

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 2



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»
«28» мая 2026 г., протокол № 9

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

Рецензент ст. преподаватель Ю. С. Романович

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 2

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 Разработка структурно-следственной модели объекта.....	5
2 Разработка диагностической модели автомобильного агрегата, системы, узла.....	8
3 Разработка алгоритмов поиска места отказа.....	14
4 Нормирование операций ТО и ремонта методом микроэлементных нормативов.....	19
5 Реализуемые показатели качества автомобилей и парков.....	26
6 Расчет показателей возрастной структуры парка при дискретном и случайном списании.....	30
7 Планирование и организация ТО и ремонта автомобилей.....	36
8 Влияние ИТС АТО на количественную оценку автомобилей и парка.....	39
Список литературы.....	47

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 Разработка структурно-следственной модели объекта диагностирования

Эффективность работы автомобиля определяется его производительностью и себестоимостью перевозок, которые в значительной степени зависят от его технического состояния.

Своевременное проведение оценки технического состояния с помощью диагностических средств позволяет предотвратить отказы, уменьшить затраты на поддержание автомобиля в исправном состоянии.

Автомобиль (агрегат, механизм) представляет упорядоченную структуру элементов, которые определенным образом взаимодействуют между собой. Это взаимодействие может быть выражено (и измерено) физическими величинами (линейными, электрическими, и т. п.), называемыми структурными параметрами или параметрами технического состояния. Совокупность отклонений от номинальных (или предельных) значений параметров технического состояния (структурных параметров) определяет исправность объекта.

Иногда измерить структурный параметр достаточно сложно или невозможно. В этом случае используют косвенный параметр, который имеет достаточно информации о техническом состоянии объекта. Прямой или косвенный параметр, позволяющий оценить техническое состояние объекта, называется диагностическим. В диагностике имеют место следующие понятия:

- диагноз – заключение о техническом состоянии объекта;
- диагностирование – процесс постановки диагноза (определения технического состояния);
- система – упорядоченная совокупность совместно действующих объектов, предназначенных для выполнения заданных функций;
- элемент – объект (часть системы), входящий в систему и выполняющий в ней заданные функции;
- параметр – качественная мера, характеризующая свойства системы, объекта, явления или процесса;
- значение параметра – количественная мера параметра;
- исправное состояние – состояние системы, при котором все параметры находятся в допустимых пределах изменения;
- неисправное состояние – состояние системы, при котором хотя бы один из основных параметров находится в недопустимых пределах изменения;
- работоспособное состояние – состояние системы, при котором ее основные параметры находятся в допустимых пределах;
- структура системы – определенная взаимосвязь, взаиморасположение составных частей (элементов), характеризующая конструкцию системы.

Для оценки технического состояния объектов используют следующие методы: определение параметров эффективности; тепловой; виброакустический; специальные; стробоскопический.

Средства диагностирования представляют технические устройства, позволяющие измерить диагностические параметры.

Структурно-следственная модель представляет логическое описание объекта диагностирования и включает несколько уровней информации:

- 1) наименование объекта;
- 2) структура объекта;
- 3) структурные параметры;
- 4) неисправности (отклонение параметров от допустимых);
- 5) рабочие или сопутствующие процессы, соответствующие структурным параметрам;
- 6) диагностические параметры.

В качестве примера на рисунке 1.1 приведена модель (схема) масляного насоса двигателя.



Рисунок 1.1 – Структурно-следственная модель масляного насоса (фрагмент)

Из рассмотренной модели следует, что в качестве диагностических параметров можно использовать давление масла и производительность насоса.

Пользуясь такой моделью, можно выбрать оптимальные диагностические параметры, методы и средства диагностирования насоса.

Цель работы: изучить методику составления структурно-следственной модели системы диагностирования.

1.1 Содержание работы

Разработать структурно-следственную модель объекта диагностирования (системы, агрегата, узла) автомобиля и определить диагностические параметры для него, предложить метод и разработать принципиальную схему средства диагностирования.

1.2 Методика выполнения работы

1.2.1 Выбрать вариант задания из таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Объект разработки		
	КамАЗ-5320	ВАЗ-2110	МАЗ-5335
1, 2, 3	Система охлаждения (СО)		
4, 5, 6	Система смазывания (ССм)		
7, 8, 9	Газораспределительный механизм (ГРМ)		
10, 11, 12	Система питания (СП)		
13, 14, 15	Рабочая тормозная система (РТС)		
16, 17, 18	Сцепление (Сц)		
19, 20, 21	Рулевое управление (РУ)		
22, 23, 24	Главная передача (ГП)		
25, 26, 27	Коробка передач (КП)		
Примечание – Столбцы вариантов соответствуют автомобилям КамАЗ, ВАЗ и МАЗ			

1.2.2 Разработать структурно-следственную модель выбранного объекта диагностирования по форме, представленной на рисунке 1.1.

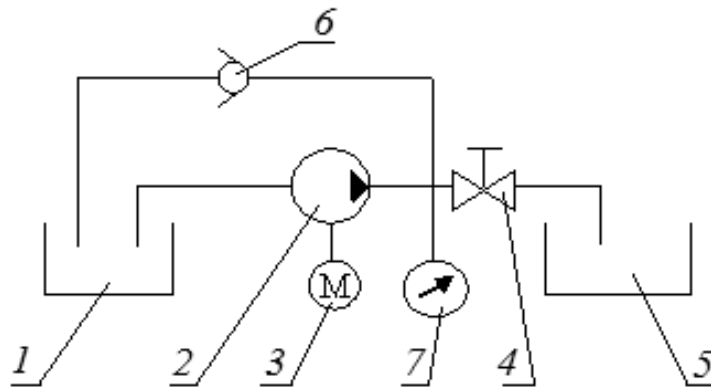
1.2.3 Заполнить таблицу 1.2 (форма).

1.3.4 Разработать принципиальную схему установки для диагностирования одного из элементов (рисунок 1.2, пример).

Таблица 1.2 – Диагностические параметры, методы и средства диагностирования масляного насоса (форма)

Элемент системы	Диагностический параметр, его значение	Метод диагностирования	Средство диагностирования
1 Масляный насос (шестерня-корпус)	Давление масла – 0,4 МПа; производительность насоса – 5 л/мин при $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ и $p = 0,4 \text{ МПа}$	По рабочим параметрам	Установка для определения давления и производительности насоса
2 Редукционный клапан	...	...	...
3 ...	...	...	...

1.2.5 Оформить работу согласно пп. 1.2.2–1.2.4 и защитить ее.



1 – бак; 2 – насос; 3 – электродвигатель; 4 – кран; 5 – мерный бак; 6 – обратный клапан; 7 – манометр

Рисунок 1.2 – Схема установки для диагностирования масляного насоса

1.3 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать структурно-следственную модель агрегата или системы, таблицу с рекомендуемыми диагностическими параметрами и схему установки для их измерения.

Контрольные вопросы

- 1 Что представляет собой структурно-следственная модель?
- 2 Для чего необходима такая модель?
- 3 Какие диагностические параметры используются для определения технического состояния элемента (см. п. 1.3.4) и их значения?

2 Разработка диагностической модели автомобильного агрегата, системы, узла

При разработке диагностической модели объекта диагностирования (ОД) он рассматривается как преобразователь одних величин Y , которые вводятся в объект, в другие величины R , которые являются реакциями объекта [8]. Таким образом, работу объекта диагностирования можно представить в следующем виде:

$$R = AY, \quad (2.1)$$

где R , Y – векторы выходных и входных величин соответственно;
 A – оператор объекта диагностирования.

