо знать:

- общее число ТО и ремонта;
- число ТО и ремонта по видам ТО и ремонта;
- трудоемкость ТО в целом и по видам ТО;
- трудоемкость ТР в целом;
- трудоемкость ТО и ТР в целом.

Общее число ТО и ремонта парка за год определяется как произведение числа ТО и ремонта одного автомобиля N_T на инвентарный размер парка автомобилей A_{II} .

Показатели производственной программы работ ТО и ремонта автомобилей и парка представлены в таблице 7.1.

Число ТО и ремонта парка за год по видам работ определяется как:

- число капитальных ремонтов за год;
- число ТО-2 за год;
- число ТО-1 за год;
- число ЕО за год.

Трудоемкость ТО в целом и по видам (ЕО, ТО-1 и ТО-2) за год определяется как произведение разовой трудоемкости видов обслуживания и годовой программы числа воздействий.

Трудоемкость ТР годовой производственной программы парка определяется как произведение инвентарного размера парка автомобилей данной марки, норматива удельной трудоемкости ТР и годового пробега парка автомобилей.

Трудоемкость ТО и ТР годовой производственной программы парка определяется как сумма трудоемкости ТО по видам ТО и ТР.

Таблица 7.1 – Показатели производственной программы

Наименование показателя	Расчетная формула
Производственная программа работ ТО и ремонта автомобиля	
Число ТО и КР за цикл	$N_{цк} = L_{ц} / L_{к}; N_{ц2} = L_{ц} / L_2 - N_{цк}; N_{ц1} = L_{ц} / L_1 - N_{ц2} - N_{цк};$ $N_{цео} = L_{ц} / l_{сc}$
Число ТО и КР за год	$N_г = N_{ц} L_г / L_{к} = N_{ц} \eta_г$
Годовой пробег автомобиля	$L_г = 365 \alpha_в l_{сc}$
Число ТО и КР по видам работ	$N_{гк} = L_{ц} / L_{к}; N_{г2} = L_{ц} / L_2 - N_{гк}; N_{г1} = L_{ц} / L_1 - N_{г2} - N_{гк};$ $N_{гео} = L_{ц} / l_{сc}$
Годовая производственная программа работ ТО и ремонта парка	
Общее число ТО и КР парка	$N_{сумг} = N_г A_{II}$
Число ТО и КР по видам работ	$N_{сумгк} = N_{гк} A_{II}; N_{сумг2} = N_{г2} A_{II}; N_{сумг1} = N_{г1} A_{II}; N_{сумгео} = N_{гео} A_{II}$
Трудоемкость ТО в целом и по видам ТО	$t_{сумто} = N_{сумг} t_{то}; t_{сум1} = N_{ц1} t_1; t_{сум2} = N_{ц2} t_2; t_{сумео} = N_{ео} t_{ео}$
Трудоемкость ТР в целом	$t_{сумтр} = A_{II} t_{тр} L_г / 1000$
Трудоемкость ТО и ТР в целом	$t_{сумтр,то} = t_{сумто} + t_{сумтр}$

Исходные данные для разных вариантов представлены в таблице 7.2 (M – номер варианта).

