



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЕиС  
И.Ю. Мезин

02.03.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ОСНОВЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ***

Направление подготовки (специальность)  
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Направленность (профиль/специализация) программы  
Эксплуатация и сервисное обслуживание автомобильного транспорта

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - прикладной бакалавриат

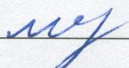
Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Технологии, сертификации и сервиса автомобилей
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 14.12.2015 г. № 1470)

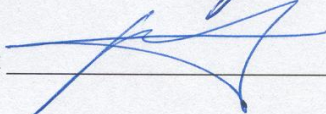
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей  
12.02.2020, протокол № 7

Зав. кафедрой  И.Ю. Мезин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС  
02.03.2020 г. протокол № 7

Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ТСiСА, канд. техн. наук  А.С. Лимарев

Рецензент:

зав. кафедрой ЛиУТС, д-р техн. наук  С.Н. Корнилов



**Лист актуализации рабочей программы**

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей

Протокол от 08.09.2020 г. № 1  
Зав. кафедрой И.Ю. Мезин И.Ю. Мезин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

усвоение студентами основ теоретических знаний, необходимых для умения организовать и обеспечивать качественный контроль за техническим состоянием и обслуживанием автомобилей и систем, обеспечивающих безопасность движения.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Основы работоспособности технических систем входит в базовую часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Соппротивление материалов

Материалы в отрасли

Метрология, стандартизация и сертификация

Теоретическая механика

Введение в отрасль

История техники

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Конструкция и эксплуатационные свойства Т и ТТМО

Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса

Основы технологии производства и ремонта Т и ТТМО

Проектная деятельность

Производственная - практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности по профессии рабочего

Устройство, техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств

Эксплуатационные свойства Т и ТТМО

Инженерные сооружения и экологическая безопасность предприятий сервиса

Организация государственного учета и контроля технического состояния Т и ТТМО

Рабочие процессы, конструкция и основы расчета силовых агрегатов

Техническая эксплуатация ходовой части автомобилей и систем, обеспечивающих безопасность движения

Технологические процессы технического обслуживания и ремонта Т и ТТМО

Техническая эксплуатация силовых агрегатов и трансмиссий

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы работоспособности технических систем» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-9	способностью к участию в составе коллектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортно-технологических процессов и их элементов
Знать	основы функционирования комплексных технических систем, основные понятия и характеристики
Уметь	использовать методы контроля соблюдения технических условий на техническое обслуживание, ремонт, испытание

Владеть	навыками составления карт технического обслуживания и ремонта
ПК-15 владением знаниями технических условий и правил рациональной эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, причин и последствий прекращения их работоспособности	
Знать	понятия о ремонте, его месте в системе обеспечения работоспособности ТИТМО отрасли и эффективности его выполнения
Уметь	пользоваться имеющейся нормативно-технической документацией
Владеть	навыками организации технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов
ПК-39 способностью использовать в практической деятельности данные оценки технического состояния транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, полученные с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам	
Знать	критерии работоспособности и влияющие на них факторы
Уметь	выполнять стандартные виды компоновочных, кинематических, динамических и прочностных расчетов
Владеть	навыками решения задач прикладного характера с применением известных методик
ПК-40 способностью определять рациональные формы поддержания и восстановления работоспособности транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования	
Знать	методы расчета количества запасных частей
Уметь	рассчитывать нормы расхода запасных частей исходя из заданной вероятности простоев автомобилей
Владеть	методами расчета средних норм расхода запасных частей для АТП
ОПК-3 готовностью применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов	
Знать	основы построения комплексных технических систем, основные понятия и характеристики
Уметь	использовать методы принятия решений о рациональных формах поддержания работоспособности
Владеть	навыками определения диагностических параметров

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 63,8 акад. часов;
- аудиторная – 60 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,8 акад. часов
- самостоятельная работа – 8,5 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основы работоспособности технических систем								
1.1 Понятие технических системах	4	2		2/2И	1	- самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.2 Качество работоспособность		2		2/2И	1	- самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.3 Методы обеспечения работоспособности технических систем		4		4/2И	1	- самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.4 Надежность технических систем		4		4/2И	1	- самостоятельное изучение учебной литературы -выполнение практической работы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.5 Методы определения нормативов сервиса технической эксплуатации транспортных машин		4		4/4И	1	- самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.6 Закономерности формирования производительности и пропускной способности средств обслуживания		4		4/4И	1	- самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.7 Средства и методы обеспечения работоспособности технических систем		4		4/4И	1	- самостоятельное изучение учебной литературы -выполнение практической работы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.8 Методы управления техническими системами		4		4/4И	1	- самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.9 Методы интенсификации производства		2		2/2И	0,5	- самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
Итого по разделу		30		30/26И	8,5			
2. Экзамен								