Если объект имеет конечное количество состояний K , то модель должна обеспечивать изменение выходного сигнала при неизменном входном сигнале в зависимости от i -го состояния. На объект диагностирования можно воздействовать разными тестовыми проверками Π_j , что будет приводить к изменению реакции. Поэтому в общем виде следует записать

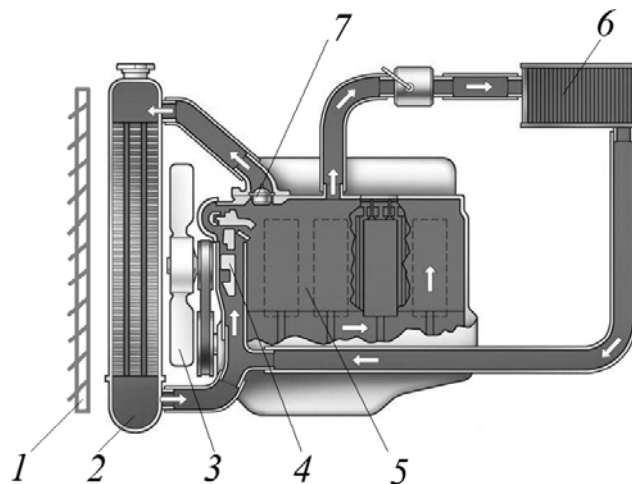
$$R_j^{(i)} = A_j^{(i)} \Pi_j, \quad (2.2)$$

где $A_j^{(i)}$ – оператор объекта диагностирования или его элемента при проведении Π_j -й проверки и i -м отказе.

Если такое уравнение будет задано для всей совокупности проверок и отказов, то это будет явная диагностическая модель объекта. Наиболее простой формой представления модели выступает таблица состояний. Она строится следующим образом. Каждому отказу соответствует состояние S_i . Поэтому столбцы соответствуют состояниям, а строки Π_j – элементарным проверкам. В клетки таблицы (i, j) заносится результат $R_j^{(i)}$. В первом столбце S_0 записываются реакции объекта контроля на проверки при его исправном состоянии.

Если значения входа и выхода обозначить двойными логическими переменными, то они будут принимать значения «1», когда они допустимы, и «0» – когда не допустимы. Значения $R_j^{(i)}$ в таблице состояний будут принимать значения «0» или «1» в зависимости от состояния объекта.

Построение таблицы состояний происходит в несколько этапов. Первоначально рассматривается и анализируется функциональная схема объекта диагностирования. Для этого необходимо представить схему объекта диагностирования (ОД), например систему охлаждения автомобиля заданной модели (рисунок 2.1). Описать его работу, назначение и, если нужно, устройство составляющих его элементов.



1 – жалюзи; 2 – радиатор; 3 – вентилятор; 4 – насос системы охлаждения; 5 – рубашка системы охлаждения; 6 – отопитель кабины; 7 – термостат

Рисунок 2.1 – Функциональная схема системы охлаждения

Здесь же нужно принять решение о необходимости включения в создаваемую логическую модель каждого из элементов функциональной схемы. Если элемент не влияет на работу схемы, то его можно исключить из дальнейшего рассмотрения. Для представленной системы охлаждения можно из дальнейшего рассмотрения исключить жалюзи и вентилятор, поскольку их техническое состояние определяется простым визуальным осмотром, не требует длительного времени и специализированного оборудования.

С учетом функциональной схемы рассматриваемого объекта определяются параметры, которые обеспечивают проверку вида технического состояния и выявление, в случае необходимости, места отказа. Эти параметры должны измеряться с помощью серийно выпускаемого оборудования или приборов и иметь хорошие характеристики по однозначности, чувствительности, информативности и стабильности. Для алгоритма поиска места отказа целесообразно использовать один-два параметра, которые бы обеспечивали оценку работоспособности всех входящих в рассматриваемый объект элементов. Например, для пневмопривода тормозной системы наилучшим будет являться давление на выходе из всех приборов, для системы охлаждения – температура и т. д.

Здесь же необходимо дать описание этих параметров с указанием символа обозначения, единицы измерения и диапазона изменения. Результаты можно представить в табличной форме. Далее нужно привести несколько моделей серийно выпускаемого оборудования, дать их краткое описание с указанием функциональных возможностей и основные технические характеристики. Сопоставив их возможности, определить, какой из стендов или приборов наиболее пригоден для диагностирования рассматриваемого объекта контроля с учетом выбранных диагностических параметров.

Далее строится структурная схема по следующим правилам (рисунок 2.2):

- если какой-либо входной (выходной) сигнал блока характеризуется несколькими параметрами, то каждый из этих параметров обозначается отдельным входом (выходом);
- все блоки обозначаются P_i , входы – Z_i , выходы – X_i ;
- если выход какого-либо блока, являющийся входом в другой блок, расщепляется на несколько выходов, то вход также расщепляется на такое же количество входов.

Если система имеет внешний вход, то ему присваивается значение X_0 , равное единице.

Логическая модель получается на основе структурной (рисунок 2.3). При этом необходимо соблюдать следующие формальные правила:

- блоки P_i заменяются на Q_i ;
- если блок P_i имеет несколько выходов, то он заменяется таким же количеством блоков, каждый из которых имеет один выход и существенные для него входы;
- выходы и входы i -х блоков представляются как X_i .

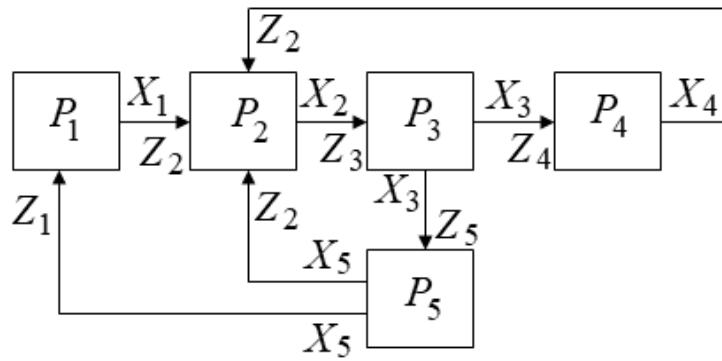


Рисунок 2.2 – Структурная схема системы охлаждения

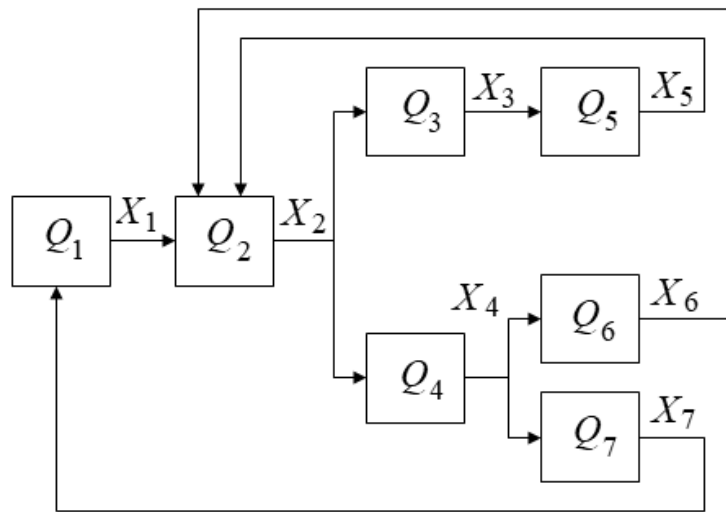


Рисунок 2.3 – Логическая модель системы охлаждения

После построения логической модели объекта контроля необходимо для каждого ее блока записать уравнения типа (2.2), но так как они записываются для логической (а не для функциональной) схемы, то их представляют в следующем виде:

$$X_i = Q_i F_i, \quad (2.3)$$

где Q_i – оператор i -го логического объекта (принимает значение «0», если блок неработоспособен, и «1», если блок работоспособен);

F_i – функция условий работы i -го блока (тоже принимает значение «0» или «1»).

Функция условий работы F_i по своей сути есть произведение значений входов в блок Q_i .

Для системы охлаждения уравнение (2.3) запишется как

$$X_1 = Q_1 X_7; \quad X_2 = Q_2 X_5 X_6; \quad X_3 = Q_3 X_2; \quad X_4 = Q_4 X_2; \quad X_5 = Q_5 X_3; \quad X_6 = Q_6 X_4; \quad X_7 = Q_7 X_4. \quad (2.4)$$

Таблица состояний заполняется на основе уравнений (2.4). Их число должно равняться количеству блоков логической модели. Число строк принимается

равным числу выходов блоков модели. Число столбцов принимается равным числу блоков логической модели плюс один, учитывающий исправное состояние.

