

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация
наземных транспортных и технологических машин
и комплексов» очной и заочной форм обучения*

Часть 1



Могилев 2026

УДК 691.113.004
ББК 39.33-08
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»
«24» марта 2026 г., протокол № 8

Составители: канд. техн. наук, доц. Н. А. Коваленко;
канд. техн. наук, доц. В. П. Лобах

Рецензент Романович Ю. С.

Методические рекомендации к практическим занятиям предназначены для студентов специальности 6-05-0715-07 «Эксплуатация наземных транспортных и технологических машин и комплексов» очной и заочной форм обучения.

Учебное издание

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Часть 1

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

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

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, 2026

Содержание

Введение.....	4
1 Организация производства ТО и ремонта автомобилей АТО.....	5
2 Влияние технического состояния автомобиля на расход топлива и смазочных материалов.....	13
3 Вероятностные оценки СВ, построение гистограммы и полигона распределения СВ.....	17
4 Определение вероятности отказа деталей автомобилей на основе статистической информации.....	21
5 Определение оптимальной периодичности технического обслуживания по допустимому уровню безотказности и технико- экономическим методом.....	29
6 Определение показателей эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности автомобилей.....	33
7 Определение допустимых значений параметров технического состояния.....	37
8 Применение закона Пуассона в теории массового обслуживания.....	40
Список литературы.....	44

Введение

Одной из важнейших проблем, стоящих перед автомобильным транспортом и требующих решения, является повышение эксплуатационной надежности автотранспортных средств (АТС) и снижение затрат на их содержание.

Решение этой проблемы обеспечивается, с одной стороны, автомобильной промышленностью за счет повышения качества АТС, с другой – совершенствованием технической эксплуатации (ТЭ).

Реализация потенциальных свойств АТС, заложенных при их создании, снижение затрат на содержание, уменьшение простоев, повышение производительности при перевозках и снижение их себестоимости – основные задачи технической эксплуатации.

Для их решения необходимо знание закономерностей изменения технического состояния АТС, что позволит управлять их работоспособностью и обеспечит перевозки технически исправным подвижным составом.

Данные методические рекомендации позволят студентам закрепить полученные во время лекций знания, необходимые в дальнейшем процессе обучения, а также в последующей практической деятельности.

Каждая работа выполняется самостоятельно согласно своему варианту, который соответствует номеру студента в списке группы или по указанию преподавателя.

Перед началом выполнения работы необходимо ознакомиться с ее содержанием по методическим рекомендациям.

После выполнения работы ее необходимо защитить, представив индивидуальный оформленный отчет.

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).

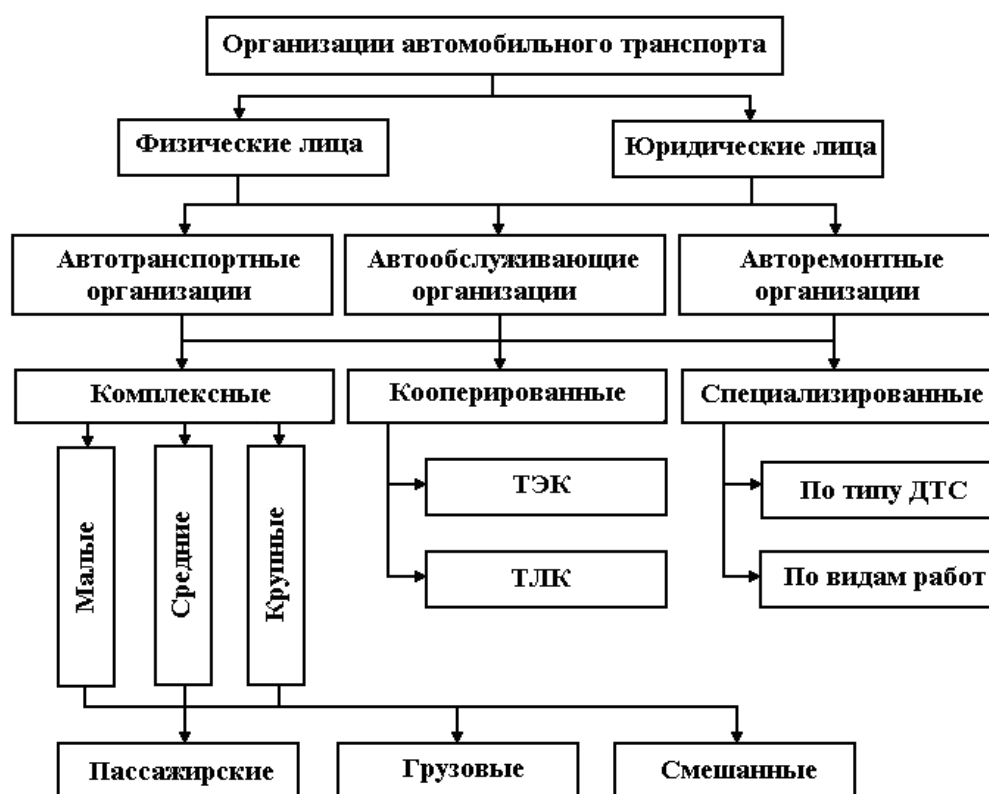


Рисунок 1.1 – Классификация организаций автомобильного транспорта

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 проводятся 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.

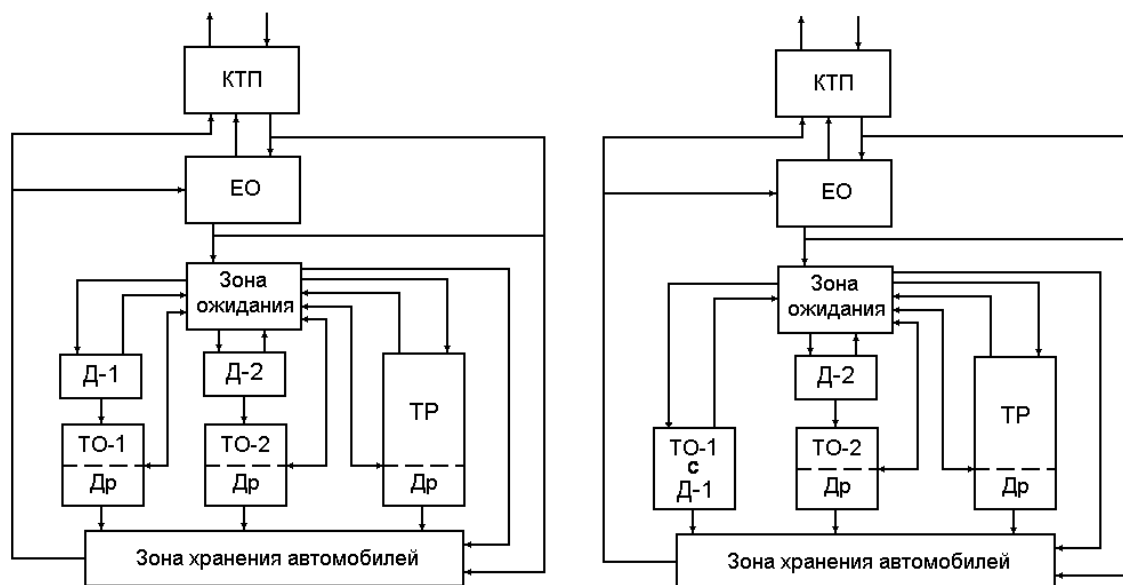


Рисунок 1.2 – Варианты схем производственного процесса ТО и ремонта

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 совершенствуется 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 внутрихозяйственного учета всех видов деятельности и сопутствующих им затрат;

- комплектования и управления персоналом инженерно-технической службы, включающей 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, организывает 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, бригадир 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.

AK33																																			
		A	B	C	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																																			
2		ЛИЦЕВАЯ КАРТОЧКА АВТОМОБИЛЯ (ПРИЦЕПА)																																	
3																																			
4		Марка автомобиля (прицепа) _____										Гос. № _____										Гаражный № _____													
5																																			
6		2025 год																																	
7																																			
8		Наименование показателя		Дни месяца																												Пробег за месяц			
9	Месяц			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	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 предусмотрены 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 (рисунок 1.5, пример) и описывают содержание лицевой карточки автомобиля.