2.1 Экзамен	4						ПК-9, ПК-15
Итого по разделу							
Итого за семестр	30		30/26И	8,5		экзамен	
Итого по дисциплине	30		30/26И	8,5		экзамен	ПК-9,ПК-15

## 5 Образовательные технологии

Для изучения данной дисциплины в качестве методического подхода применяется технология конструирования учебной информации, т.е. при подготовке преподавателя к учебному процессу учитывается, что и в каком объеме из изучаемой информации должны усвоить студенты, уровень подготовленности студентов к восприятию учебной информации по вопросам качества продукции и управления качеством.

Перед началом занятий необходимо ознакомить студентов с планируемым объемом часов по учебному плану на изучение данной дисциплины. Обратить внимание на то, какое количество часов отводится на самостоятельную работу. Эти часы выделяются для закрепления теоретического материала, на подготовку к практическим занятиям, подготовку к рубежным.

При изучении дисциплины применяются инновационные процессы в системе Высшего образования, в частности, инновационный урок – занятие, ориентированное на повышение интереса студентов к обучению. По форме проведения – метод мозгового штурма для определения процессов входящих в систему качества предприятия.

Перед каждой лекцией проводить фронтальный опрос по материалу предыдущих лекций, который позволит выяснить степень усвоения предыдущего материала и подготовку студента к восприятию нового. Результаты опросов должны фиксироваться и учитываться при выставлении окончательной оценки по дисциплине.

Практические занятия способствуют более глубокому освоению теоретического материала. Выполнение практических заданий основывается на материалах, которые студенты получили при прохождении производственной практики (определение уровня надежности конкретного технологического объекта). При проведении практических занятий учитывается степень самостоятельности их выполнения студентами.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) Основная литература:

1. Лимарев, А. С. Основы работоспособности технических систем. Автомобильный транспорт : учебное пособие / А. С. Лимарев. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=962.pdf&show=dcatalogues/1/1119022/962.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Рукодельцев, А.С. Основы работоспособности технических систем : учебное пособие / А.С. Рукодельцев, Е.И. Адамов, О.В. Сидорова. — Нижний Новгород : ВГУВТ, 2016. — 76 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/97172> (дата обращения: 18.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) Дополнительная литература:

1. Будюкин, А.М. Основы работоспособности технических систем : учебное пособие / А.М. Будюкин. — Санкт-Петербург : ПГУПС, [б. г.]. — Часть 1 : Технические системы: качество, работоспособность, диагностика — 2017. — 104 с. — ISBN 978-5-7641-1029-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111754> (дата обращения: 18.11.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Болбас, М.М. Основы технической эксплуатации автомобилей: [Текст]: Учебник. – Мн.: Амалфея, 2001. – 352 с. ISBN 985-441-124-9.

3. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] : учебник / [Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов и др.] ; под ред. Е. С. Кузнецова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 2001. - 535 с. : ил. ISBN 5-02-002593-3.

4. Кожевников, А. В. Оценка и прогнозирование состояния технических систем [Текст]: учебное пособие для вузов / под общ. ред. А. Л. Кузьминова. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 383 с. : ил., табл., схемы, граф., диагр., гистогр., графы. - ISBN 978-5-94178-517-9/

#### в) Методические указания:

1. Надежность технических систем: Методические указания к практическим занятиям. Автор: Сальников В.В.. – Магнитогорск: МГТУ, 2004.

2. Расчет и повышение надежности технических систем: Методические указания к практическим занятиям. Автор: Сальников В.В. – Магнитогорск: МГТУ, 2009.

3. Построение зависимости изменения технического состояния деталей автомобиля: Методические указания к практическим занятиям. Автор: Лимарев А.С.– Магнитогорск: МГТУ, 2011.

#### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

##### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса-Стандартный	Д-300-18 от 21.03.2018	28.01.2020
7Zip	свободно	бессрочно

##### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Международная справочная система «Полпред» <a href="http://polpred.com">polpred.com</a> отрасль «Образование, наука»	URL: <a href="http://education.polpred.com/">http://education.polpred.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>



Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

# **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

## **Методические указания для выполнения практической работы «Построение зависимости изменения технического состояния деталей автомобиля»**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Под влиянием условий эксплуатации, квалификации персонала, неоднородности самих изделий и их начального состояния и других факторов интенсивность и характер изменения параметра технического состояния у разных автомобилей будут различными

Для предупреждения отказов и неисправностей, а также для определения их источников, предъявления рекламационных претензий изготовителю или продавцу изделия мало констатировать сам факт возникновения отказа или неисправности. Необходимо знать причины, механизмы их возникновения и проявления, а также влияние различных отказов элементов на работоспособность автомобиля в целом, т.е. на способность выполнять транспортную работу. Иными словами, необходимо знать закономерности технического состояния.

Процессы, происходящие в природе и технике, могут быть подразделены на две большие группы: процессы, описываемые функциональными зависимостями, и случайные (вероятностные, стохастические) процессы.

Понимание процессов изменения технического состояния, знание соответствующих законов распределения, умение оценивать случайные величины позволяет на практике:

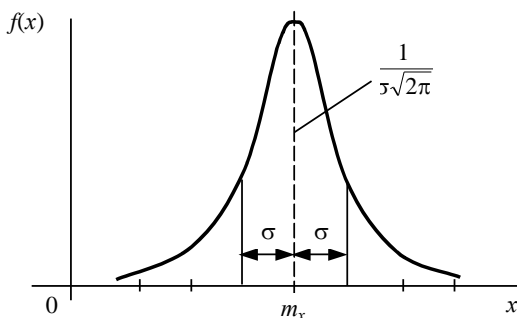
1) перейти от ожидания появления событий (отказы изделия, требования на услуги ТО и ремонта, заправку и др.) к математическому описанию и прогнозированию их реализаций с определенной вероятностью. Это дает возможность подготовить производство к эффективной работе;

2) рассматривать риск как объективную реальность, свойственную любой деятельности и не зависящую от субъективного подхода исследователя. Для успешной производственной деятельности важно не стремиться полностью, исключить риск (что нереально для случайных процессов), а уметь его оценить и выбрать с учётом возможных последствий.

## ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

### Нормальное распределение случайной величины

Нормальный закон распределения является наиболее универсальным, удобным и широко применяемым для практических расчетов (рис. 1). Распределение всегда подчиняется нормальному закону, если на изменение случайной величины оказывают влияние многие примерно равнозначные факторы. Нормальному распределению подчиняются наработка до отказа многих восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий, размеры и ошибки измерений деталей, периодичность ТО и т.д.



*Рис. 1. Функция плотности вероятности нормального распределения*



Плотность вероятности нормального распределения

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}},$$

Вероятность безотказной работы

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}} dx,$$

Вероятность отказа

$$Q(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma^2}} dx.$$

Распределение имеет два независимых параметра: математическое ожидание  $m_x$  и среднее квадратическое отклонение  $\sigma$ . Значения этих параметров оценивают по результатам испытаний по формулам:

$$m_x \approx \bar{x} = \frac{1}{N} \sum x_i;$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}.$$

Сближение параметров и их оценок увеличивается с увеличением числа испытаний. Математическое ожидание определяет на графике (рис. 1) положение петли, а среднее квадратическое отклонение – ширину петли. Кривая плотности распределения тем острее и выше, чем меньше  $\sigma$ . Вероятность безотказной работы  $P(x)$  можно найти по таблицам для нормального распределения в зависимости от значения квантили нормированного нормального распределения  $\sigma$ .

Вероятность попадания случайной величины, распределенной по нормальному закону, в заданный интервал

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} dx,$$

можно определить с помощью функции Лапласа

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Наивероятнейшее число  $k_0$  появления события  $A$  при  $n$  независимых испытаниях

$$np - (1 - p) \leq k_0 < np + p <$$

( $n$  - число испытаний;  $p$  - вероятность появления события при одном испытании).