Заполнение таблицы осуществляется по столбцам. Первый столбец S_0 , соответствующий исправному состоянию, заполняется по уравнениям (2.3) из условия, что все блоки исправны ($Q_i = 1$) и все входы допустимы ($X_i = 1$) для $i = 1, n$. Второй столбец S_1 заполняется по уравнениям (2.3) при условии, что блок Q_1 неисправен, т. е. $Q_1 = 0$, а все остальные – исправны (т. е. $Q_i = 1$ для всех $i = 2, n$). Аналогично заполняются третий и последующие столбцы (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Таблица состояний для системы охлаждения

	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
$П_1$	1	0	1	1	1	1	1	1
$П_2$	1	0	0	1	1	1	1	1
$П_3$	1	0	0	0	1	1	1	1
$П_4$	1	0	0	1	0	1	1	1
$П_5$	1	0	0	0	1	0	1	1
$П_6$	1	0	0	1	0	1	0	1
$П_7$	1	0	0	1	0	1	1	0

Для разработки алгоритма оценки вида технического состояния объекта контроля (работоспособное или неработоспособное) необходимо определить минимальную проверяющую совокупность точек контроля. Она равна наименьшему числу строк таблицы состояний, содержащих нулевые значения выходов для всех возможных состояний $S_1, S_2, \dots, S_n$. И тогда, после проведения проверок, если хотя бы одна из них даст значение «0» (диагностический параметр будет иметь «плохое» значение), то система имеет неисправность. Если все проверки дадут значение «1», то это может быть лишь в случае S_0 , когда система работоспособна. Для рассматриваемого примера это проверки $П_5, П_6, П_7$.

Выявив проверки, нужно вернуться через логическую и структурную модели к функциональной схеме и указать, на выходе каких элементов необходимо измерять выбранные диагностические параметры. Для рассматриваемого примера это проверка температуры охлаждающей жидкости на выходе из отопителя кабины автомобиля и из термостата: на малый и большой круг.

Цель работы: изучить методику разработки диагностических моделей системы, агрегата, узла автомобиля.

2.1 Содержание работы

Разработать диагностическую модель объекта диагностирования (системы, агрегата, узла) автомобиля и определить минимальную проверяющую совокупность точек контроля.

2.2 Методика выполнения работы

Выбрать вариант задания из таблицы 2.2.

Таблица 2.2 – Варианты заданий

Номер варианта	Объект разработки							
	ВАЗ- 2110	ГАЗ- 2410	Лада Веста	УАЗ- 2206	ГАЗ- 3221	ПАЗ- 3205	ГАЗ- 3307	ЗИЛ- 4331
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Система охлаждения							
9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	Система смазывания							
17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24	Система зажигания							
25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32	Система питания							
33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40	Рабочая тормозная система							
Примечание – Столбцы вариантов соответствуют моделям автомобилей								

На основании данных Internet рассмотреть функциональную схему для своего варианта, провести ее анализ и выбрать минимальный перечень диагностических параметров, которые будут использоваться для оценки технического состояния всех элементов функциональной схемы.

На основе функциональной схемы разработать структурную и логические схемы объекта диагностирования.

Для каждого блока логической схемы записать уравнения типа (2.3).

На их основе заполнить таблицу состояний (образец – таблица 2.1) осуществляется по столбцам. Первый столбец S_0 , соответствующий исправному состоянию, заполняется с учетом условия, что все блоки исправны ($Q_i = 1$) и все входы допустимы ($X_i = 1$) для $i = 1, n$. Остальные столбцы S_i заполняются по уравнениям (2.3) при условии, что блок Q_i неисправен, т. е. $Q_i = 0$, а все остальные – исправны.

По таблице состояний определить минимальную проверяющую совокупность точек контроля. Она равна наименьшему числу строк таблицы состояний, содержащих нулевые значения выходов для всех возможных состояний.

Последовательно переходя к логической, затем структурной схемам, определить элементы функциональной схемы, которые необходимо диагностировать при определении вида технического состояния: работоспособное или неработоспособное.

2.3 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать функциональную схему агрегата или системы, структурную и логическую схемы объекта диагностирования, таблицу состояний, минимальную проверяющую совокупность точек контроля, рекомендуемые для этих проверок элементы функциональной схемы и используемые диагностические параметры.

Контрольные вопросы

- 1 Что представляет собой диагностическая модель?
- 2 Назовите правила построения структурной и логической моделей.
- 3 Как заполняется таблица состояний?
- 4 Как определяется минимальная проверяющая совокупность точек контроля?

3 Разработка алгоритмов поиска места отказа

Для разработки оптимального (с позиций затрат времени и ресурсов) алгоритма поиска отказов используются различные методы, но основное распространение получили безусловный метод и метод теории информации.

При использовании первого метода предполагается, что все элементы контролируемого объекта проверяются по одному в определенной, заранее заданной последовательности. Если проверяемый элемент оказывается исправным, то проверка продолжается, если неисправным, то поиск прекращается. Предполагается, что в ОД вышел из строя только один элемент.

Например, ОД состоит из n элементов, один из которых имеет отказ. Условные вероятности отказов P_i ; $\sum_{i=1}^n P_i = 1$.

Время выполнения P_i -й проверки – t_i .

Для произвольного алгоритма диагностирования Π_1 , составленного, например, в соответствии с нумерацией элементов, математическое ожидание времени поиска отказа

$$\bar{T}_1 = P_1 t_1 + P_2 (t_1 + t_2) + P_3 (t_1 + t_2 + t_3) + \dots + P_n (t_1 + \dots + t_n).$$

Если переменить порядок, например первую и вторую элементарные проверки поменять местами, то математическое ожидание времени поиска при алгоритме Π_2

$$\bar{T}_2 = P_2 t_2 + P_1 (t_1 + t_2) + P_3 (t_1 + t_2 + t_3) + \dots + P_n (t_1 + \dots + t_n).$$

Разность математических ожиданий для двух алгоритмов

$$\bar{T}_1 - \bar{T}_2 = P_2 t_1 - P_1 t_2.$$

Отсюда видно, что алгоритм Π_2 эффективнее Π_1 , если $\bar{T}_1 - \bar{T}_2 > 0$.

Таким образом,

$$P_2 t_1 - P_1 t_2 > 0 \quad \text{и} \quad \frac{P_2}{t_2} > \frac{P_1}{t_1}, \quad (3.1)$$

т. е. первоочередно должна проводиться проверка, у которой отношение P_i к t_i наибольшее.

Например, ОД состоит из пяти элементов. Вероятности отказов их $P_1 = 0,1$, $P_2 = 0,3$, $P_3 = 0,1$, $P_4 = 0,3$, $P_5 = 0,2$. Время на Π_i элементарные проверки (мин) $t_1 = 10$, $t_2 = 6$, $t_3 = 5$, $t_4 = 10$, $t_5 = 5$.

Определяются отношения

$$\frac{P_1}{t_1} = \frac{0,1}{10} = 0,01; \quad \frac{P_2}{t_2} = \frac{0,3}{6} = 0,05; \quad \frac{P_3}{t_3} = \frac{0,1}{5} = 0,02; \quad \frac{P_4}{t_4} = \frac{0,3}{10} = 0,03; \quad \frac{P_5}{t_5} = \frac{0,2}{5} = 0,04.$$

Тогда оптимальный алгоритм будет иметь вид $\Pi_2, \Pi_5, \Pi_4, \Pi_3, \Pi_1$.

Для составления алгоритма поиска отказа, близкого к оптимальному, используют методы теории информации.

Каждая проверка содержит некоторое количество информации о состоянии системы:

$$I_{\Pi j} = H(S) - H(S/\Pi_j),$$

где $H(S)$ – полная неопределенность техсостояния системы;

$H(S/\Pi_j)$ – оставшаяся неопределенность состояния системы после выполнения элементарной проверки.

Поиск отказа начинается с проверки, несущей наибольшее количество информации. Наибольшую информацию имеет проверка, проверяющая m элементов с суммарной вероятностью различаемых отказов, равной 0,5. После проведения проверки, при которой контролируется m блоков системы, могут быть два случая:

- 1) отказ фиксируется. Тогда он содержится в каком-нибудь из элементов $i = 1, m$ (в таблице 2.8 в строке Π_j -й проверки – нули);
- 2) отказ не фиксируется. Тогда он не содержится в элементах $i = 1, m$ (в таблице 2.8 в строке Π_j -й проверки – единицы).