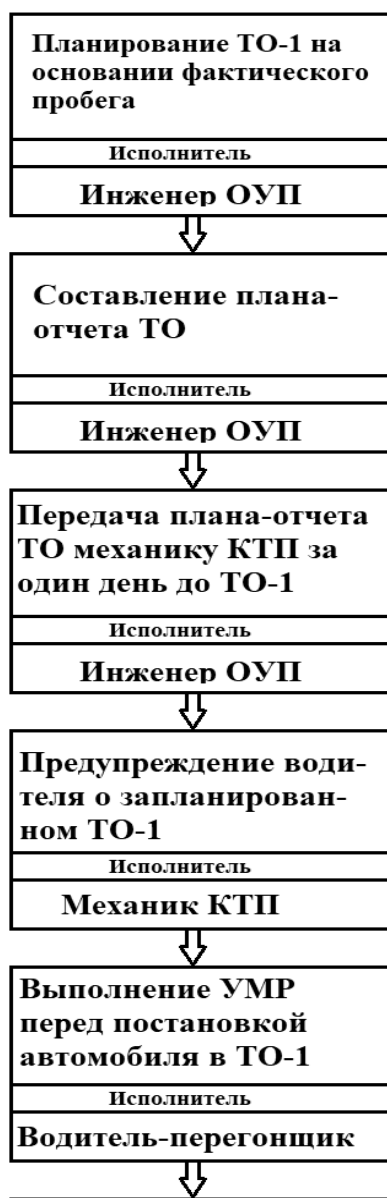


Рисунок 1.5 – Пример оформления схемы постановки автомобиля в ТО-1

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.
- 4 Охарактеризуйте организационно-производственную структуру АТО.

2 Влияние технического состояния автомобиля на расход топлива и смазочных материалов

Расход топлива грузовым автомобилем складывается из трех составляющих: расход на движение порожнего автомобиля, расход на перевозку груза, расход на маневрирование под погрузкой и разгрузкой:

$$Q_m = H_l \frac{L}{100} \left(1 + \frac{D}{100} \right) + H_T \frac{W}{100} + H_e \cdot Z + H_T \frac{G_{np} \cdot L}{100}, \quad (2.1)$$

где H_l – линейная норма расхода топлива, л/100 км (таблица 2.1);

L – пробег автомобиля, км;

H_T , H_e – норма расхода топлива на транспортную работу, л/100 т·км, и езду, л (таблица 2.2);

D – надбавка, учитывающая отклонение дорожных условий, % (таблица 2.3);

G_{np} – масса прицепа, т;

W – грузооборот, т·км;

Z – число ездов.

При эксплуатации автомобилей с прицепами (полуприцепами) линейная норма расхода топлива увеличивается на 1 т собственной массы: бензина – 2 л; дизельного топлива – 1,3 л; сжатого природного газа (СПГ) – 2 м³; сжиженного нефтяного газа (СНГ) – 2,5 л.

Транспортная работа автомобиля

$$W = L \cdot g \cdot j \cdot \beta, \quad (2.2)$$

где L – пробег автомобиля, км;

g , j , β – грузоподъемность автомобиля, т, коэффициенты использования грузоподъемности и пробега соответственно.

Таблица 2.1 – Линейная норма расхода топлива

Модель автомобиля	Норма расхода, л/100 км (м ³ /100 км)	Модель автомобиля	Норма расхода, л/100 км (м ³ /100 км)
1 КамАЗ-54118	26/6,5 (Д, СПГ)	8 ГАЗ-3302	15 (Б)
2 ЗиЛ-431810*	42 (СНГ)	9 КамАЗ-5511	34 (Д)
3 ГАЗ-3307	25 (Б)	10 ЗиЛ-441610*	41 (СНГ)
4 ГАЗ-5327*	26 (СПГ)	11 КамАЗ-53218*	25/6,5 (Д, СПГ)
5 ЗиЛ-4331	22 (Д)	12 МАЗ-5335	28 (Д)
6 ГАЗ-5307*	37 (СНГ)	13 КамАЗ-55118*	34/9 (Д, СПГ)
7 МАЗ-5551	28 (Д)	14 МАЗ-5432	27 (Д)
Примечание –* – работают на газообразном топливе			

Таблица 2.2 – Дополнительные нормы расхода топлива

Автомобиль	Норма расхода топлива	
	на 100 т·км	на одну езду
1 С бензиновыми двигателями	2,0 л	0,25 л
2 С дизельными двигателями	1,3 л	0,25 л
3 Работающие на сжатом газе	2,0 м³	0,25 м³
4 Работающие на сжиженном газе	2,5 л	0,3 л
5 Газодизельные	0,25 л и 1,2 м³	–

Таблица 2.3 – Надбавка, учитывающая отклонения дорожных условий

Дорожное условие	Надбавка, %
1 Для зимних условий (для различных климатических зон)	+5...+20
2 Для горных дорог	+5...+20
3 Для условий карьеров и сельхозработ	+20
4 Для междугородных маршрутов	–15

Для легковых автомобилей и автобусов учитывается первый член уравнения, для грузовых одиночных и с полуприцепами – первый и второй члены, для автопоездов с прицепами – первый, второй и четвертый члены, для самосвалов – первый, второй и третий члены.

Нормы расхода масел и смазок определяются отдельно для каждого вида (таблица 2.4). Потребность в маслах и смазках определяется также отдельно по каждому i -му виду:

$$Q_{mi} = \frac{Q_m \cdot H_{Mi}}{100} \cdot k, \quad (2.3)$$

где Q_m – расход топлива, л;

H_{Mi} – норма расхода смазочного материала, л(кг)/100 л (м³) топлива;

k – коэффициент, учитывающий возраст автомобиля и равный соответственно 0,5; 1,0; 1,2 при возрасте до 3 лет, от 3 до 8 и свыше 8 лет.

Таблица 2.4 – Норма расхода масел на 100 л (м³) расхода топлива

Смазочный материал	Автомобиль, работающий на бензине и сжиженном газе	Автомобиль, работающий на дизельном топливе
Моторные масла, л	2,4	3,2
Трансмиссионные масла, л	0,3	0,4
Специальные масла, л	0,1	0,1
Пластичные смазки, кг	0,2	0,3

Считается, что на коробки передач приходится 40 % общего объема трансмиссионных масел, на ведущие мосты – 40 %, на механизмы рулевых управлений – 20 %.

Дифференцирование пластических смазок осуществляется по следующим рекомендациям: тугоплавкие смазки (Литол 24) – 30 % от общего расхода; среднетемпературные (водостойкие) смазки (солидолы) – 60 %; специальные смазки (ЦИАТИМ-201, № 158) – 7 %; консервационные смазки (ПВК) – 3 %. Для конкретных условий эксплуатации указанные соотношения могут быть уточнены.

Цель работы: изучить методику определения потребности в топливе и смазочных материалах и влиянии на их расход технического состояния автомобиля.

2.1 Содержание работы

Определить необходимое количество топлива и смазочных материалов для выполнения транспортной работы при исправном и неисправном состоянии автомобиля.

2.2 Методика выполнения работы

1 Выбрать исходные данные согласно своему варианту (таблица 2.5).

2 Подсчитать влияние неисправности на расход топлива по формуле (2.4).

3 Определить расход топлива по выражению (2.1) с учетом исходных данных своего варианта, а также расход моторного и трансмиссионного масел, пластичной смазки по формуле (2.3) для исправного автомобиля.

В качестве неисправности принимается отказ свеч (форсунок). При этом расход топлива увеличивается пропорционально количеству отказавших элементов:

$$Q_{\text{тнеиспр}} = Q_{\text{т}} \left(1 + \frac{i}{n} \right), \quad (2.4)$$

где i – количество отказавших элементов;

n – количество цилиндров двигателя.

4 Определить по формулам (2.1) и (2.3) величины с учетом имеющейся неисправности автомобиля.

5 Заполнить таблицу 2.6 и сделать заключение.

6 Представить оформленный отчет и защитить работу.

Продолжение таблицы 2.5Продолжение таблицы 2.5[illegible]

Таблица 2.6 – Результаты расчетов

Наименование величины	Техническое состояние автомобиля		Увеличение расхода, л (м ³ ; кг)
	Исправен	Неисправен	
1 Линейный расход топлива, л (м ³)			
2 Расход моторного масла, л			
3 Расход трансмиссионного масла, л			
4 Расход пластичной смазки, кг			

Контрольные вопросы

- 1 От каких факторов зависит расход топлива?
- 2 Перечислите пути снижения расхода топлива.
- 3 Приведите примеры неисправностей и их влияние на расход топлива и смазочных материалов.
- 4 Как рассчитывается расход топлива для разных типов автомобилей?
- 5 Как нормируется расход масел?

3 Вероятностные оценки СВ, построение гистограммы и полигона распределения СВ

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 3.1).