### Интервальный вариационный ряд

*Непрерывный признак* может принимать любые значения в некотором числовом интервале, отличаясь один от другого на сколь угодно малую величину. Количество возможных значений непрерывного признака бесконечно. Значения непрерывного признака задаются интервалами, которые характеризуются интервальной частотой  $m$ . По данным наблюдений за непрерывным признаком строят интервальный вариационный ряд следующего вида:

$$\text{Интервал} \quad a_{01} - a_{11} \quad a_{02} - a_{12} \quad \dots \quad a_{0j} - a_{1j} \quad \dots \quad a_{0k} - a_{1k}$$

Средина интервала $a_j$	$a_1$	$a_2$	...	$a_j$	...	$a_k$
Частота $m_j$	$m_1$	$m_2$	...	$m_j$	...	$m_k$
Относительная частота $w_j$	$w_1$	$w_2$	...	$w_j$	...	$w_k$

Для построения интервального вариационного ряда на основе простого (ранжированного) ряда значений непрерывного признака необходимо выполнить следующие действия:

- заполнить ряд полной шкалы интервалов;
- определить для каждого интервала частоту попадания значения признака в заданный интервал.

*Интервал* – часть диапазона варьирования случайно величины ограниченная значениями  $a_{0j}$  и  $a_{0j} = a_{0j} + h$ , где  $h$  - длина интервала.

Для определения оптимального значения величины интервала в первом приближении можно воспользоваться формулой Стерджеса:

$$h = (X_{\max} - X_{\min}) / (1 + 3,322 \cdot \ln(n))$$

Если  $h$  окажется дробным числом, то за значение величины шага интервала следует взять либо ближайшее целое число, либо ближайшую несложную десятичную дробь.

За начало первого интервала принимается значение величины  $a_0$ , которая определяется формулой:

$$a_0 = X_{\min} - \frac{h}{2}$$

За конец  $j$ -го интервала (начало  $(j+1)$ -го) принимается значение величины  $a_j$ , которая определяется формулой

$$a_j = a_{j-1} + h$$

Середина интервала  $a_j$ , значение случайной величины характерное для  $j$ -го интервала. Для непрерывной случайной величины:

*Группирование признаков по интервалам.*

*Интервальная частота*

В соответствии со шкалой интервалов производится группирование значений признака - определение интервальной частоты  $m_j$  попадания его значения в заданный интервал. Для подсчета частот можно воспользоваться следующим условием:

$$m_j = \sum_{i=1}^n k_i, \text{ где } k_i = \begin{cases} 1, \text{ если } (x_i > a_{j-1} \dots \text{и} \dots x_i \leq a_j) \\ 0, \text{ если } (x_i \leq a_{j-1} \dots \text{и} \dots x_i > a_j) \end{cases}$$

*Относительная частота  $w_j$  (частость)* попадания значения непрерывного признака в заданный интервал определяется как отношение соответствующей частоты  $m_j$  к общему количеству наблюдений  $n$  по следующей формуле:

$$w_j = \frac{m_j}{n}.$$

## ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

В процессе эксплуатации автомобильных двигателей заменялись детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ) (кольца, гильзы, поршни) при превышении допустимого износа рабочих поверхностей. В результате наблюдений зафиксировано  $N=66$  первых замен деталей ЦПГ при наработках, приведённых в таблице 1.

Таблица 1.

Вариационный ряд значений ресурса  $l$ , тыс. км



66,3	87,7	96,7	107,2	112,5	126,4
132,5	136,7	138,0	140,9	151,6	155,0
156,4	156,9	157,0	158,0	158,8	159,4
164,1	164,5	168,4	170,2	172,7	173,9
180,3	181,0	182,1	182,7	187,3	188,2
188,4	188,7	189,1	190,1	190,9	194,5
197,0	198,5	200,2	205,7	206,8	211,3
211,4	212,0	213,7	214,0	214,2	214,6
219,6	220,8	221,7	223,7	226,0	226,5
229,1	233,1	233,6	237,6	238,4	241,7
241,9	242,7	246,9	251,1	268,8	312,5

$$\sum = 12470,2$$

Предполагая, что распределение ресурса деталей ЦПГ до первой замены подчиняется нормальному распределению, требуется:

- определить параметры распределения;
- проверить гипотезу о виде распределения;
- рассчитать плотность распределения, вероятность безотказной работы;
- по результатам расчетов построить гистограмму и кривые эмпирической и теоретической плотности распределения вероятностей и вероятности безотказной работы.

### **Порядок построения закона распределения случайной величины**

- 1) Получить вариант задания у преподавателя.
- 2) Расставить в порядке возрастания значения случайной величины.
- 3) Проверить в случае необходимости полученный ряд на выпадающие (ошибочные) точки, не соответствующие закону распределения случайной величины. Приблизённую проверку информации на выпадающие точки проводят по правилу  $\bar{I} \pm 3\sigma$ .