Далее рассматриваются две таблицы: первая включает в себя столбцы, в которых были нули при проведении первой проверки и все проверки (строки), за исключением проведенной; вторая включает столбцы, в которых были единицы и все строки (проверки), за исключением проведенной. По каждой из таблиц выбирается проверка по тем же правилам. Суммарная вероятность выявляемых отказов должна быть наиболее близка к 0,5. Они, в свою очередь, тоже будут разбивать уже эти столбцы на два подмножества (где в строках нули и где единицы) и т. д. Процедура повторяется до отыскания отказов всех элементов объекта диагностирования.

Вероятности состояний $S_1, S_2, \dots, S_n$ получают в результате подконтрольной эксплуатации автомобилей.

Рассмотрим данную методику при поиске места отказа применительно к системе охлаждения двигателя. Имеющуюся таблицу состояний (см. таб-

лицу 2.1) трансформируют, исключив из нее столбец S_0 , т. к. отказ зафиксирован. Вероятности состояний соответствуют значениям, указанным в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Вероятности состояний системы охлаждения двигателя

Состояние	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
Вероятность состояния	0,25	0,20	0,10	0,15	0,14	0,08	0,08

Наиболее информативной является третья проверка (рисунок 3.1). Поэтому алгоритм поиска места отказа для любого автомобиля будет начинаться с нее.

Она разбивает таблицу состояний на две таблицы в зависимости от того, фиксируется после ее проведения отказ или нет. Если отказ фиксируется (значение диагностического параметра «плохое», т. е. $R = 0$), то это отказ первого, второго или третьего элемента (в ячейках таблицы, характеризующих состояния S_1 , S_2 и S_3 , стоят нули). Если отказ не фиксируется (значение диагностического параметра «хорошее», т. е. $R = 1$, но отказ все же есть, просто третья проверка его не выявляет), то это отказ четвертого, пятого, шестого или седьмого элемента (в ячейках таблицы, характеризующих состояния S_4 , S_5 , S_6 и S_7 , стоят единицы). Поэтому в левой таблице по столбцам учтены состояния S_1 , S_2 и S_3 , а по строкам представлены все проверки, за исключением проведенной. В правой таблице по столбцам учтены состояния S_4 , S_5 , S_6 , S_7 , а по строкам – те же проверки, что и в левой таблице. В ячейки вновь полученных таблиц заносят значения выходов, взятые из исходной таблицы.

Процедура повторяется для каждой из таблиц по тем же правилам до момента, пока не выявятся все возможные состояния. Например, для левой таблицы после проведения $П_2$ -й проверки, если отказ не фиксируется ($R = 1$), то это может быть только в одном случае – при отказе третьего элемента (состояние S_3). Общая процедура разбиения показана на рисунке 3.1.

Следует отметить, что если во вновь полученных таблицах имеются проверки (строки), у которых только одни нули или единицы, то их можно отбросить, поскольку для них невозможно сформулировать такие вопросы, ответы на которые давались бы в виде «да» или «нет» с некоторыми вероятностями. Так, для правой таблицы, полученной из исходной, невозможно для первой и второй проверок сформулировать вопрос, ответом на который были бы ответы типа «да» или «нет». Какой бы вопрос мы не сформулировали, ответом со стопроцентной вероятностью будет либо «да», либо «нет» (например, на вопрос: фиксирует ли первая проверка отказы четвертого, пятого, шестого и седьмого элементов, существует только один ответ – «нет»). Поэтому нижние таблицы дерева поиска отказов представлены уже с учетом исключения неинформационных проверок.

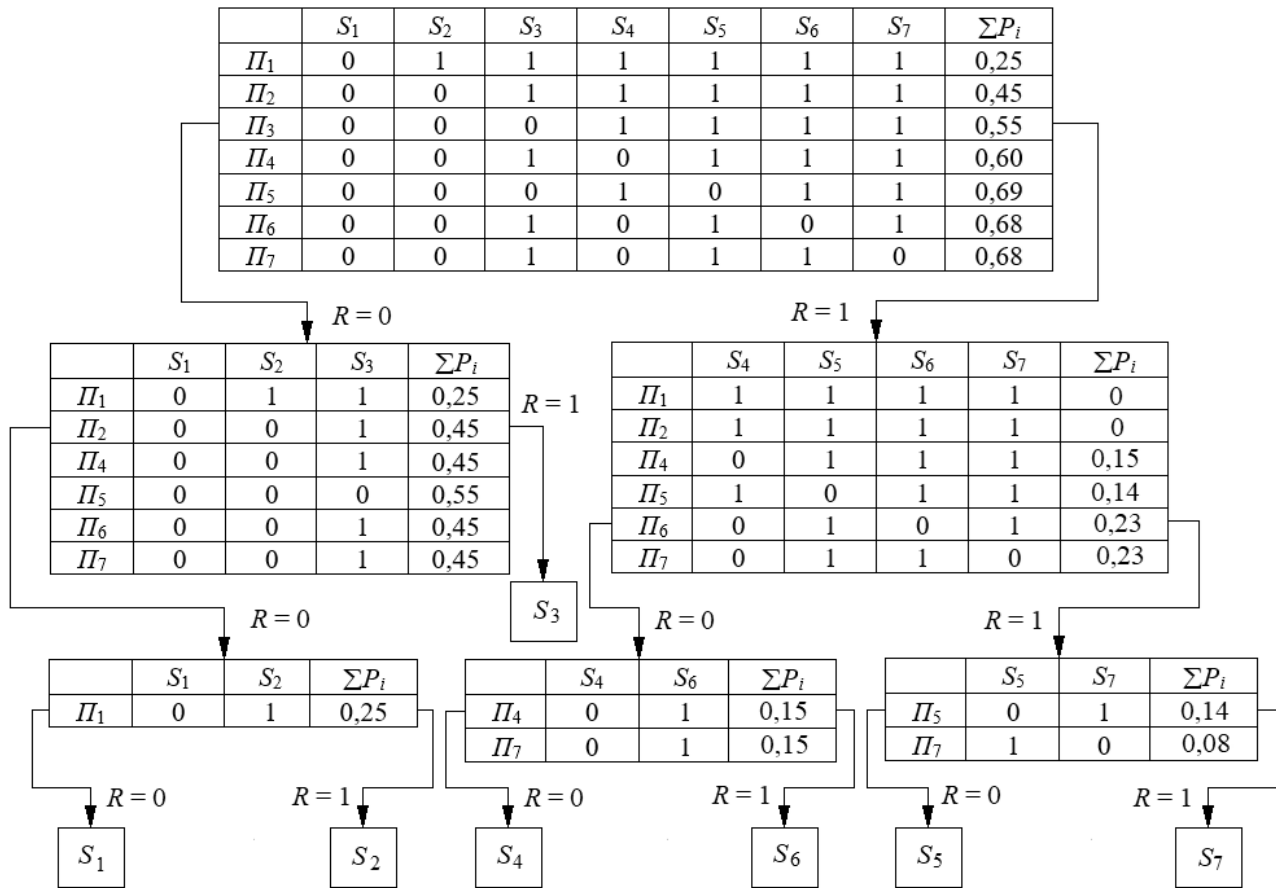


Рисунок 3.1 – Дерево поиска отказа системы охлаждения

На основании дерева поиска отказов строится алгоритм поиска отказов (рисунок 3.2). Как видно, для распознавания любого состояния системы необходимо провести не более трех проверок.