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.

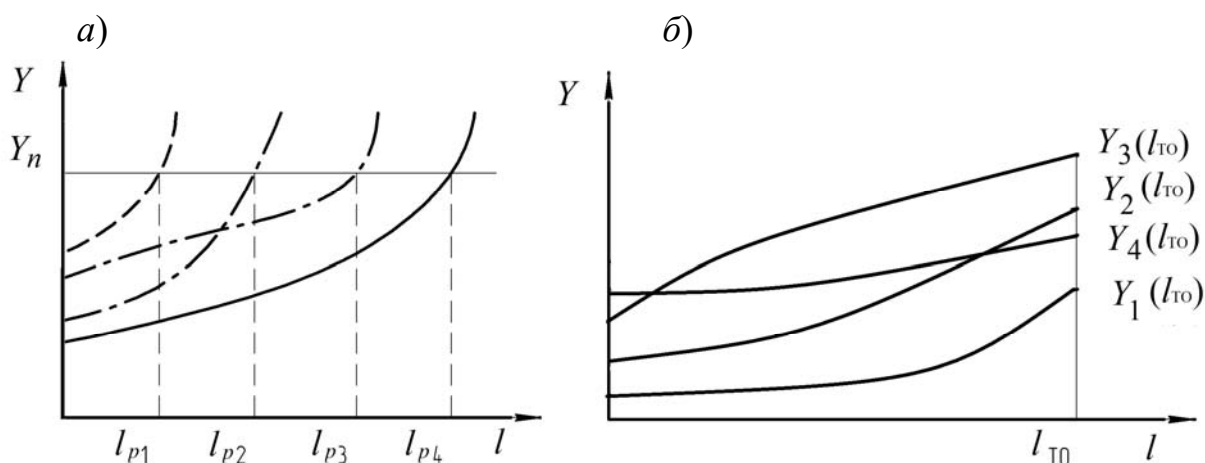
Так как техническое состояние однотипных автомобилей различно, то и интенсивность изменения его параметров будет различной. Если зафиксировать для всей группы изделий значение параметра технического состояния одного уровня, например Y_n , то моменты достижения состояния l_{pi} у каждого изделия будут различны: l_{p1} , l_{p2} , l_{p3} , т. е. каждое изделие будет иметь свою наработку до отказа (см. рисунок 3.1, а) и наработка на отказ будет случайной величиной (СВ) и иметь вариацию.

Если для всех изделий зафиксировать единую периодичностью обслуживания l_{TO} , то неминуема вариация их фактического технического состояния Y_i (см. рисунок 3.1, 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.



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

Рисунок 3.1 – 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.

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

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad (3.1)$$

– размах СВ по формуле

$$z = x_{\max} - x_{\min}; \quad (3.2)$$

– среднеквадратическое отклонение по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}; \quad (3.3)$$

– коэффициента вариации по формуле

$$V = \sigma / \bar{x}. \quad (3.4)$$

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.

Цель работы: изучить методику получения вероятностных оценок случайных величин.

3.1 Методика выполнения работы

3.1.1 Получить точечные оценки СВ. По формулам (3.1)–(3.4) получить для своего варианта среднее значение СВ, размах СВ, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации. Для расчета точечных оценок СВ следует использовать таблицу 3.1. В ней N – номер варианта.

Таблица 3.1 – 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			

3.1.2 Получить вероятностные оценки СВ, построить гистограмму и полигон 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 $w_i \rightarrow P$.

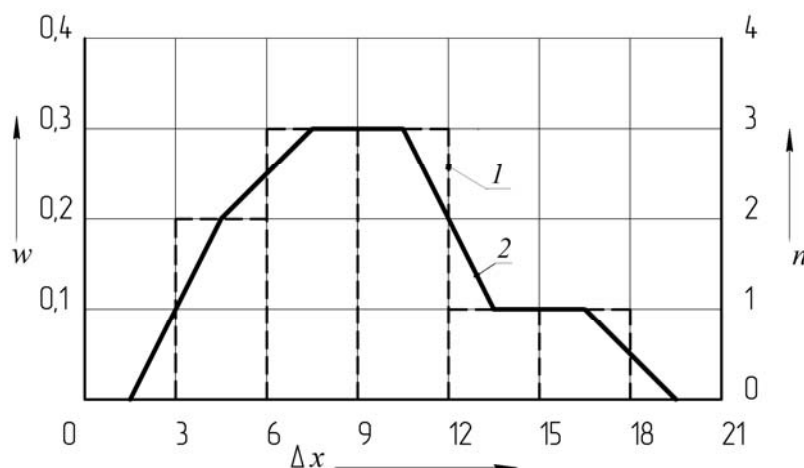
Далее подсчитываются накопительные частоты $m(x)$, которые образуют статистический ряд накопительных вероятностей отказа изделия $F(x)$, и противоположные им, которые образуют статистический ряд накопительных вероятностей безотказной работы изделия $R(x)$. Полученные при группировке СВ результаты сводят в таблицу 3.2. Используя статистический ряд частостей, строятся гистограмма и полигон распределения СВ (рисунок 3.2).

Таблица 3.2 – Вероятностные оценки СВ

Номер интервала	Интервал Δx , тыс. км	Середина интервала x_j , тыс. км	Число отказов n_j в интервале	Частость w_i	Накопленные вероятности	
					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 3.2 – Графическое изображение распределений случайной величины

3.2 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать расчет точечных оценок СВ, вероятностных оценок СВ (см. таблицы 3.1 и 3.2); 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?

4 Определение вероятности отказа деталей автомобилей на основе статистической информации

Отказы деталей являются случайными событиями.

Информация о вероятности отказа позволяет выявить причины отказов и закономерности их проявления. Это позволяет разрабатывать мероприятия, направленные на совершенствование конструкции изделия, применять рациональные методы технической эксплуатации автомобилей, дает информацию о качестве материально-технического обеспечения, обслуживания, ремонта и эксплуатации.

Для получения исходной информации, которая должна быть полной, своевременной, однородной и достоверной, проводят подконтрольную эксплуатацию машин. Результатом ее являются наработки на отказ $l_1, l_2, \dots, l_n$.

Обработка статистических данных проводится в следующей последовательности. Определяют минимальную l_1 и максимальную l_n наработки на отказ. Интервал $l_1 \dots l_n$ разбивается на число интервалов группирования по формуле

$$r = 1,15 \left[0,42(n-1)^2 \right]^{0,27}, \quad (4.1)$$

где n – число наблюдений.

Ширина (значение) каждого интервала

$$\Delta l = \frac{l_n - l_1}{r}. \quad (4.2)$$

Определив границы каждого интервала, находим значения их середин:

$$\bar{l}_j = \frac{l_j + (l_j + \Delta l)}{2}, \quad (4.3)$$

где $j = 1, 2, \dots, r$.

Далее определяется количество отказов m_j , имеющих в каждом интервале, и вычисляются частоты попадания наблюдений в каждый интервал (плотность распределения случайной величины):

$$f_{\text{э}}(\bar{l}_j) = m_j / n. \quad (4.4)$$

Функция распределения случайной величины (или вероятность отказа)

$$F_{\text{э}}(\bar{l}_j) = \sum_{j=1}^r m_j / n = \sum_{j=1}^r f_{\text{э}}(\bar{l}_j). \quad (4.5)$$

Необходимо построить гистограмму функции $f_{\text{э}}(\bar{l}_j)$ (в виде прямоугольников, высотами которых будут являться значения функции, а основанием – ширина интервала) и по ней – график этой функции. По внешнему виду полученной гистограммы выдвигаем гипотезу о принадлежности экспериментальных данных одному из теоретических законов распределения, описывающих поведение случайной величины (нормальный, экспоненциальный, Вейбулла и др.), и определяем основные параметры закона.