- 4) Построить интервальный вариационный ряд.
- 5) Определить параметры и характеристики закона распределения:
  - математическое ожидание;
  - среднеквадратическое отклонение
  - значения эмпирической плотности распределения вероятностей по интервалам наработки

- нормированные и центрированные отклонения середины интервалов;
  - значения теоретической плотности распределения вероятностей
- 6) Проверить согласие между эмпирическим и теоретическим (нормальным) распределениями по критерию  $\chi^2$  Пирсона
- 7) Сделать выводы:
- Описать характер распределения.
  - Сколько элементов выборки и по какой причине было отброшено?
  - Какова вероятность безотказной работы деталей ЦПГ?

### Пример проведения расчетов

#### *Построение интервального вариационного ряда.*

Оптимальный интервал  $h$  вычисляется по формуле Стёрджеса:

$$h = (l_{\max} - l_{\min}) / (1 + 3,322 \lg N),$$

где  $l_{\max} = 312,5$  тыс. км,  $l_{\min} = 66,3$  тыс. км - соответственно максимальное и минимальное значения ресурса (табл. 1);  $N=66$  - общее число наблюдений. Тогда:

$$h = (312,5 - 66,3) / (1 + 3,322 \lg N) = 34,9 \text{ тыс. км}$$

Окончательно принимаем ближайшее целое число  $h=35$  тыс.км.

За начало первого интервала принимаем величину

$$l_1 = l_{\min} - h/2 = 66,3 - 35/2 = 48,4 \text{ тыс. км}$$

начало второго интервала совпадает с концом первого интервала и равно

$$l_2 = l_1 + h = 48,8 + 35 = 83,8 \text{ тыс. км}$$

далее

$$l_3 = 83,8 + 35 = 118,8 \text{ тыс. км}; \quad l_7 = 223,8 + 35 = 258,8 \text{ тыс. км};$$

$$l_4 = 118,8 + 35 = 153,8 \text{ тыс. км}; \quad l_8 = 258,8 + 35 = 293,8 \text{ тыс. км};$$

$$l_5 = 153,8 + 35 = 188,8 \text{ тыс. км}; \quad l_9 = 293,8 + 35 = 328,8 \text{ тыс. км};$$

$$l_6 = 188,8 + 35 = 223,8 \text{ тыс. км};$$

Шкала интервалов и группировка результатов наблюдений приведены в табл. 2.

Таблица 2.

## Шкала интервалов и частота попадания в интервал

Номер интервала	Границы интервалов тыс. км	Средины интервалов $l_r$ , тыс. км	Частота попадания в интервал $m_i$
1	48,8 - 83,8	66,3	1
2	83,8 - 118,8	101,3	4
3	118,8 - 153,8	136,3	6
4	153,8 - 188,8	171,3	21
5	188,8 - 223,8	20,3	20
6	223,8 - 258,8	241,3	12
7	258,8 - 293,8	276,3	1
8	293,8 - 328,8	311,3	1

**Определение параметров и характеристик нормального распределения**

Плотность вероятности имеет вид

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l_r - m_l)^2}{2\sigma^2}};$$

Статистические характеристики теоретического распределения оцениваем по результатам испытаний:

- математическое ожидание (для интервального вариационного ряда, табл. 2)

$$m_l \approx \bar{l} = \left( \frac{\sum_{i=1}^r l_r n_i}{\sum_{i=1}^r n_i} \right) = \frac{66,3 \cdot 1 + 101,3 \cdot 4 + 136,3 \cdot 6 + 171,3 \cdot 21 + 206,3 \cdot 20 + 241,3 \cdot 12 + 276,3 \cdot 1 + 311,3 \cdot 1}{1 + 4 + 6 + 21 + 20 + 12 + 1 + 1} = \frac{12495,8}{66} = 189,3 \text{ тыс. км.}$$

- среднеквадратическое отклонение (для интервального вариационного ряда)

$$\sigma \approx \bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^r (l_r - m_l)^2 \cdot n_i}{N - 1}} = 44,8 \text{ тыс. км.};$$