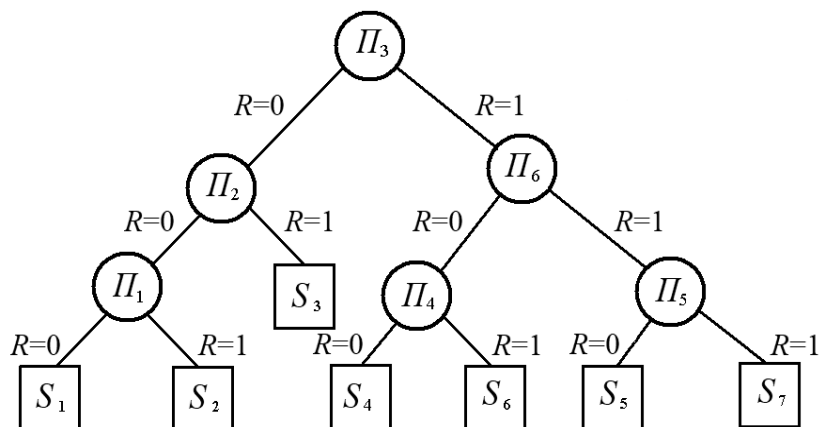


Рисунок 3.2 – Условный алгоритм поиска места отказа в системе охлаждения

Переходя от таблицы состояний к логической схеме, а затем к структурной и функциональной, можно на основе этого алгоритма разработать оптимальный технологический процесс поиска места отказа в системе охлаждения двигателя

рассматриваемого автомобиля. Для этого необходимо только помнить, что при первой проверке, например, измеряется диагностический параметр на выходе первого элемента логической схемы, при второй проверке – у второго и т. д.

Цель работы: изучить методики разработки алгоритмов поиска отказов безусловным методом и методом теории информации.

3.1 Содержание работы

Разработать алгоритм поиска отказа безусловным методом, дерево поиска и условный алгоритм поиска отказа объекта диагностирования (системы, агрегата, узла) автомобиля.

3.2 Методика выполнения работы

3.2.1 Представить в отчете структурную модель системы, агрегата, узла для своего варианта из предыдущей работы.

3.2.2 Определить вероятности отказов всех входящих в структурную схему элементов. Для наиболее ответственных элементов, таких как тормозной кран, компрессор, регулятор давления, тормозные камеры, главный и рабочие тормозные цилиндры (для тормозных систем); радиатор, водяной насос, термостат (для систем охлаждения); бензонасос, фильтры, подкачивающий насос и насос высокого давления (для систем питания); аккумулятор, катушка зажигания, прерыватель-распределитель (для систем зажигания), принимаются из диапазона 0,1–0,25. Каждая форсунка и свеча зажигания – 0,05...0,1. Вероятности остальных состояний принимаются одинаковыми:

$$P_j = \frac{1 - \sum_k P_{отк}}{k}, \quad (3.2)$$

где $\sum P_{отк}$ – сумма вероятностей отказов основных элементов;

k – количество оставшихся элементов.

3.2.3 Определить время на проверку всех входящих в структурную схему элементов. Для тормозного крана, компрессора, регулятора давления, тормозной камеры, главного и рабочих тормозных цилиндров (для тормозных систем) время каждой проверки выбрать самостоятельно из диапазона 10...20 мин. Для радиатора, жидкостного насоса, термостата (для систем охлаждения) – 5...15 мин. Для бензонасоса, фильтра, подкачивающего насоса, насоса высокого давления (для систем питания) – 10...30 мин. Для аккумулятора, катушки зажигания, прерывателя-распределителя (для систем зажигания) принимаются из диапазона 5...10 мин. Каждая форсунка и свеча зажигания – 2...5 мин. Время проверки остальных элементов структурной схемы принимаются из диапазона 10...20 мин.

3.2.4 По формуле (3.1) определить отношения P_i к t_i для всех структурных блоков и построить безусловный алгоритм поиска отказов для рассматриваемого объекта диагностирования.

3.2.5 Представить в отчете таблицу состояний для объекта диагностирования по своему варианту из предыдущей работы.

3.2.6 Определить вероятности состояний $S_1, S_2, \dots, S_n$ для всех блоков логической диагностической модели. Для таких элементов, как тормозной кран, компрессор, регулятор давления, тормозные камеры, главный и рабочие тормозные цилиндры (для тормозных систем); радиатор, водяной насос, термостат (для систем охлаждения); бензонасос, фильтры, подкачивающий насос и насос высокого давления (для систем питания); аккумулятор, катушка зажигания, прерыватель-распределитель (для систем зажигания), принимаются из диапазона $0,1 \dots 0,25$. Каждая форсунка и свеча зажигания – $0,05 \dots 0,1$. Вероятности остальных состояний принимаются одинаковыми и рассчитываются по формуле (3.2).

3.2.7 По изложенной выше методике построить дерево поиска отказа и условный алгоритм поиска отказа для объекта диагностирования по своему варианту.

3.3 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать структурную схему объекта диагностирования, безусловный алгоритм поиска отказа, таблицу состояний, дерево поиска отказа и условный алгоритм поиска отказа для ОД.

Контрольные вопросы

- 1 Поясните методику создания безусловного алгоритма поиска отказа.
- 2 Какие исходные данные используются при создании безусловного алгоритма?
- 3 Поясните методику создания условного алгоритма поиска отказа.
- 4 Какие проверки являются наиболее информативными?
- 5 Как строится дерево поиска отказов?

4 Нормирование операций ТО и ремонта методом микроэлементных нормативов

Для правильной организации процессов ТО и ремонта необходимо нормировать трудоемкости их операций. Наибольшее распространение получили методы фотохронометража и микроэлементных нормативов.

При использовании метода микроэлементных нормативов все операции диагностирования, ТО или ремонта представляются в виде простейших движе-

ний исполнителя или микроэлементов работы (таблица 4.3) (нагибание корпуса, поворот корпуса, ходьба, движение руки, чисто зрительная работа и др.).

По характеристике этих движений и их шифру (см. таблицу 4.3) находится горизонтальная строка, по которой можно определить трудоемкость в относительных единицах в зависимости от повторяемости (многократности), темпа усилий (относительно напряжения) и удобства выполнения исследуемых элементарных движений в соответствии с их характеристикой удобства. Характеристики удобства выполнения операций указаны в таблице 4.4.

На основе оценки всех характеристик исследуемых движений определяется вертикальная строка в таблице 4.3, на пересечении которой с горизонтальной строкой и будет получено численное значение трудоемкости в относительных единицах. Для определения суммарной длительности выполнения элемента операции в относительных величинах T_o следует полученное значение трудоемкости умножить на количество движения при этом. Например, при отворачивании или заворачивании гайки необходимо выполнить не менее десяти приблизительно контролируемых незначительных движений руки или кисти (менее 0,1 м). При переходе к абсолютным значениям используется формула

$$T_n = \frac{K_p T_o}{100}, \quad (4.1)$$

где K_p – коэффициент корректировки, учитывающий подготовительно-заключительное время, $K_p = 1,5$.

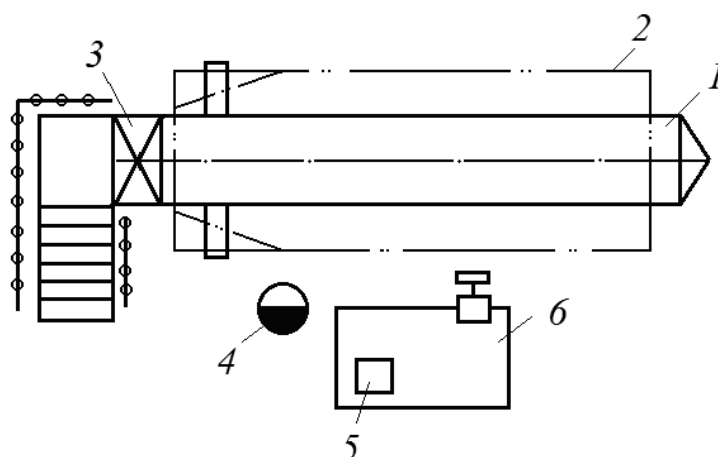
Цель работы: изучить методику нормирования операций ТО и ремонта автомобилей.

4.1 Содержание работы

Для своего варианта произвести нормирование операций ТО или ремонта методом микроэлементных нормативов.

4.2 Методика выполнения работы

По своему варианту из таблицы 4.1 выбрать операцию диагностирования, ТО или ремонта и определить для нее нормативную трудоемкость T_n методом микроэлементных нормативов. Для этого операцию нужно представить в виде простейших движений исполнителя (микроэлементов работы). В начале работы исполнитель располагается возле дверцы водителя (рисунок 4.1); рядом с ним располагается слесарный верстак с расположенными на нем необходимыми приборами и инструментом. Автомобиль стоит на канавном посту.