Для нормального закона распределения такими параметрами являются среднее значение $\bar{l}$ и среднеквадратическое отклонение σ :

$$\bar{l} = \frac{\sum_{j=1}^r \bar{l}_j \cdot m_j}{n}; \quad (4.6)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^r (\bar{l}_j - \bar{l})^2 m_j}{n-1}}. \quad (4.7)$$

Далее определяется коэффициент вариации ν , по которому предварительно принимают или отвергают гипотезу о принятом законе распределения ресурса. Для нормального закона распределения он равен от 0,1 до 0,33.

$$\nu = \sigma / \bar{l}. \quad (4.8)$$

Для дальнейшего использования статистических данных необходимо знать теоретический закон распределения, более точно описывающий исследуемый процесс. Для нормального закона распределения плотности вероятности определяются по формуле

$$f_T(l) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-\bar{l})^2}{2\sigma^2}}. \quad (4.9)$$

Функция распределения отказов для нормального закона распределения

$$F_T(l_j) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^l e^{-\frac{(l-\bar{l})^2}{2\sigma^2}} dl. \quad (4.10)$$

Для нормального закона распределения с целью облегчения расчетов используется нормированная функция $\Phi(y)$, для которой принимается новая случайная величина

$$y_j = (\bar{l}_j - \bar{l}) / \sigma. \quad (4.11)$$

Осуществляя замену переменных $\bar{l}_j$, получаем

$$\Phi(y_j) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\bar{l}_j + y\sigma} e^{-\frac{y^2}{2}} d(\bar{l} + y\sigma) = \int_{-\infty}^y e^{-\frac{y^2}{2}} dy. \quad (4.12)$$

Для нормированной функции составлена таблица 4.1. Значения в ней даны для y от 0 до 3,2. Начиная со значения $y = 3,3$ значения функций равны 0,999.

Таблица 4.1 – Значения функции Лапласа $\Phi(y)$

y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0060	0,0159	0,0239	0,0319	0,0399	0,0478	0,0558	0,0638	0,0638
0,1	0797	0876	0955	1034	1113	1192	1271	1350	1428	1507
0,2	1585	1663	1741	1819	1897	1974	2051	2128	2205	2282
0,3	2358	2434	2510	2586	2661	2737	2812	2886	2960	3035
0,4	3108	3132	3255	3328	3401	3473	3545	3616	3688	3759
0,5	3829	3900	3969	4039	4108	4177	4245	4313	4381	4448
0,6	4615	4581	4647	4713	4778	4843	4908	4971	5035	5098
0,7	5161	5223	5385	5346	5407	5468	5527	5587	5646	4705
0,8	5763	5821	5878	5935	5991	6047	6102	6157	6211	6265
0,9	6319	6372	6424	6476	6528	6579	6629	6680	6729	6778
1,0	6827	6875	6923	6970	7017	7063	7109	7154	7199	7243
1,1	7287	7330	7373	7415	7457	7499	7539	7580	7620	7660
1,2	7699	7737	7775	7812	7850	7887	7923	7959	7994	8030
1,3	8064	8098	8132	8165	8197	8230	8262	8293	8324	8355
1,4	8385	8415	8444	8473	8501	8529	8557	8584	8611	8638
1,5	8664	8689	8715	8740	8764	8789	8812	8836	8859	8882
1,6	8904	8926	8948	8969	8990	9011	9031	9051	9070	9090
1,7	9108	9127	9145	9163	9171	9198	9215	9232	9249	9265
1,8	9281	9297	9312	9327	9342	9356	9371	9385	9398	9412
1,9	9425	9438	9451	9463	9476	9488	9500	9511	9523	9534
2,0	9545	9555	9566	9576	9586	9596	9606	9615	9624	9633
2,1	9642	9651	9659	9668	9676	9684	9692	9699	9707	9714
2,2	9721	9728	9735	9742	9749	9755	9761	9767	9773	9779
2,3	9785	9791	9796	9801	9807	9812	9817	9822	9826	9831
2,4	9836	9840	9844	9849	9853	9857	9861	9864	9868	9872
2,5	9875	9879	9882	9885	9889	9892	9895	9898	9901	9904
2,6	9906	9909	9912	9914	9917	9919	9921	9924	9926	9928
2,7	9307	9327	9347	9367	9386	9404	9422	9439	9456	9473
2,8	9489	9505	9520	9535	9549	9563	9576	9590	9602	9615
2,9	9627	9639	9650	9661	9672	9682	9692	9702	9712	9721
3,0	9730	9739	9747	9755	9763	9771	9779	9786	9793	9900
3,1	9806	9813	9819	9825	9831	9837	9842	9848	9853	9858
3,2	9863	9867	9872	9876	9880	9885	9889	9892	9896	9900

Теоретическая функция распределения отказов в этом случае определяется по формуле

$$F_T(l_j) = 1/2 + 1/2 \cdot \Phi(y_j). \quad (4.13)$$

Функция $\Phi(y)$ нечетная и для нее выполняется условие $\Phi(-y) = -\Phi(y)$.
Плотность распределения вероятности определяется как

$$f_T(l) = [f_o(y)/\sigma]\Delta l, \quad (4.14)$$

где $f_o(y)$ – табличное значение функции (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Значения нормированной функции плотности распределения

у	Разряд	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,	3989	3989	3989	3989	3986	3984	3982	3980	3977	3973
0,1	0,	3970	3965	3961	3956	3951	3945	3939	3932	3925	3918
0,2	0,	3910	3902	3894	3885	3876	3867	3857	3847	3836	3825
0,3	0,	3814	3802	3790	3778	3765	3752	3739	3725	3712	3697
0,4	0,	3683	3668	3653	3637	3621	3605	3589	3572	3555	3538
0,5	0,	3521	3503	3485	3467	3448	3429	3410	3391	3372	3352
0,6	0,	3332	3312	3292	3271	3251	3230	3209	3187	3166	3144
0,7	0,	3123	3101	3079	3056	3034	3011	2989	2966	2943	2920
0,8	0,	2897	2874	2850	2827	2803	2780	2756	2732	2709	2685
0,9	0,	2661	2637	2613	2589	2565	2541	2516	2492	2468	2444
1,0	0,	2420	2396	2371	2347	2323	2299	2275	2251	2227	2203
1,1	0,	2179	2155	2181	2107	2083	2059	2036	2012	1989	1965
1,2	0,	1942	1895	1895	1872	1849	1826	1804	1781	1758	1736
1,3	0,	1714	1691	1669	1647	1626	1604	1582	1561	1539	1518
1,4	0,	1497	1476	1456	1435	1415	1394	1374	1354	1334	1315
1,5	0,	1295	1276	1257	1238	1212	1200	1182	1163	1145	1127
1,6	0,	1109	1092	1074	1057	1040	1023	1006	0989	0973	0957
1,7	0,0	9405	9246	9089	8933	8780	8628	8478	8329	8183	8038
1,8	0,0	7895	7754	7614	7477	7341	7206	7074	6943	6814	6687
1,9	0,0	8562	6438	6316	6195	6077	5959	5844	5730	5618	5508
2,0	0,0	5399	5292	5186	5082	4980	4879	4780	4682	4586	4491
2,1	0,0	4398	4307	4217	4128	4041	3955	3871	3788	3706	3626
2,2	0,0	3547	3470	3394	3319	3246	3174	3109	3034	2965	2898
2,3	0,0	2833	2768	2705	2643	2582	2522	2463	2406	2349	2294
2,4	0,0	2239	2186	2134	2083	2033	1984	1936	1888	1842	1797
2,5	0,0	1753	1709	1667	1625	1595	1545	1506	1468	1431	1394
2,6	0,0	1358	1324	1289	1258	1223	1191	1160	1130	1100	1071
2,7	0,0	1042	1014	0987	0961	0925	0900	0885	0861	0837	0814
2,8	0,00	7915	7696	7483	7274	7071	6873	6679	6491	6307	6127
2,9	0,00	5952	5782	5616	5454	5296	5143	4993	4847	4705	4567
3,0	0,00	4432	4301	4173	4049	3928	3810	3695	3584	3475	3370
3,5	0,00	3300	3267	2384	1723	1232	0873	0612	0425	0292	0199

С помощью таблицы 4.3 находим вероятность $P(\lambda)$. При этом если $P(\lambda) \geq 0,6$, то гипотеза о принадлежности опытных данных к нормальному закону не отвергается. Если $P(\lambda) < 0,6$ – гипотеза отвергается.

Таблица 4.3 – Вероятности для проверки правдоподобия гипотезы о принадлежности опытных данных к нормальному закону с помощью критерия Колмогорова

λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$
0,0	1,0	0,7	0,711	1,4	0,040
0,1	1,0	0,8	0,544	1,5	0,022
0,2	1,0	0,9	0,393	1,6	0,012
0,3	1,0	1,0	0,270	1,7	0,006
0,4	0,977	1,1	0,178	1,8	0,003
0,5	0,964	1,2	0,112	1,9	0,002
0,6	0,864	1,3	0,068	2,0	0,001

Определяется доверительный интервал разброса среднего значения наработки на отказ, отвечающий доверительной вероятности $P_g = 0,9$.