- Значения эмпирической плотности распределения вероятностей  $f_{\Sigma}(l_r)$  по интервалам наработки (табл. 3)

$$f_{\mathcal{D}}(l_r) = \frac{n_i}{Nh};$$

Таблица 3

Расчетные параметры распределения

$n_i$	$\overline{y_r}$	$f_{\mathcal{D}}(l_r)$	$f_0(\overline{y_r})$	$f_T(l_r)$
$n_1$	-2,746	0,0004	0,0092	0,0002
$n_2$	-1,964	0,0017	0,0579	0,0013
$n_3$	-1,183	0,0026	0,1982	0,0044
$n_4$	-0,402	0,0091	0,3680	0,0082
$n_5$	0,379	0,0087	0,3710	0,0083
$n_6$	1,161	0,0052	0,2036	0,0045
$n_7$	1,942	0,0004	0,0603	0,0013
$n_8$	2,723	0,0004	0,0099	0,0002

• Нормированные и центрированные отклонения середины интервалов  $\overline{y_r}$  (табл. 3)

$$\overline{y_r} = (l_r - m_l) / \sigma;$$

• Значения теоретической плотности распределения вероятностей  $f_T(l_r)$  (табл. 3)

$$f_T(l_r) = (1/\sigma) f_0(\overline{y_r}),$$

где  $f_0(\overline{y_r}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\overline{y_r}^2/2}$  - плотность вероятности нормального

распределения (приложения 1);

• по результатам расчета строятся гистограмма, графики  $f_{\mathcal{D}}(l_r)$  и  $f_T(l_r)$  (рис. 2).

**Проверка согласия между эмпирическим и теоретическим (нормальным) распределениями по критерию Пирсона**

Как следует из анализа интервального вариационного рядов (табл. 2), для применения критерия Пирсона необходимо объединить интервалы 1 и 2, интервалы 7 и



8 с интервалом 6, так как в интервалах 1, 2, 7, 8 количество наблюдений менее пяти. В результате объединения получим следующий ряд распределения:

Интервалы	48,8-118,8	118,8-153,8	153,8-188,8	188,8-223,8	223,8-328,8
$m_i=n_i$	5	6	21	20	14

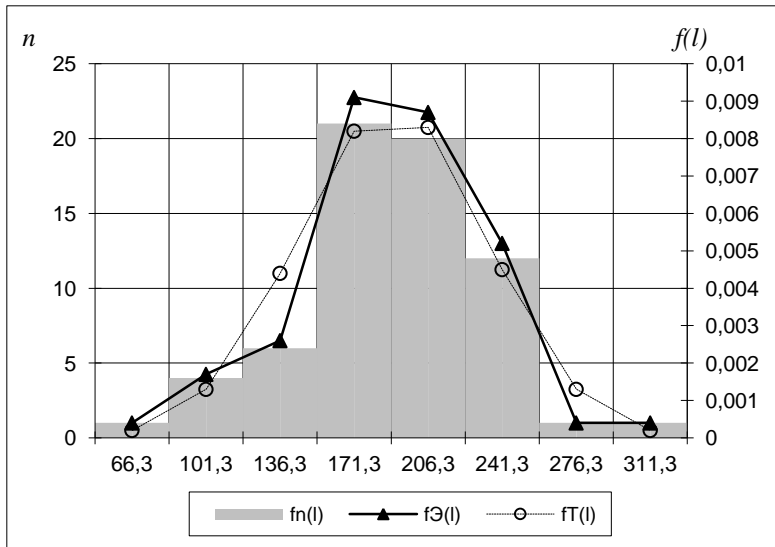


Рис. 2 Гистограмма середины интервалов  $f_n(l)$ , кривая распределения плотностей вероятностей  $f_Э(l)$ , теоретическая кривая распределения  $f_T(l)$ .

Определим вероятность  $p_i(i = \overline{1,5})$ ;  $p_i$  выражает вероятность того, что случайная величина  $X$ , имеющая нормальный закон распределения, принимает значение, принадлежащее интервалу (48,8-118,8), т.е.:

$$\begin{aligned}
 p_i &= P(48,8 < X < 118,8) = P\left(\frac{48,8 - m_l}{\sigma} < \frac{X - m_l}{\sigma} < \frac{118,8 - m_l}{\sigma}\right) = \\
 &= \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{118,8 - 189,3}{44,8}\right) - \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{48,8 - 189,3}{44,8}\right) = \frac{1}{2} \Phi(-1,57) - \frac{1}{2} \Phi(-3,14) = \\
 &= \frac{1}{2} \Phi(3,14) - \frac{1}{2} \Phi(1,57) = 0,4992 - 0,4418 = 0,0574,
 \end{aligned}$$

где  $\Phi(z)$  определяется по таблице приложения 3.