Таблица 7.2 – Нормативные значения системы ТО и Р автомобилей

Вариант	Марка автомобиля	Количество автомобилей в АТО, шт.	Норматив системы ТО и ТР, тыс. км/(чел. ч)					Средне-суточный пробег l_{cc} , км
			l_1 / t_1	l_2 / t_2	L_K / t_{EO}	$L_{Ц} / t_{TP}$	$\alpha_в$	
1–4	ГАЗ-4753	100 – M	4 / 2,2	16 / 9,1	250 / 0,42	500 / 3,8	0,75	150 – M
5–8	ГАЗ-3309	110 – M	5 / 2,7	20 / 11,0	300 / 0,52	600 / 4,2	0,70	160 – M
9–12	МАЗ-53371	120 – M	8 / 4,6	24 / 13,8	600 / 0,35	600 / 6,0	0,71	170 – M
13–16	УАЗ-3303	130 – M	3 / 1,5	12 / 7,7	250 / 0,30	500 / 3,6	0,72	180 – M
17–20	ЗИЛ-4331	140 – M	3 / 2,5	12 / 10,6	300 / 0,45	600 / 4,0	0,73	190 – M
21–24	ЗИЛ-5301	150 – M	4 / 2,9	16 / 10,8	300 / 0,55	600 / 3,2	0,70	200 – M
25–28	ВАЗ-2107	160 – M	10 / 6	20 / 10,2	150 / 0,40	300 / 3,4	0,71	210 – M
29–32	ВАЗ-2109	150 – M	15 / 3	30 / 10,2	150 / 0,40	300 / 3,4	0,72	220 – M
33–36	ГАЗ-3110	150 + M	10 / 6	20 / 16,9	350 / 0,30	700 / 3,0	0,73	220 + M
37–40	УАЗ-3151	140 + M	3,5 / 3	14 / 12,6	180 / 0,40	360 / 3,6	0,70	210 + M
41–44	УАЗ-2206	130 + M	3 / 1,5	12 / 7,7	180 / 0,45	360 / 3,8	0,71	200 + M
45–48	ПАЗ-3205	120 + M	3 / 5,5	12 / 18,0	320 / 0,70	640 / 5,3	0,72	190 + M

7.2 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать: расчетные формулы; результаты расчетов количества ТО и КР за цикл; КР и ТО по одному автомобилю за год; КР и ТО для парка автомобилей за год; суточной программы воздействий ТО i -го вида; результаты расчета годовой трудоемкости воздействий ТО i -го вида, ТР и численности исполнителей этих работ.

Контрольные вопросы

- 1 Как определяется число капитальных ремонтов за год?
- 2 Как определяется число ТО-2 за год?
- 3 Как определяется трудоемкость ТО и ТР за год?

8 Влияние ИТС АТО на количественную оценку автомобилей и парка

8.1 Количественная оценка состояния автомобилей и парка

Автомобиль является сложной системой и субъектом транспортного процесса. Он может в определенный момент времени находиться в одном из состояний – работать на линии, проходить ТО или ремонт, ожидать клиентуру и т. д. Техническим состоянием автомобиля нужно управлять. Достигается это поддержанием значений конструктивных параметров на заданном или близком к нему уровне. С этой целью выполняются необходимые работы по ТО или ремонту автомобиля.

В Республике Беларусь ТО и ремонт автомобилей выполняется на плановой основе и представляет собой систему ТО и ремонта. Для достижения эффективности система должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечить заданный уровень показателей надежности автомобиля при оптимальных материальных и трудовых затратах;
- иметь планомерно-нормативный характер;
- быть конкретной, доступной и пригодной для деятельности ИТС АТО;
- быть обязательной для всех организаций и предприятий.

При достаточно больших промежутках времени работы автомобиля вероятность перехода автомобиля из одного состояния в другое становится достаточно стабильным или близким к стабильному и характеризует среднее время нахождения автомобиля в определенном состоянии, а суммарная продолжительность этих состояний составляет цикл (таблица 8.1):

$$D_{\text{ц}} = D_{\text{э}} + D_{\text{и}} + D_{\text{р}}. \quad (8.1)$$

Таблица 8.1 – Важнейшие стационарные состояния автомобиля

Техническое состояние автомобиля	Местонахождение	Процесс	Продолжительность
Исправен	На линии – в эксплуатации	Перевозочный	$D_{\text{э}}$
Исправен	В зоне хранения	Ожидание работы	$D_{\text{и}}$
Неисправен	В зоне ТО и ремонта	ТО, ремонт; ожидание ТО и Р	$D_{\text{р}}$

Цикл $D_{\text{ц}}$ может быть кратковременным (сутки, недели, месяц) или длительным: от года $D_{\text{ц}} = D_{\text{г}}$ до проведения капитального ремонта $D_{\text{ц}} = L_{\text{к}}$ или списания $D_{\text{ц}} = L_{\text{а}}$.

При этом стационарные показатели характеризуют:

- уровень работоспособности автомобиля и парка;
- эффективность работы ИТС АТО.