1 – осмотровая канава; 2 – автомобиль; 3 – переходной мостик; 4 – исполнитель; 5 – прибор, инструмент; 6 – слесарный верстак

Рисунок 4.1 – Схема расположения автомобиля и исполнителя при использовании канавного поста

Все расчеты сводятся в таблицу (см. образец – таблицу 4.2). Учесть, что при работе с элементами трансмиссии и ходовой части необходимо спуститься в осмотровую канаву, а по элементам двигателя – открыть капот автомобиля, при выполнении проверок на работающем двигателе – запустить его и т. п. Допускается самостоятельно выбрать модель автомобиля, по которому будет выполняться соответствующая операция.

После окончания работ слесарь должен вернуться в исходное положение, предварительно закрыв капот, выключив двигатель и т. п.

Таблица 4.1 – Варианты исходных данных

Номер варианта	Наименование работы
1	2
1	Проверить правильность и целостность опломбирования спидометра
2	Проверить действие приборов освещения и световой сигнализации
3	Проверить действие звукового сигнала и стеклоочистителей ветрового стекла
4	Проверить действие системы отопления салона и обогрева стекол
5	Проверить люфт рулевого колеса
6	Проверить наличие люфтов в наконечниках тяг рулевого управления
7	Проверить состояние ограничителей поворота управляемых колес
8	Проверить состояние и натяжение приводных ремней
9	Проверить и довести до нормы уровень масла в картере двигателя
10	Проверить и довести до нормы уровень масла в картере коробки передач
11	Проверить и довести до нормы уровень жидкости в гидроприводе тормозов
12	Проверить действие оттяжной пружины и свободный ход педали сцепления
13	Проверить крепление коробки передач и ее внешних деталей
14	Проверить люфт в шарнирных и шлицевых соединениях карданной передачи
15	Проверить крепление фланцев карданных валов
16	Проверить люфт подшипников ступиц колес

Окончание таблицы 4.1

1	2
17	Проверить крепление картера редуктора ведущего моста
18	Проверить крепление стремянок и пальцев рессор
19	Проверить крепление колес
20	Проверить состояние и давление воздуха в шинах
21	Проверить состояние и действие замков, петель и ручек дверей кабины
22	Проверить содержание СО и СН в отработавших газах двигателя
23	Проверить дымность отработавших газов дизельного двигателя
24	Проверить уровень электролита в аккумуляторной батарее
25	Проверить крепление вентилятора, водяного насоса и крышки распределительных шестерен
26	Проверить величину свободного и рабочего хода педали тормоза
27	Проверить состояние аккумуляторной батареи по плотности электролита
28	Вывернуть свечи зажигания и проверить их состояние
29	Проверить установку, крепление и действие фар
30	Проверить работу топливоподкачивающего насоса без снятия с двигателя
31	Проверить крепление картера редуктора, фланцев полуосей и крышек колесных передач
32	Проверить крепление и шплинтовку гаек шаровых пальцев, сошки, рычагов поворотных цапф, состояние шкворней и стопорных шайб гаек
33	Проверить компрессор: визуально внешнее состояние, работу на слух и создаваемое давление по штатному манометру
34	Проверить эффективность действия тормозов на стенде
35	Прокачать гидропривод тормозов
36	Проверить и при необходимости отрегулировать углы установки колес
37	Провести балансировку колеса на стенде
38	Отрегулировать подшипники ступиц колес
39	Проверить и отрегулировать угол схождения управляемых колес
40	Проверить техническое состояние топливных форсунок

Таблица 4.2 – Нормирование трудоемкости операций по проверке и регулировке внутреннего давления в шинах автомобиля DAEWOO MATIS

Номер	Наименование элемента	Шифр элемента	Число движений	Длительность, отн. ед.		T _н , чел.-с
				одного движения	общая	
1	Ходьба	3а	2	60	120	2,75
2	Движение руки	5м	3	60	180	1,45
3	Незначительное движение кисти	8м	2	21	42	1,25
4	Чисто зрительная работа	9т	1	200	200	3
5	Поворот корпуса	2б	1	80	80	0,6
...		...	...	...	...	...
Итого						154,35

Таблица 4.3 – Длительность движений в относительных единицах

Номер движения	Движение или микроэлемент работы	Характеристика	Шифр	Относительная длительность движения исполнителя в зависимости от							
				повторяемости				усилий			
				Удобно	Малоудобно	Неудобно	Удобно	Малоудобно	Неудобно	Удобно	Малоудобно
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Нагибание корпуса	До 70° к вертикали	1а	–	–	–	100	120	140	130	150
		До 30° к вертикали	1б	–	–	–	70	90	110	90	120
2	Поворот корпуса	Четверть оборота	2а	–	–	–	50	65	75	65	80
		Пол-оборота	2б	–	–	–	85	110	130	110	140
3	Ходьба	Один шаг (700 мм)	3а	–	–	–	40	53	62	60	85
4	Движение руки (1...0,6 м)	Механическое	4м	50	58	72	60	75	90	85	100
		Грубо контролируемое	4г	55	75	90	70	87	110	100	115
		Приближенно контролируемое	4п	–	–	–	–	–	–	–	–
		Точно контролируемое	4т	–	–	–	–	–	–	–	–
5	Движение руки (0,5...0,25 м)	Механическое	5м	38	42	52	44	62	70	60	80
		Грубо контролируемое	5г	50	55	65	56	85	105	85	140
		Приближенно контролируемое	5п	58	62	85	65	100	130	100	180
		Точно контролируемое	5т	65	70	100	75	120	180	120	–
6	Движение руки (0,2...0,1 м)	Механическое	6м	25	30	38	28	35	42	40	55
		Грубо контролируемое	6г	40	45	53	43	50	58	55	85
		Приближенно контролируемое	6п	45	50	58	54	55	65	60	–
		Точно контролируемое	6т	55	65	70	65	67	76	–	–

Окончание таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	Незначительное движение руки или кисти (менее 0,1 м)	Механическое	7м	10	15	18	16	19	22	21	26	—
		Грубо контролируемое	7г	25	30	35	31	35	37	—	—	—
		Приближенно контролируемое	7п	35	40	45	45	50	53	—	—	—
		Точно контролируемое	7т	55	58	60	55	65	—	—	—	—
8	Незначительное движение совместно кисти и пальцев (менее 0,1 м)	Механическое	8м	10	15	18	16	19	22	21	—	—
		Грубо контролируемое	8г	25	30	35	31	35	37	35	—	—
		Приближенно контролируемое	8п	30	35	43	36	40	43	—	—	—
		Точно контролируемое	8т	45	50	55	50	55	—	—	—	—
9	Чисто зрительная работа	Грубая	9г	45	20	30	25	33	45	40	65	100
		Средняя	9с	20	35	50	35	50	80	60	130	220
		Точная	9т	30	50	85	52	80	125	90	200	400
		Очень точная	9т	45	85	120	75	120	190	130	300	600
		Контраст	—	Боль- шой	Сред- ний	Ма- лый	Боль- шой	Сред- ний	Ма- лый	Боль- шой	Сред- ний	Ма- лый
		Поле зрения	—	Менее 6°	Менее 6°	—	—	—	6°...120°	—	15°...30°	—

Таблица 4.4 – Характеристика удобства работы

Зона расположения	Расстояние от исполнителя, мм	Характеристика
Зоны удобства обслуживания по горизонтальной плоскости		
Удобная боковая	± 600	Сохраняется свободное положение тела исполнителя; обзор основной рабочей зоны полный
Малоудобная боковая	$\pm (600 \dots 800)$	Положение тела исполнителя напряженное; обзор основной рабочей зоны затруднен
Неудобная боковая	Более ± 800	Исполнитель вынужден совершать переходы по фронту за пределами полукруга, описанного радиусом его руки; обзор основной рабочей зоны нарушается
Зона удобства обслуживания по вертикальной плоскости		
Нижняя неудобная	0...500	Значительное мышечное напряжение исполнителя из-за неудобного положения тела (угол наклона туловища вниз на 90° и больше); затруднено выполнение точных движений; потребные усилия при работе с ключами увеличиваются
Нижняя малоудобная	500...1000	Небольшое напряжение и некоторая связанность движений исполнителя
Средняя удобная	1000...1600	Положение тела исполнителя свободное
Верхняя малоудобная	1600...1800	Пользование ключами при вытянутых руках исполнителя; работы затруднены; обзор основной рабочей зоны снижается
Верхняя неудобная	Более 1800	Значительное мышечное напряжение исполнителя вследствие того, что приходится резко изгибать шею и туловище, вытягивать руки, а иногда и подниматься на носки; обзор основной рабочей зоны нарушается

4.3 Содержание отчета

Отчет составляется каждым студентом индивидуально и должен содержать схему поста (Д, ТО или ремонта), где будут выполняться работы, таблицу нормирования трудоемкости операций, скорректированную трудоемкость работы для своего варианта.