Аналогично получаем:

$$p_2 = 0,1565; \quad p_3 = 0,2813; \quad p_4 = 0,2834; \quad p_5 = 0,2197.$$

Для нахождения статистики  $\chi^2$  составим табл. 5.

Таблица 5.

Расчет статистики  $\chi^2$

№ п/п	Интервал после объединения	$m_l$	$p_i$	$np_i$	$ m_l - np_i $	$\frac{(m_l - np_i)^2}{np_i}$
1	48,8 - 83,8	5	0,0574	3,79	1,21	0,385
2	83,8 - 118,8	6	0,1565	10,33	4,33	1,815
3	118,8 - 153,8	21	0,2813	18,57	2,43	0,318
4	153,8 - 188,8	20	0,2834	18,70	1,30	0,090
5	188,8 - 223,8	14	0,2197	14,50	0,50	0,017
$\Sigma$		66	0,9983	65,89		$2,625 = \chi^2$

В результате имеем: количество интервалов  $r = 5$ , количество параметров распределения  $(m_l, \sigma) - s = 2$ , число степеней свободы  $k = r - s - 1 = 5 - 2 - 1 = 2$ . В табл. 2 Приложения для выбранного уровня значимости  $\alpha = 0,01$  и  $k = 2$  соответствует  $\chi^2_{2,0,01} = 9.2$ .

Имеем  $9.2 > 2.625$ , следовательно, нет оснований отвергнуть гипотезу о нормальности распределения ресурса.

**Вероятность безотказной работы детали.**

Рассчитаем вероятность безотказной работы детали по интервалам наработки (см. табл. 2) по формуле:

$$P(l_i) = 1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^t n_i = \left( N - \sum_{i=1}^r n_i \right) / N;$$

$$P(l_1) = (66 - 1)/66 = 0,98;$$

$$P(l_2) = (66 - 5)/66 = 0,92;$$

$$P(l_3) = (66 - 11)/66 = 0,83;$$

$$P(l_4) = (66 - 32)/66 = 0,52;$$

$$P(l_5) = (66 - 52)/66 = 0,21;$$

$$P(l_6) = (66 - 64)/66 = 0,03;$$

$$P(l_7) = (66 - 65)/66 = 0,015;$$

$$P(l_8) = (66 - 66)/66 = 0.$$

На рис. 3 построена кривая вероятности безотказной работы детали  $P(l)$  в зависимости от наработки  $l$ .

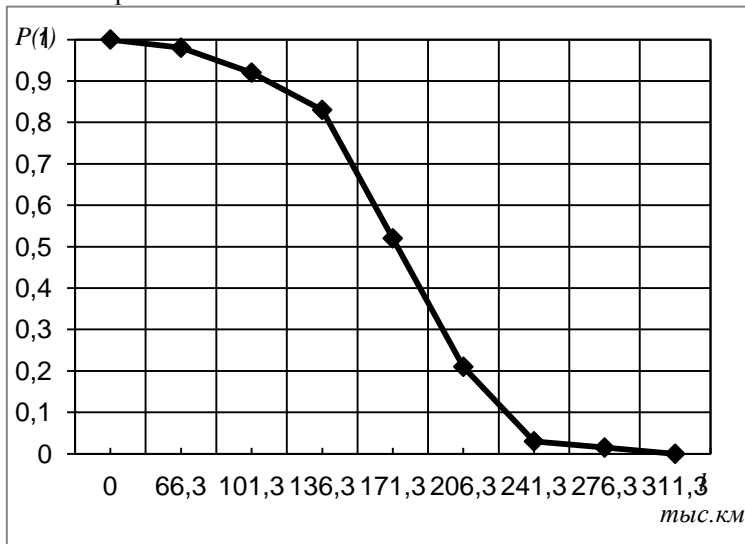


Рис. 3 Кривая вероятности безотказной работы детали  $P(l)$  зависимости от наработки  $l$ .

## ВАРИАНТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

В процессе эксплуатации автомобильных двигателей заменялись детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ) (кольца, гильзы, поршни) при превышении допустимого износа рабочих поверхностей. В соответствии с выданным вариантом задания требуется:

- определить параметры распределения;
- проверить гипотезу о виде распределения;
- рассчитать плотность распределения, вероятность безотказной работы;
- по результатам расчетов построить гистограмму и кривые эмпирической и теоретической плотности распределения вероятностей и вероятности безотказной работы.