Среднеквадратическое отклонение среднего результата

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{r}}. \quad (4.15)$$

Половина доверительного интервала

$$\delta = \bar{\sigma}u = \bar{\sigma} \arg \Phi(P_g), \quad (4.16)$$

где u – квантиль нормального распределения, определенный по таблице 4.1 обратной интерполяцией функции Лапласа и равный 1,64 при доверительной вероятности $P_g = 0,9$.

Таким образом, с вероятностью 0,9 отказы произойдут в интервале пробега

$$l = \bar{l} \pm \delta. \quad (4.17)$$

Цель работы: изучить методику определения вероятности отказов деталей на основе статистической информации.

4.1 Содержание работы

Определить параметры оценки закона распределения случайной величины и подобрать теоретический закон.

4.2 Методика выполнения работы

1 Выбрать вариант задания из нижеприведенных условий (таблица 4.4).

Двигатели автомобилей МАЗ-5335 заменялись в эксплуатации при достижении предельного состояния. В процессе наблюдения было зафиксировано 40 первых замен двигателей, наработка на отказ которых приведена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Нарботка на отказ

Номер варианта	Нарботка на отказ, тыс. км
0	12, 16, 21, 23, 26, 28, 31, 32, 33, 33, 35, 36, 37, 39, 41, 44, 45, 47, 48, 55
<i>Примечание</i> – В таблице приведены исходные данные, а в вариантах необходимо скорректировать их, добавив к каждому четному числу номер своего варианта. Номер варианта соответствует номеру студента в списке группы	

2 Выполнить расчеты по формулам (4.1)–(4.8) и результаты занести в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 – Результаты обработки экспериментальных данных

j	$\bar{l}_j$	m_j	$f_{\bar{l}}(\bar{l}_j)$	$F_{\bar{l}}(\bar{l}_j)$	$\bar{l}_j - \bar{l}$	y_j	$\Phi(y)$	$F_T(\bar{l}_j)$	$f_o(y)$	$f_T(\bar{l}_j)$	$F_{\bar{l}}(\bar{l}_j) - F_T(\bar{l}_j)$
1											
2											
...											
r											

3 Построить график функции $f_{\bar{l}}(\bar{l}_j)$ на одном рисунке, а функции $F_{\bar{l}}(\bar{l}_j)$ – на другом. Графики изобразить сплошными линиями (рисунки 4.1 и 4.2).

4 Выполнить расчеты по формулам (4.9)–(4.16), результаты записать в таблицу 4.5.

5 Построить графики теоретической функции $f_T(l)$ на первом рисунке, а $F_T(l)$ – на другом, совместив их с графиками п. 3. Графики изобразить штриховыми линиями.

6 Выполнить проверку согласия экспериментальных данных с теоретическим законом по критерию Колмогорова, используя выражения (4.15), (4.17) и таблицу 4.3.

7 Определить с вероятностью 0,9 интервал среднего пробега до отказа.

8 Указать на рисунках среднюю наработку на отказ и интервал разброса его среднего значения.

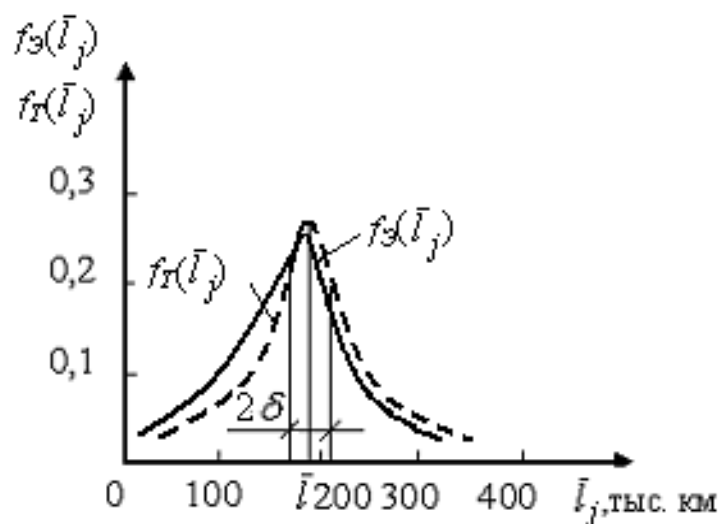


Рисунок 4.1 – Графики плотности вероятности

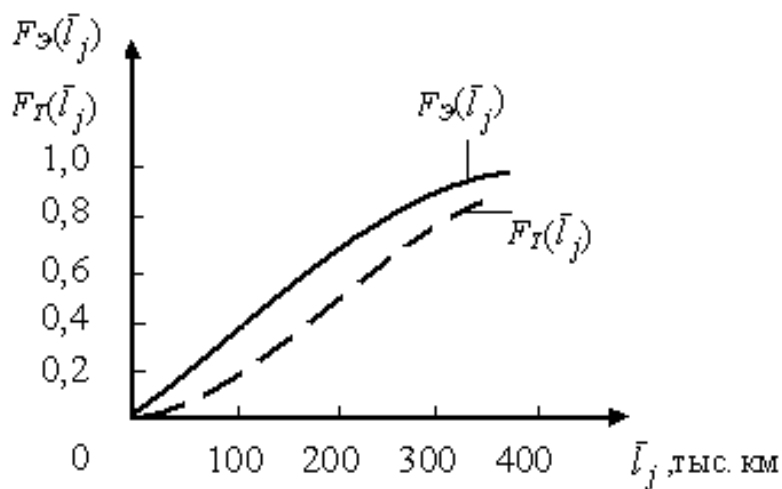


Рисунок 4.2 – Графики вероятности отказов

9 Сделать заключение о соответствии опытных результатов определенному теоретическому закону распределения случайных величин, правильности выполненных расчетов и интервале пробега до отказа.

10 Представить отчет и защитить работу.

Контрольные вопросы

- 1 Порядок обработки экспериментальных данных.
- 2 Последовательность построения теоретических функций.
- 3 Как выполняется проверка согласия экспериментальных данных с теоретическим законом?
- 4 Какие законы распределения используются для описания СВ?

5 Определение оптимальной периодичности ТО по допустимому уровню безотказности и технико-экономическим методом

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.

Наибольшее распространение получили методы по аналогии, по допустимому уровню безотказности и технико-экономический.

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 безотказной работы $R(l)$ (или отказа $F(l)$) элемента не превышает заранее заданной величины, называемой риском (рисунок 5.1). Для агрегатов, обеспечивающих безопасность движения, $R_d(l)$ принимается 0,9...0,98, для прочих узлов и агрегатов – 0,85...0,90.

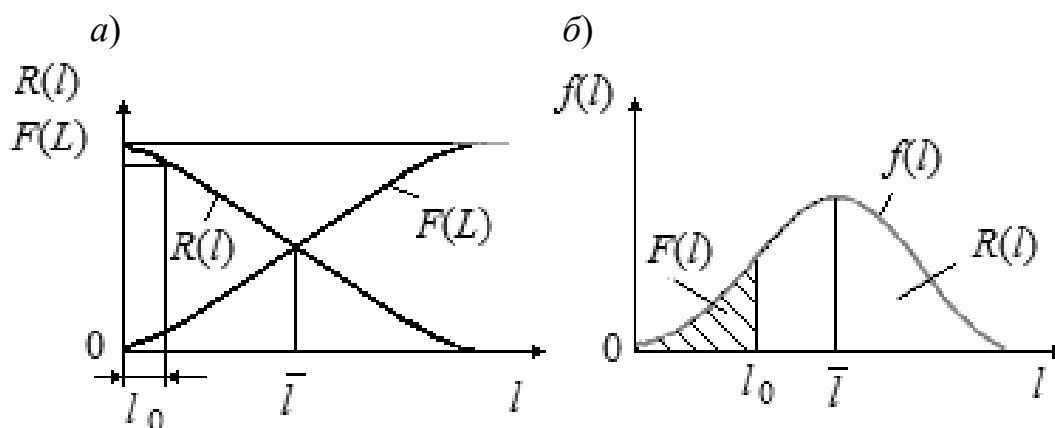


Рисунок 5.1 – Графики вероятности отказа, вероятности безотказной работы (а) и плотности вероятности (б)

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

$$l_0 = \beta \bar{l}, \quad (5.1)$$

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

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

$$C_{ТО} = d/l, \quad (5.2)$$

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:

$$C_{ТР} = c/L, \quad (5.3)$$

где c – затраты на один ремонт;

L – ресурс до ремонта.

Сумма удельных затрат

$$C_{\Sigma} = C_{ТО} + C_{ТР}. \quad (5.4)$$

Ее называют целевой функцией. Определение минимума затрат осуществляют графически (рисунок 5.2).