Основными показателями стационарного состояния автомобиля и парка являются коэффициент выпуска $\alpha_{\text{в}}$, коэффициент технической готовности (КТГ) $\alpha_{\text{т}}$ и коэффициент нерабочих дней $\alpha_{\text{н}}$. Коэффициент выпуска определяет долю календарного времени, в течение которого автомобиль или парк осуществляет транспортную работу на линии. Он определяется для одного автомобиля (8.2) и парка (8.3):

$$\alpha_{\text{в}} = \frac{D_{\text{э}}}{D_{\text{э}} + D_{\text{р}} + D_{\text{и}}} = \frac{D_{\text{э}}}{D_{\text{ц}}}; \quad (8.2)$$

$$\alpha_{\text{в}} = \frac{AD_{\text{э}}}{AD_{\text{э}} + AD_{\text{р}} + AD_{\text{и}}} = \frac{AD_{\text{э}}}{AD_{\text{ц}}}, \quad (8.3)$$

где AD – число автомобилей АТО, находящихся в зафиксированном состоянии определенное число дней (смен).

Коэффициент технической готовности определяет долю рабочего времени, в течение которого автомобиль или парк исправен и может быть использован в транспортном процессе. Он определяется для одного автомобиля (8.4) и парка (8.5):

$$\alpha_T = \frac{D_3}{D_3 + D_p}; \quad (8.4)$$

$$\alpha_T = \frac{AD_3}{AD_3 + AD_p}. \quad (8.5)$$

Коэффициент нерабочих дней определяет долю календарного времени, в течение которого исправный автомобиль (группа автомобилей) используется в транспортном процессе по организационным причинам (выходные дни, отпуск, отсутствие работы и т. п.). Он тоже определяется для одного автомобиля (8.6) и парка (8.7):

$$\alpha_n = \frac{D_n}{D_u}; \quad (8.6)$$

$$\alpha_n = \frac{AD_n}{AD_u}. \quad (8.7)$$

Одним из основных показателей, характеризующим ИТС АТО, является КТГ, т. к. он характеризует работоспособность автомобиля и парка. При этом его нормативные значения составляют для грузовых автомобилей – 0,93, для автобусов – 0,94, для автомобилей-такси – 0,95.

Выполним анализ составляющих коэффициента технической готовности. Рассмотрим следующее соотношение:

$$\alpha_g / \alpha_T = \frac{\left(\frac{D_3}{D_3 + D_p + D_n} \right)}{\left(\frac{D_3}{D_3 + D_p} \right)} = \frac{D_3 + D_p}{D_3 + D_p + D_n} = \frac{D_u - D_n}{D_u} = 1 - \frac{D_n}{D_u} = 1 - \alpha_n. \quad (8.8)$$

Откуда

$$\alpha_g = \alpha_T (1 - \alpha_n). \quad (8.9)$$

Таким образом, коэффициент выпуска непосредственно зависит от коэффициента технической готовности и коэффициента нерабочих дней,

а соотношение этих трех показателей определяет вклад каждого из них в производительность автомобиля W_a и парка W_A .

Производительность грузового автомобиля за год определяется как

$$W_a = 365\alpha_a q \gamma \beta l_{cc} = 365\alpha_T (1 - \alpha_n) q \gamma \beta l_{cc}, \quad (8.10)$$

где q – номинальная грузоподъемность;

γ – коэффициент использования грузоподъемности;

β – коэффициент использования пробега автомобиля;

l_{cc} – среднесуточный пробег.

Для парка автомобилей

$$W_A = A_u W_a. \quad (8.11)$$

Рассмотрим связь коэффициента технической готовности с организацией ТО и ремонта автомобилей. Если числитель и знаменатель в формуле (8.4) разделить на $D_э$, то получим

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + D_p / D_э}. \quad (8.12)$$

Продолжительность эксплуатационного цикла $D_э$ в днях зависит от планируемого пробега или наработки за цикл $D_ц = L_к$ и среднесуточного пробега l_{cc} :

$$D_э = L_к / l_{cc}. \quad (8.13)$$

Простой на ТО и в ремонте за цикл D_p складывается из простоя в капитальном ремонте, если он производится, и простоя на ТО и ТР:

$$D_p = D_{кр} + D_{то,тр}. \quad (8.14)$$

Простой в капитальном ремонте обычно нормируется в календарных днях, а простой на ТО и ТР – в виде удельной нормы $d_{тр}$ в днях на 1000 км пробега.