Контрольные вопросы

- 1 Какие методы используются для нормирования операций ТО или ТР?
- 2 В чем сущность метода микроэлементных нормативов?
- 3 Назовите основные микроэлементы работы.

5 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 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 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 до-

ступность; трудоемкость снятия узлов, агрегатов и деталей; число видов применяемых эксплуатационных материалов; номенклатура необходимого оборудования и инструмента и др.

Сохраняемость характеризуется средним сроком сохраняемости изделий и 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 5.1). Для его определения для одного автомобиля за наработку l используется выражение

$$P_k(t, l) = \frac{\sum_{i=1}^n P_{kj}}{n_j}, \quad (5.1)$$

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

n_j – число групп.

Таблица 5.1 – 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	385	237	223	209	183	168		
%	100	98	61	57	54	47	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 5.1).

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

$$a_{ij} = A_{ij} / A_j, \quad (5.2)$$

где A_i – размер парка в момент времени i ;

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

При этом сумма $a_{ij} = 1,0$ (или 100 %).

Если количество автомобилей в разных возрастных группах неодинаково, то следует определить реализуемый показатель качества парка (см. рисунок 5.1):

$$\overline{P}_{ki} = \sum_{j=1}^n (P_{kj} a_{ij}), \quad (5.3)$$

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 .

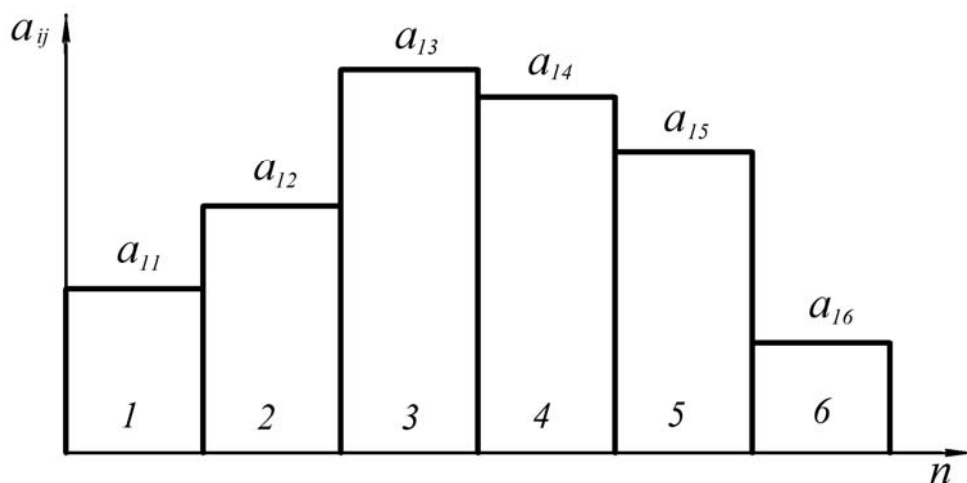


Рисунок 5.1 – Гистограмма распределения парка по возрастным группам

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 дорогостоя-

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

Цель работы: изучить методику определения показателей качества автомобиля и парка автомобилей с учетом их возрастного состава.

5.1 Содержание работы

Ознакомиться с основными показателями надежности и рассчитать реализуемые показатели качества автомобиля и парка автомобилей для различных их пробегов с начала эксплуатации.

5.2 Методика выполнения работы

Определить реализуемый показатель качества одного автомобиля за наработку 100, 150, 200, 250, 300 и 350 тыс. км (по статистическим данным, представленным в таблице 5.2, по формуле (5.1)). В таблицах 5.2 и 5.3 N – это номер варианта.

Таблица 5.2 – Реализуемые показатели качества автомобиля

Параметр	Π_k при наработке автомобилями, тыс. км						
	0...50	50...100	100...150	150...200	200...250	250...300	300...350
n_j	1	2	3	4	5	6	7
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 по формуле (5.2) удельный вес каждой возрастной группы парка a_{ij} по своему варианту (взять из таблицы 5.3).

Таблица 5.3 – 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 (по формуле (5.3)) реализуемый показатель качества парка – пробег за рабочий день.

5.3 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 реали-

зуемого 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?

6 Расчет показателей возрастной структуры парка при дискретном и случайном 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 $П_{ki}$. 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 6.1) 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.

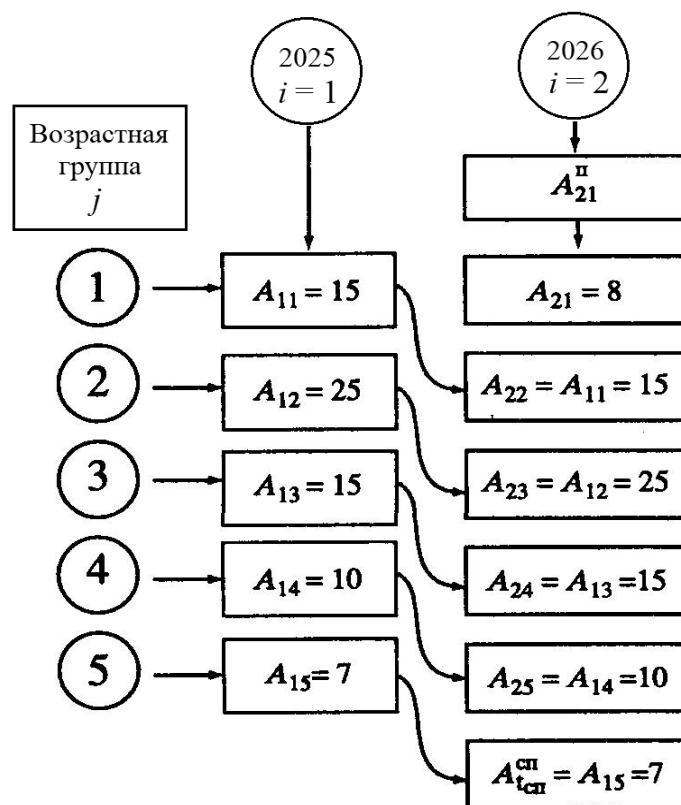


Рисунок 6.1 – Схема определения возрастной структуры парка методом диагонального сдвига при дискретном списании

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:

$$r_i = A_i^n / A_i, \quad (6.1)$$

где A_i – списочное количество автомобилей в i -м году.

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

$$v_i = A_i^{cn} / A_i. \quad (6.2)$$

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.

Цель работы: изучить методику расчета показателей возрастной структуры парка при дискретном и случайном списании.

6.1 Содержание работы

Ознакомиться с методами управления возрастной структурой парка. Для своего варианта определить показатели возрастной структуры парка автомобилей. Рассчитать показатели возрастной структуры парка при случайном списании. Проанализировать особенности рассмотренных методов.

6.2 Расчет показателей возрастной структуры парка при дискретном списании

С учетом сделанных замечаний на основе исходных данных (таблица 6.1) для своего варианта рассчитать показатели качества за один, два, три, четыре и пять лет. В таблице 6.1 N – это номер варианта. При расчетах a_{ij} и Π_{kj} использовать формулы (5.2) и (5.3). Построить график изменения Π_{kj} в зависимости от года эксплуатации.

По формуле (6.2) рассчитать коэффициент списания и также построить зависимость ϕ_i от года эксплуатации.

Таблица 6.1 – Исходные данные по количеству автомобилей в возрастных группах и по годам с учетом списания

Пер- вый 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}	Π_{k1}
Показателей качества Π_{kj} (суточный пробег, км)								
	400	380	240	220	200	170	150	
Распределение автомобилей A_{ij}								
Вто- рой- 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}	Π_{k2}
Тре- тий 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}	Π_{k3}
Чет- вер- тый год				$5 + N$	$10 + N$	$12 + N$	$10 + N$	A_4
a_{4j}				a_{44}	a_{45}	a_{46}	a_{47}	Π_{k4}
Пя- тый год					$5 + N$	$10 + N$	$12 + N$	A_5
a_{5j}					a_{55}	a_{56}	a_{57}	Π_{k5}

6.3 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.