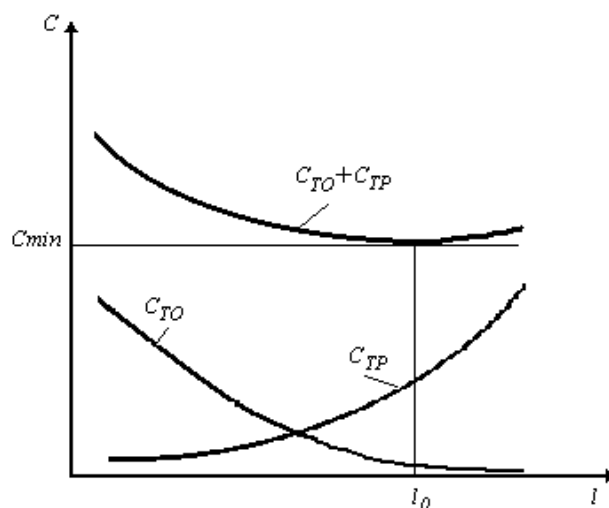


Рисунок 5.2 – Зависимости изменения удельных затрат от наработки

Цель работы: изучить методы определения оптимальной периодичности ТО агрегатов, узлов и элементов автомобиля.

5.1 Содержание работы

Определить для своего варианта оптимальную периодичность ТО методами по допустимому уровню безотказности и технико-экономическим.

5.2 Методика выполнения работы

5.2.1 Определение оптимальной периодичности ТО по допустимому уровню безотказности. Исходными данными для определения оптимальной периодичности по данному методу является график вероятности безотказной работы, полученный в результате наблюдения за группой подконтрольных автомобилей с последующим расчетом (таблица 5.1).

Выбрать вариант задания из таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные и результаты расчетов

l_{on} , тыс. км	10	20	30	40	50
m_j	1	3	4	2	2
m_j/n					
$F(l)$					
$R(l)$					
Примечание – В таблице приведены исходные данные количества отказов m_j , а в вариантах необходимо добавить к каждому числу номер своего варианта, который соответствует номеру студента в списке группы					

Выполнить расчеты. Вероятность отказа $F(l)$ и вероятность безотказной работы $R(l)$ определяются по формулам

$$F(l) = \frac{\sum_{j=1}^n m_j}{n};$$

$$R(l) = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n m_j}{n} = 1 - F(l),$$

где $\sum_{j=1}^r m_j$ – накопленное число отказов по интервалам группирования ($j = 1, 2, \dots, r$);

n – общее количество зафиксированных отказов.

Построить график вероятности безотказной работы $R(l)$. По графику вероятности безотказной работы графически определить периодичность технических обслуживаний для агрегатов, влияющих и не влияющих на безопасность

движения, задаваясь допустимыми значениями вероятности безотказной работы R_d . Для этих двух групп элементов определить коэффициенты рациональной периодичности (по формуле (5.1)).

Записать значения оптимальных l_0 периодичностей ТО, полученных по допустимому уровню безотказности.

5.2.2 Определение оптимальной периодичности ТО технико-экономическим методом. Исходные данные берутся из таблицы 5.2.

Таблица 4.2 – Исходные данные по вариантам

Номер варианта	1–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60
Затраты на ТО d, p	$15 + N$	$20 + N$	$30 + N$	$40 + N$	$50 + N$	$60 - N$
Затраты на ТР c, p	$100 + N$	$110 + N$	$110 + N$	$120 + N$	$130 + N$	$140 - N$
Максимальный ресурс $L_{\max}$, тыс. км	$40 + N$	$50 + N$	$55 + N$	$60 + N$	$65 + N$	$70 - N$

Расчет целесообразно провести в табличной форме (таблица 5.3, образец). 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 5.3 – Пример расчета оптимальной периодичности ТО

Периодичность ТО l_i , тыс. км	1	2	3	...	l_i
Удельные затраты на ТО $C_{ТОi}$, р./тыс. км					
Ресурс элемента L_i , тыс. км					
Удельные затраты на ТР $C_{ТРi}$, р./тыс. км					
Суммарные удельные затраты C_{Σ} , р./тыс. км					

Ресурс до ремонта L_i определить по выражению

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

где l_i – выбранная периодичность ТО.

5.3 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать анализ методов определения оптимальной периодичности ТО, результаты расчетов оптимальной периодичности ТО методами по допустимой вероятности безотказной работы и технико-экономическим, график зависимости суммарных удельных затрат C_{Σ} от периодичности 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 технического обслуживания технико-экономическим методом?

6 Определение показателей эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности автомобилей

Эксплуатационная технологичность (ЭТ) и ремонтпригодность (РП) – это совокупность свойств изделия, заключающаяся в приспособленности его к проведению всех видов ТО и ремонтов с применением экономичных технологических процессов.

ЭТ и РП характеризуется в соответствии с ГОСТ 20334–81 основными и дополнительными показателями. К основным показателям относятся: периодичность ТО-1 и ТО-2 (L_1, L_2 , тыс. км); разовая оперативная трудоемкость ежедневного обслуживания (S_{EO} , чел.-ч); удельная оперативная трудоемкость ТО (S_{TO} , чел.-ч/тыс. км); удельная оперативная трудоемкость текущего ремонта (S_{TR} , чел.-ч/тыс. км).

К дополнительным показателям относятся: разовая оперативная трудоемкость ТО-1, ТО-2, сезонного обслуживания (S_1, S_2, S_{CO} , чел.-ч); число марок применяемых топливно-смазочных материалов; число марок применяемых технических жидкостей и др.

Цель работы: изучить показатели ЭТ и РП и требования ЭТ и РП к подвижному составу автомобильного транспорта.

6.1 Содержание работы

Определить основные и частично дополнительные показатели ЭТ и РП по трем заданным моделям подвижного состава (ПС). Оценить соответствие основных и дополнительных показателей требованиям и выявить наиболее предпочтительную модель подвижного состава с позиций ЭТ и РП.

6.2 Методика выполнения работы

- 1 В соответствии с заданным вариантом (таблица 6.1), номер которого соответствует номеру студента в списке группы, для трех моделей подвижного

состава (ПС) выбрать из ТКП 248–2010 [9] и рассмотреть основные нормативные показатели ЭТ и РП и записать их в таблицу 6.2.

Таблица 6.1 – Варианты моделей подвижного состава

Номер варианта	Подвижной состав		
	Модель 1	Модель 2	Модель 3
1	2	3	4
1	ВАЗ-2104	ГАЗ-3110	ВАЗ-2108
2	ВАЗ-2105	УАЗ-3151	ВАЗ-2109
3	ВАЗ-21214	ГАЗ-3102	ВАЗ-2107
4	ВАЗ-2104	ГАЗ-3110	ВАЗ-21214
5	ГАЗ-3102	ВАЗ-2108	УАЗ-3151
6	ВАЗ-2106	ГАЗ-3102	ВАЗ-21214
7	УАЗ-2206	ПАЗ-3205	ПАЗ-3206
8	ПАЗ-4230	Радзимич А092	ПАЗ-3206
9	ЛАЗ-695Н	МАЗ-256	ЛиАЗ-5256
10	ЛиАЗ-5256	ЛАЗ-4202	Неман-5201
11	ЛАЗ-4207	МАЗ-101	МАЗ-104
12	ЛиАЗ-5256	МАЗ-103	МАЗ-107
13	ИЖ-271501	УАЗ-3741	ГАЗ-2705
14	ГАЗ-33021	УАЗ-3303	ИЖ-271501
15	КамАЗ-43101	ЗиЛ-131НВ	МАЗ-631705
16	КрАЗ-258Б1	КамАЗ-5410	МАЗ-54331
17	САЗ-3508	ЗиЛ-ММЗ-4510	ГАЗ-САЗ-3701
18	МАЗ-5511	КрАЗ-256Б1	КамАЗ-55111
19	ЗиЛ-5301	ЗиЛ-4331	ГАЗ-3307
20	МАЗ-53371	МАЗ-53362	ЗиЛ-4331
21	ИЖ-271501	ГАЗ-2705	УАЗ-3741
22	КамАЗ-53208	МАЗ-53362	ЗиЛ-43610
23	ЗиЛ-5301	ЗиЛ-43610	ГАЗ-33075
24	МАЗ-54331	МАЗ-64229	КрАЗ-260В
25	ЗиЛ-131НВ	ЗиЛ-ММЗ-4413	КамАЗ-54112
26	КамАЗ-5315	ГАЗ-3307	МАЗ-53371
27	ЗиЛ-431410	КамАЗ-5320	КрАЗ-260
28	МАЗ-54328	КамАЗ-54323	ГАЗ-3307
29	ВАЗ-2108	ВАЗ-21214	ВАЗ-2105
30	КрАЗ-256Б1	КамАЗ-55111	САЗ-3508