Таким образом, $D_{тр,то} = d_{тр} L_к / 1000$. В этом случае

$$D_p = D_{кр} + (d_{тр} L_к / 1000). \quad (8.15)$$

Подставив (8.13) и (8.15) в формулу (8.12), получим

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + l_{cc} \left(\frac{d_{тр}}{1000} + \frac{D_{кр}}{L_к} \right)}. \quad (8.16)$$

Следует обратить внимание, что основная доля простоя (до 85 %...95 %) приходится на текущий ремонт. Поэтому сокращение простоев в текущем ремонте на АТО является для ИТС главным резервом увеличения α_T и α_6 .

Продолжим анализ коэффициента технической готовности и рассмотрим следующее выражение:

$$\frac{D_p}{D_3} = \frac{D_p l_{cc}}{L_k} = B_p l_{cc}, \quad (8.17)$$

где B_p – удельные простои с потерей рабочего времени за цикл автомобиля во всех видах ТО и ремонта, дней/1000 км, $B_p = D_p/L_k$.

Коэффициент технической готовности при этом

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + B_p l_{cc}} = \frac{1}{1 + B_p T_n V_3}, \quad (8.18)$$

где V_3 – эксплуатационная скорость движения, км/ч;

T_n – продолжительность рабочей смены (наряда), ч.

Из приведенных формул (8.10), (8.16) и (8.18) следует, что интенсивное использование автомобилей (рост l_{cc} , V_3 , β , γ , T_n) увеличивает производительность автомобиля W_a (парка – W_A), но объективно сокращает α_T и увеличивает нагрузку на ИТС АТО.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- коэффициент технической готовности автомобилей непосредственно влияет на объем выполняемой АТО транспортной работы;
- величина коэффициента технической готовности характеризует уровень организации ИТС АТО;
- при интенсивной транспортной работе и большом среднесуточном пробеге возрастает влияние длительности простоев на ТО и в ремонте на значение коэффициента технической готовности;
- старение парка автомобилей вызывает существенное снижение коэффициента технической готовности за счет увеличения нормативного и фактического времени простоя на ТО и в ремонте.

Знание закономерностей формирования КТГ позволяет решить прямую задачу – рассчитать ожидаемый КТГ при известных технико-экономических характеристиках парка и обратную задачу – оценить потенциальные возможности парка при известном КТГ.

Одной из основных задач ИТС АТО является повышение коэффициента технической готовности автомобилей. Для выполнения этой задачи ИТС должна соответствовать следующим требованиям:

- максимально сокращать время простоев на ТО и в ремонте автомобилей АТО;
- повышать уровень технологии и организации производства;
- не допускать чрезмерного старения автомобилей;
- по возможности исключать капитальный ремонт.

8.2 Расчет ожидаемого коэффициента технической готовности автомобилей парка

Порядок формирования КТГ можно использовать для решения прямой задачи – расчета ожидаемого значения КТГ при известных технико-экономических показателях автомобильного парка.

Для расчета КТГ формулу (8.16) следует преобразовать с учетом наличия автомобилей различных возрастных групп:

$$\alpha_T = \frac{1}{1 + l_{cc} \left(\frac{d_{TP} K_4}{1000} + \frac{D_{кр}}{L_k} \right)}, \quad (8.19)$$

где d_{TP} – дни простоя автомобиля в ТО и ТР;

$D_{кр}$ – дни простоя в капитальном ремонте;

K_4 – корректирующий коэффициент для продолжительности простоя в ТО и ТР в зависимости от пробега с начала эксплуатации;

L_k – пробег до капитального ремонта.

Исходные данные (модель автомобиля, A_u , L_k , l_{cc}) взять по своему варианту из таблицы 7.1. Количество автомобилей по возрастным группам (по пробегу) рассчитать с учетом их процентного распределения (таблица 8.2).

Таблица 8.2 – Процентное распределение автомобилей по пробегу

Пробег автомобилей до КР	До $0,5L_k$	$(0,5 \dots 0,75)L_k$	$(0,75 \dots 1,0)L_k$	$(1 \dots 1,25)L_k$
Процент от общего количества	20	30	40	10

По формуле (8.19) рассчитать α_T для четырех возрастных групп и построить гистограмму распределения α_T по пробегу. d_{TP} , $D_{кр}$ принять по данным таблицы 8.3, K_4 – таблицы 8.4.