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx, \quad (6.3)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение случайной величины;

$\bar{x}$ – среднее значение случайной величины.

Для упрощения расчетов вводится новая переменная

$$z = (x - \bar{x})/\sigma. \quad (6.4)$$

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 (6.4) значения $\bar{x}$, σ и текущее значение x , можно по значениям таблицы 6.2 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

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

Аналогично определяют и для других лет вероятность списания. Результаты расчета следует свести в таблицу 6.3. Списочное количество автомобилей принять $A_{cn} = 50 + N$.

Таблица 6.2 – 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

Таблица 6.3 – 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.

6.4 Анализ полученных результатов и разработка целесообразного управленческого решения

Прогноз изменения возрастной структуры парка рекомендуется проводить как минимум ежегодно. Для внутрихозяйственных 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.

6.5 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, а 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 определяются коэффициенты пополнения выбытия?
- 4 Как осуществляется расчет показателей возрастной структуры парка при случайном списании?

7 Планирование и организация ТО и ремонта

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. Производствен-

ная 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_{Σ} определяют число капитальных ремонтов $N_{\Sigma K}$ и число обслуживаний ТО-1 и ТО-2, ЕО $N_{\Sigma 1}$, $N_{\Sigma 2}$, $N_{\Sigma EO}$ на один автомобиль за цикл N_{Σ} .

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_{Π} .

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	$N_{цк} = L_{ц} / L_{кр}, N_{ц2} = L_{ц} / L_2 - N_{цк}, N_{ц1} = L_{ц} / L_1 - N_{ц2} - N_{цк},$ $N_{цео} = L_{ц} / l_{cc}$
Число ТО и КР за год	$N_z = N_{ц} L_z / L_{к} = N_{ц} \eta_z$
Годовой пробег автомобиля	$L_z = 365 \alpha_B l_{cc}$
Число ТО и КР по видам работ	$N_{зк} = L_{ц} / L_{кр}, N_{з2} = L_{ц} / L_2 - N_{зк}, N_{з1} = L_{ц} / L_1 - N_{з2} - N_{зк},$ $N_{зео} = L_{ц} / l_{cc}$
Годовая производственная программа работ ТО и ремонта парка	
Общее число ТО и КР парка	$N_{сумз} = N_z A_u$
Число ТО и КР по видам работ	$N_{сумзк} = N_{зкр} A_u; N_{сумз2} = N_{з2} A_u; N_{сумз1} = N_{з1} A_u; N_{сумзео} = N_{зео} A_u$
Трудоемкость ТО в целом и по видам ТО	$t_{сумто} = N_{сумз} t_{мо}; t_{сум1} = N_{ц1} t_1; t_{сум2} = N_{ц2} t_2; t_{сумео} = N_{ео} t_{ео}$
Трудоемкость ТР в целом	$t_{сумтр} = A_u t_{мп} L_z / 1000$
Трудоемкость ТО и ТР в целом	$t_{сумтр,то} = t_{сумто} + t_{сумтр}$

Цель работы: изучить методику расчета производственной программы работ автотранспортной организации за год, смену и месяц.

7.1 Содержание работы

Ознакомиться с методами планирования и организации работы по ТО и ремонту транспортных средств; рассчитать производственные показатели программы и объемов работ для автотранспортной организации.

7.2 Расчет производственной программы и объемов работ по ТО и ремонту

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

Для своего варианта по формулам, приведенным в таблице 7.1, произвести расчет цикловой и годовой программы работ ЕО, ТО-1, ТО-2 и КР для одного автомобиля и парка.

Далее следует рассчитать годовые объемы работ ЕО, ТО-1, ТО-2 и ТР парка автомобилей и общую трудоемкость работ по ТО и ремонту в ОАТ.

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}	$L_{Ц} / t_{TP}$	α_B	
1–5	ГАЗ-4753	50 + М	4 / 2,2	16 / 9,1	250 / 0,42	500 / 3,8	0,75	150 + М
6–10	ГАЗ-3309	60 + М	5 / 2,7	20 / 11,0	300 / 0,52	600 / 4,2	0,70	160 + М
11–15	МАЗ-53371	70 + М	8 / 4,6	24 / 13,8	600 / 0,35	600 / 6,0	0,71	170 + М
16–20	УАЗ-3303	80 + М	3 / 1,5	12 / 7,7	250 / 0,30	500 / 3,6	0,72	180 + М
21–25	ЗИЛ-4331	90 + М	3 / 2,5	12 / 10,6	300 / 0,45	600 / 4,0	0,73	190 + М
26–30	ЗИЛ-5301	100 – М	4 / 2,9	16 / 10,8	300 / 0,55	600 / 3,2	0,70	200 – М
31–35	ВАЗ-2107	110 – М	10 / 6	20 / 10,2	150 / 0,40	300 / 3,4	0,71	210 – М
36–40	ВАЗ-2109	120 – М	15 / 3	30 / 10,2	150 / 0,40	300 / 3,4	0,72	220 – М
41–45	ГАЗ-3110	130 – М	10 / 6	20 / 16,9	350 / 0,30	700 / 3,0	0,73	220 – М
46–50	УАЗ-3151	140 – М	3,5 / 3	14 / 12,6	180 / 0,40	360 / 3,6	0,70	210 – М

7.3 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, суточную программу 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

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 планово-нормативный характер;
- быть конкретной, доступной и пригодной для деятельности инженерно-технической службы (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):

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

где $D_{\text{э}}$ – продолжительность нахождения автомобиля в эксплуатации;

$D_{\text{и}}$ – продолжительность нахождения автомобиля в ожидании работы и в исправном состоянии;

$D_{\text{р}}$ – продолжительность нахождения автомобиля в неисправном состоянии.

Таблица 8.1 – Основные 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 $D_{\text{ц}} = D_{\text{с}}$ до проведения капитального ремонта или списания.

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):

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

$$\alpha_s = \frac{AD_s}{AD_s + AD_p + AD_u} = \frac{AD_s}{AD_u}, \quad (8.3)$$

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

Коэффициент технической готовности (КТГ) 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):

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

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

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:

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

Откуда

$$\alpha_B = \alpha_T (1 - \alpha_H). \quad (8.9)$$

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 одного автомобиля W_a и парка W_A .

Производительность грузового автомобиля за год определяется как

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

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_{Σ} , то получим

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

Продолжительность эксплуатационного цикла D_{Σ} в днях зависит от планируемого пробега (например, пробега до КР – $L_{кр}$) или наработки за цикл и среднесуточного пробега l_{cc} :

$$D_{\Sigma} = L_{кр} / l_{cc}. \quad (8.13)$$

Простой в ТО и 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, $D_{тр,то} = d_{тр} L_{кр} / 1000$. В этом случае

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

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

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

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_g .

Продолжим анализ коэффициента технической готовности и рассмотрим следующее выражение:

$$\frac{D_p}{D_g} = \frac{D_p l_{cc}}{L_{кр}} = B_p l_{cc}, \quad (8.17)$$

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

Коэффициент технической готовности при этом

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

где V_g – 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_g , β , γ , T_n) увеличивает производительность автомобиля W_a и 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.

Цель работы: изучить методику анализа влияния эффективности работы инженерно-технической службы АТО на коэффициент технической готовности.

8.1 Содержание работы

Ознакомиться с методом анализа влияния эффективности работы инженерно-технической службы АТО на коэффициент технической готовности. Определить ожидаемый коэффициент технической готовности для каждой i -й возрастной группы и среднее значение КТГ для парка автомобилей.

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:

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

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;

$L_{кр}$ – пробег до капитального ремонта.

Исходные данные (модель автомобиля, A_u , $L_{кр}$, 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 $0,5L_{кр}$	$(0,5 \dots 0,75)L_{кр}$	$(0,75 \dots 1,0)L_{кр}$	$(1 \dots 1,25)L_{кр}$
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 **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 : Новосибир. 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.