Таблица 6.2 – Значения нормативных и стандартных показателей и баллы по моделям ПС

Показатель	Нормативный показатель			Стандартный показатель			Балл		
	1 м	2 м	3 м	1 м	2 м	3 м	1 м	2 м	3 м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Основные									
1.1 Периодичность ТО-1, км									
1.2 Периодичность ТО-2, км									
1.3 Трудоемкость ЕО, чел.-ч									
1.4 Удельная трудоемкость ТО, чел.-ч/1000 км									
1.5 Удельная трудоемкость ТР, чел.-ч/1000 км									
2 Дополнительные									
2.1 Разовая трудоемкость ТО-1, чел.-ч									
2.2 Разовая трудоемкость ТО-2, чел.-ч									
2.3 Разовая трудоемкость СО, чел.-ч									
Всего									

Периодичность ТО-1 и ТО-2 и разовая оперативная трудоемкость ЕО берутся нормативными. Удельная оперативная трудоемкость ТО принимается за пробег между ТО-2 и включает в себя три ТО-1 и одно ТО-2. Тогда выражение для ее определения можно записать как

$$\bar{S}_{ТО} = \frac{nt_1 + t_2}{L_2}, \quad (6.1)$$

где n – кратность периодичностей ТО-1 и ТО-2;

t_1 – нормативная трудоемкость ТО-1 для заданной модели подвижного состава, чел.-ч;

t_2 – нормативная трудоемкость ТО-2, чел.-ч;

L_2 – нормативная периодичность ТО-2, тыс. км.

$$n = \frac{L_2}{L_1}.$$

Удельная оперативная трудоемкость ТР берется как нормативная для заданной модели подвижного состава [9].

2 Выбрать соответствующие стандартные показатели ЭТ и РП из таблиц 6.3–6.6 и записать их в таблицу 6.2.

3 Сравнить основные нормативные и стандартные показатели. Если показатель соответствует стандартному или лучше его, начисляется один балл, если нет – ноль баллов. Проставить баллы в таблицу 6.2.

4 Определить дополнительные показатели эксплуатационной технологичности: S_1 , S_2 , S_{CO} . Трудоемкость ТО-1 и ТО-2 необходимо скорректировать с учетом коэффициентов корректирования:

$$S_{Toi} = t_i \cdot k_2 \cdot k_5, \quad (6.2)$$

где t_i – нормативная трудоемкость i -го вида ТО, чел.-ч;

k_2 – коэффициент, учитывающий модификацию подвижного состава;

k_5 – коэффициент, учитывающий число подвижного состава в АТП (принять самостоятельно).

Трудоемкость сезонного обслуживания для Республики Беларусь принимается 20 % от t_2 .

Указанные дополнительные показатели сравниваются попарно для заданных моделей подвижного состава. По лучшему значению назначается дополнительно 0,5 балла.

5 Определить сумму баллов по каждой модели и по ней выбрать наиболее предпочтительную модель подвижного состава.

6 Представить отчет и защитить работу.

Таблица 6.3 – Периодичность ТО изделий автомобильной техники

Тип изделия	Периодичность			
	ЕО	ТО-1	ТО-2	ТО по сервисным книжкам
		км, не менее		
1 Автомобили легковые	Один раз в рабочие сутки	5000	20000	10000
2 Автобусы		5000	20000	
3 Автомобили грузовые, автобусы на базе грузовых автомобилей или с использованием их основных агрегатов		4000	16000	
4 Прицепы и полуприцепы		4000	16000	
5 Автомобили полноприводные		4000	16000	

Таблица 6.4 – Трудоемкость ТО и ТР легковых автомобилей

Класс автомобиля	Рабочий объем двигателя, л	Оперативная трудоемкость		
		Разовое ЕО, чел.-ч	Удельная, чел.-ч/тыс. км, не более	
			ТО	ТР
1 Особо малый	До 1,2	0,25	0,70	1,7
2 Малый	Св. 1,2 до 1,8	0,35	0,80	2,0
3 Средний	Св. 1,8 до 3,5	0,50	1,00	2,3

Таблица 6.5 – Трудоемкость ТО и ТР автобусов

Класс автобуса	Длина, м	Оперативная трудоемкость		
		Разовое ЕО, чел.-ч	Удельная, чел.-ч/тыс. км, не более	
			ТО	ТР
1 Особо малый	До 5,0	0,50	2,00	3,6
2 Малый	Св. 6,0 до 7,5	0,70	2,50	4,0
3 Средний	Св. 8,0 до 9,5	0,95	3,00	4,5
4 Большой	Св. 10,5 до 12,0	1,20	3,90	4,9

Таблица 6.6 – Трудоемкость ТО и ТР грузовых автомобилей, прицепов и полуприцепов

Тип	Грузоподъемность	Полезная нагрузка, т	Оперативная трудоемкость		
			Разовое ЕО, чел.-ч	Удельная, чел.-ч/тыс. км, не более	
				ТО	ТР
1 Общего назначения с колесной формулой 4 × 2 и 6 × 4	Особо малая	От 0,5 до 1,0	0,20	0,90	2,0
	Малая	Св. 1,0 до 3,0	0,40	1,20	2,7
	Средняя	Св. 3,0 до 4,0	0,55	1,40	3,2
		Св. 4,0 до 5,0	0,55	1,80	3,5
		Св. 5,0 до 8,0	0,65	2,00	5,0
	Большая	Св. 8,0 до 10,0	0,80	2,50	5,5
		Св. 10,0 до 16,0	1,00	2,60	7,0
2 Прицепы одноосные	Малая и средняя	До 3,0	0,12	0,35	0,4
3 Прицепы двухосные	Средняя и большая	До 8,0	0,22	0,70	1,2
	Особо большая	Св. 8,0	0,34	0,90	1,8
4 Полуприцепы одноосные	Средняя и большая	До 8,0	0,22	0,70	1,2
	Особо большая	Св. 8,0	0,22	0,75	1,2
5 Полуприцепы многоосные	Особо большая	От 8,0 до 16,0	0,34	1,00	1,6

Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные показатели ЭТ и РП.
- 2 Назовите дополнительные показатели ЭТ и РП.
- 3 Поясните порядок выбора ПС по показателям ЭТ и РП.

7 Определение допустимых значений параметров технического состояния

Допустимый норматив – это ужесточенная величина предельного значения параметра, при которой обеспечивается заданный уровень вероятности отказа на предстоящем межконтрольном пробеге.

Если для совокупности автомобилей параметры изменяются неодинаково в зависимости от пробега, то допустимое значение определяют в зависимости от плотности распределения параметра с учетом ошибок 1-го и 2-го рода.

Допустимое значение можно приблизительно определить, если распределение параметра подчиняется нормальному закону распределения. При двухстороннем ограничении для параметров, обеспечивающих безопасность движения,

$$S_D = \bar{S} \pm 1,5\sigma, \quad (7.1)$$

где $\bar{S}$ – среднее значение параметра;

σ – среднее квадратическое отклонение.

Для других параметров при двухстороннем ограничении

$$S_D = \bar{S} \pm 2\sigma. \quad (7.2)$$

При одностороннем (например, верхнем) ограничении для элементов, обеспечивающих безопасность движения,

$$S_D = \bar{S}_m + \sigma, \quad (7.3)$$

для других элементов

$$S_D = \bar{S}_m + 1,7\sigma. \quad (7.4)$$

Графически эта задача может решаться, если известна вероятность появления случайной величины. При этом задается уровень вероятности ($P = 0,85$ для элементов, обеспечивающих безопасность движения; $P = 0,95$ для прочих элементов), ограничивающий диапазон рассеивания случайной величины. Границы этого диапазона и будут являться допускаемыми значениями диагностического параметра.

Цель работы: освоить методику определения допустимых значений диагностических параметров.

7.1 Содержание работы

Определить допустимые значения диагностических параметров на основе вероятности распределения диагностического параметра графическим и аналитическим способами.

7.2 Методика выполнения работы

В качестве исходных данных принимаются значения параметров, измеренных у 12 исправных автомобилей (таблица 7.1). Для своего варианта к значению параметра, указанного в таблице 7.1, добавить номер варианта.