Таблица 8.3 – Продолжительность простоя подвижного состава на ТО и в ремонте

Подвижной состав	d_{TP} , дней/1000 км	$D_{кр}$, дней
Легковые автомобили	0,30...0,40	18
Автобусы особо малого, малого и среднего классов	0,30...0,50	20
Автобусы большого класса	0,50...0,55	25
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:		
от 0,3 до 5,0	0,40...0,50	15
от 5,0 и более	0,50...0,55	22

Таблица 8.4 – Коэффициенты корректирования нормативов удельной трудоемкости текущего ремонта (K_4) и продолжительности простоя на ТО и в ремонте (K_4') в зависимости от пробега с начала эксплуатации

Пробег с начала эксплуатации в долях от нормативного пробега до КР	Автомобиль					
	Легковой		Автобус		Грузовой	
	K_4	K_4'	K_4	K_4'	K_4	K_4'
До 0,25	0,4	0,7	0,5	0,7	0,4	0,7
Св. 0,25 до 0,50	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7
Св. 0,50 до 0,75	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Св. 0,75 до 1,00	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2
Св. 1,00 до 1,25	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3
Св. 1,25 до 1,50	1,6	1,4	1,5	1,4	1,4	1,3
Св. 1,50 до 1,75	2,0	1,4	1,8	1,4	1,6	1,3
Св. 1,75 до 2,00	2,2	1,4	2,1	1,4	1,9	1,3
Св. 2,00	2,5	1,4	2,5	1,4	2,1	1,3

Далее определить средний α_T для парка автомобилей:

$$\bar{\alpha}_T = \sum_{i=1}^n \alpha_{Ti} b_i,$$

где α_{Ti} – КТГ i -й возрастной группы;

b_i – удельный вес автомобилей i -й возрастной группы в парке ($b_i = A_{ui}/A_u$, где A_{ui} – количество автомобилей i -й возрастной группы).

Далее определить производительность автомобиля W_{ai} по формуле (8.10) для каждой i -й возрастной группы. Коэффициент нерабочих дней α_n принять из диапазона 0,05...0,15.

8.3 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать: расчетные формулы; результаты расчетов α_{Ti} и среднего значения КТГ; гистограмму распределения α_{Ti} и W_{ai} для каждой i -й возрастной группы.

Контрольные вопросы

- 1 Как определяется коэффициент технической готовности для разных периодов времени для одного и парка автомобилей?
- 2 Как определяется коэффициент выпуска для разных периодов времени для одного автомобиля и парка автомобилей?
- 3 Как определяется коэффициент нерабочих дней для разных периодов времени для одного автомобиля и парка автомобилей?
- 4 Как определяется производительность одного автомобиля и парка автомобилей?

Список литературы

- 1 **Васильев, Б. С.** Автомобильный справочник / Б. С. Васильев, М. С. Высоцкий, К. Л. Гаврилов; под общ. ред. В. М. Приходько. – М. : Машиностроение, 2004. – 704 с.
- 2 **Вахламов, В. К.** Подвижной состав автомобильного транспорта / В. К. Вахламов. – М.: Академия, 2005. – 480 с.
- 3 **Коваленко, Н. А.** Техническая эксплуатация автомобилей : учеб. пособие / Н. А. Коваленко, В. П. Лобах, Н. В. Вепринцев. – Минск : Новое знание, 2008. – 352 с.
- 4 **Коваленко, Н. А.** Организация технического обслуживания и ремонта автомобилей : учеб. пособие / Н. А. Коваленко. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2016. – 229 с.
- 5 **Савич, Е. Л.** Техническая эксплуатация автомобилей: учеб. пособие для вузов: в 3 ч. / Е. Л. Савич. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2015. – Ч. 2. – 364 с.
- 6 **Савич, Е. Л.** Техническая эксплуатация автомобилей: учебное пособие для вузов: в 3 ч. / Е. Л. Савич. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – Ч. 3. – 632 с.
- 7 Транспорт дорожный. Требование к техническому состоянию по условию безопасности движения. Методы проверки: СТБ 1641–2019. – Минск: БелГИСС, 2020. – 23 с.
- 8 Технический кодекс установившейся практики. Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения: ТКП 248–2010. – Минск : БелГИСС, 2010. – 42 с.