Таблица 7.1 – Значения параметров

Номер автомобиля	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Значение параметра	52	74	56	58	60	62	66	66	72	69	80	58

Допустимое значение параметров определим аналитическим и графическим способами.

1 Аналитический способ.

Выбрать исходные данные, для чего приведенные в таблице 6.1 значения параметра увеличить на число варианта, который соответствует номеру фамилии студента в списке группы.

По формулам (4.1)–(4.7) определить количество интервалов и их границы, середины интервалов, количество наблюдений в каждом интервале и частоты их попадания, вероятность появления предельного значения, среднее значение $\bar{S}$, среднеквадратическое отклонение σ .

Результаты расчетов занести в таблицу 7.2.

По выражениям (7.1)–(7.4) определить допустимые значения параметров.

Таблица 7.2 – Результаты расчета

Номер интервала	1	2	...	r
Начало интервала S_j			...	
Конец интервала $S_j \pm \Delta S$			...	
Середина интервала $\bar{S}_j$			...	
Количество попаданий параметров в интервал m_j			...	
Частота попаданий параметров в интервал f_j			...	
Вероятность попадания параметров F_j			...	

2 Графический способ.

По результатам расчетов построить гистограмму и график вероятности F_j .

По значениям заданных вероятностей 0,85 и 0,95 определить допустимые значения параметров, а с учетом условий ограничения (7.1)–(7.4) – границы диапазона допустимых значений параметров.

Сравнить допустимые значения параметров, полученные аналитическим и графическим способами, и сделать заключение.

3 Представить отчет и защитить работу.

Контрольные вопросы

1 Последовательность определения допустимых значений параметров технического состояния аналитическим способом.

2 Последовательность определения допустимых значений параметров графическим способом.

3 Диапазоны изменения параметров технического состояния для рассматриваемых случаев.

8 Применение закона Пуассона в теории массового обслуживания

Существует большой класс производственных систем, которые работают по одинаковому алгоритму: телефонные станции, автозаправочные станции, станции технического обслуживания автомобилей, зоны технического обслуживания, диагностирования или ремонта автомобилей автотранспортных организаций, ремонтные мастерские, билетные кассы и т. д.

Их работа заключается в обслуживании поступающего на него потока требований или заявок. Заявки поступают одна за другой в случайные моменты времени.

Обслуживание поступившей заявки продолжается какое-то тоже заранее неизвестное время, после чего канал освобождается и снова готов для обслуживания следующей заявки. Такие системы называются системами массового обслуживания (СМО).

Каждая СМО, в зависимости от числа каналов и их производительности, обладает какой-то пропускной способностью, позволяющей ей справляться с потоком заявок. Пропускная способность может быть абсолютная – среднее число заявок, которое может обслуживать СМО в единицу времени, и относительная – отношение обслуженных заявок к поступившему числу заявок.

Предметом теории массового обслуживания является установление зависимости между характером потока заявок, производительностью каналов, числом каналов и успешностью (эффективностью) обслуживания.

Характеристиками эффективности обслуживания являются среднее время простоя каналов и системы в целом, среднее время ожидания в очереди, вероятность обслуживания и др.

При ряде упрощений: выполнение условия стационарности (интенсивность поступления заявок постоянна); условия ординарности (при этом вероятность одновременного появления двух и более заявок пренебрежительно мала); ограниченного последствия (заявки не влияют одна на другую); разомкнутая система (заявка обслуживается и покидает систему; беспriorитетного обслуживания; для оценки вероятностно-временных характеристик разработан аналитический аппарат. При его использовании вероятность поступления m заявок и их обслуживания k за время t описывается законом Пуассона (соответственно формулы (8.1) и (8.2)).

$$P_m(t) = \frac{(\lambda t)^m}{m!} e^{-\lambda t}, \quad (8.1)$$

где λ – интенсивность поступления заявок.

$$P_k(t) = \frac{(\mu t)^k}{k!} e^{-\mu t}, \quad (8.2)$$

где μ – интенсивность обслуживания заявок.

Многие СМО имеют ограниченное количество универсальных постов обслуживания и 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 (8.3) и мест ожидания (8.4) используют уравнения Эрланга

$$P_k = \frac{\frac{\alpha^k}{k!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{S=1}^m \left(\frac{\alpha}{n}\right)^S}; \quad 0 \leq k \leq n; \quad (8.3)$$

$$P_{n+S} = \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \left(\frac{\alpha}{n}\right)^S}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{S=1}^m \left(\frac{\alpha}{n}\right)^S}; \quad 1 \leq S \leq m, \quad (8.4)$$

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

$$q = 1 - P_{n+m}. \quad (8.5)$$

Абсолютная пропускная способность

$$A = \lambda \cdot q. \quad (8.6)$$

Относительное время простоя всех каналов определяется как P_0 .

Цель работы: освоить методику определения вероятностных характеристик систем массового обслуживания с ограничением по длине очереди.

8.1 Методика выполнения работы

По номеру своего варианта выбрать число универсальных постов зоны технического обслуживания автомобилей, число мест ожидания (таблица 8.1), интенсивность обслуживания и интенсивность поступления автомобилей (таблица 8.2). В таблице 8.2 N – номер варианта.

Таблица 8.1 – 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 8.2 – Исходные данные по вариантам

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

По выражениям (8.3) и (8.4) рассчитать вероятности всех возможных состояний системы, а также оценить относительное время простоя системы, относительную и абсолютную пропускные способности (см. формулы (8.5) и (8.6)).

Для объективной оценки эффективности работы зоны ТО автомобилей полученных характеристик недостаточно и 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

$$N_{ТО} = A T_{см}.$$

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

$$Q_{ТО} = D_{ТО} N_{ТО}.$$

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

$$T_{np} = T_{cm} P_0 n;$$

$$Q_{np} = -T_{np} Z_{np},$$

где Z_{np} – затраты на содержание одного невостребованного поста в течение одного часа (принимаются 4...6 о. е.).

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

$$Q_{отк} = -N_{отк} D_{ТО};$$

$$N_{отк} = N_0 P_{отк}.$$

Тогда суммарный доход

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

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.

8.2 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?
- 4 Какие СМО называются простейшими?

Список литературы

- 1 **Савич, Е. Л.** Техническая эксплуатация автомобилей: учеб. пособие: в 3 ч. Ч. 1: Теоретические основы технической эксплуатации / Е. Л. Савич, А. С. Сай. – Мн. : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2015. – 427 с.
- 2 **Савич, Е. Л.** Техническая эксплуатация автомобилей: учеб. пособие: в 3 ч. Ч. 2: Методы и средства диагностики и техническое обслуживание автомобилей / Е. Л. Савич. – Мн. : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2015. – 364 с.
- 3 **Савич, Е. Л.** Техническая эксплуатация автомобилей: учеб. пособие: в 3 ч. Ч. 3: Ремонт, организация, планирование и управление / Е. Л. Савич. – Мн. : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2015. – 632 с.
- 4 **Мороз, С. М.** Методы обеспечения работоспособного технического состояния автотранспортных средств : учеб. пособие / С. М. Мороз. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2021. – 240 с.
- 5 **Мороз, С. М.** Методология исследований в технической эксплуатации автомобилей : учебник / С. М. Мороз. – М. : Юрайт, 2021. – 186 с.
- 6 **Долгушин, А. А.** Практикум по технической эксплуатации автомобилей: учеб. пособие / А. А. Долгушин ; под ред. А. А. Долгушина. – Новосибирск: Новосиб. аграр. ун-т, 2018. – 424 с.
- 7 **Коваленко, Н. А.** Техническая эксплуатация автомобилей: учеб. пособие / Н. А. Коваленко, В. П. Лобах, Н. В. Вепринцев. – Мн. : Новое знание, 2008. – 352 с.
- 8 **Коваленко, Н. А.** Основы научных исследований в сфере автомобильного транспорта: учеб. пособие / Н. А. Коваленко. – Могилев : Бел.-Рос. ун-т, 2025. – 219 с.
- 9 Транспорт дорожный. Требование к техническому состоянию по условию безопасности движения. Методы проверки: СТБ 1641–2019. – Мн. : Изд-во стандартов, 2019. – 50 с.
- 10 Технический кодекс установившейся практики. Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения: ТКП 248–2010. – Мн. : М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 2010. – 42 с.
- 11 Технический кодекс установившейся практики. Обслуживание транспортных средств. Порядок проведения: ТКП 132–2009. – Мн. : М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 2009. – 19 с.