### Вариант 1



229,98	262,18	293,63	171,40	67,48	336,70
118,87	222,74	307,84	90,05	291,98	153,80
183,06	257,09	214,41	214,08	200,00	159,63
298,63	151,97	150,11	296,88	283,63	332,05
297,31	236,50	209,31	356,61	206,73	79,15
90,39	147,75	166,12	239,08	227,23	228,81
212,47	237,26	285,67	401,58	51,67	183,80
247,45	115,94	277,03	169,95	175,36	77,72
364,01	322,02	407,94	143,15	240,42	167,50
142,21	344,82	228,61	133,52	173,83	218,16
190,62	257,97	175,22	283,45	241,04	233,20

**Вариант 2**

383,21	261,10	354,32	194,88	277,37	197,59
211,99	217,50	216,53	188,35	138,27	351,44
139,26	260,30	297,87	151,81	90,79	221,33
241,19	347,34	221,09	254,13	295,37	273,35
254,59	196,94	223,19	140,09	162,54	266,16
146,08	223,87	299,11	215,54	213,97	232,31
238,78	316,27	111,16	240,81	222,99	272,79
296,02	215,69	369,92	276,42	365,01	325,39
223,48	257,61	280,42	181,26	252,58	217,43
84,85	235,94	312,37	261,22	267,89	289,58
194,33	298,59	325,52	192,92	265,60	253,08

**Вариант 3**

151,25	107,09	181,47	353,57	140,31	217,45
223,61	224,56	179,91	143,41	166,15	195,82
243,63	237,32	79,11	172,20	166,55	200,13
158,16	201,83	251,81	220,29	264,54	213,88
124,28	327,19	247,34	289,89	302,33	305,54
251,84	270,70	329,72	307,03	238,78	278,85
136,59	244,77	75,11	240,04	263,98	270,57
114,89	335,32	257,05	225,11	120,76	241,57
182,47	192,01	192,24	229,42	327,11	62,75
143,32	202,13	200,63	361,68	136,36	215,32
202,74	365,54	44,53	271,26	191,58	265,72

**Вариант 4**

237,72	230,11	208,59	232,72	322,82	170,35
288,31	368,82	64,49	50,14	211,56	263,12

227,71	305,57	260,89	145,82	132,49	200,97
232,11	341,19	210,02	237,76	229,26	256,33
251,56	145,19	218,86	268,73	269,55	354,35
197,54	232,91	128,68	284,09	400,86	219,42
244,05	260,68	158,01	182,93	224,25	261,87
323,73	218,96	202,26	314,96	218,11	283,72
279,41	187,03	254,45	208,79	270,22	164,80
208,09	314,84	269,78	188,80	200,15	167,83
228,14	293,58	139,05	327,02	240,20	240,38

**Вариант 5**

200,65	336,07	162,32	332,17	156,34	177,32
149,66	280,00	257,92	283,68	204,56	230,53
164,69	337,46	282,15	274,62	149,69	155,18
268,30	370,77	173,60	170,11	285,49	355,85
226,68	340,37	140,42	235,06	160,10	405,71
363,26	220,59	260,82	143,35	228,15	209,44
187,59	325,56	232,07	372,02	262,81	101,88
281,93	198,62	216,96	102,63	337,48	67,02
227,52	202,79	245,59	107,21	271,79	248,83
192,71	219,39	311,80	209,85	302,93	283,98
181,67	259,71	190,56	242,19	234,85	251,83

**Вариант 6**

315,35	261,03	226,02	303,52	197,12	362,56
197,74	108,89	135,74	323,91	128,18	298,63
298,19	260,94	233,48	340,29	349,70	198,30
312,09	201,46	352,92	241,12	214,73	181,95
247,37	284,52	196,62	180,34	194,53	231,65
148,54	80,20	141,25	283,21	297,58	243,80
270,83	246,04	237,52	258,18	146,14	303,47
199,67	268,62	209,45	287,11	286,53	210,98
279,06	214,37	273,25	97,21	236,77	178,92
177,23	195,82	155,20	224,29	149,34	275,75
124,15	122,29	229,51	276,22	197,78	102,88

**Вариант 7**

333,97	238,82	202,39	301,19	313,85	225,61
173,69	233,88	269,59	235,14	209,91	227,92

187,92	208,36	253,21	278,00	298,91	223,81
179,81	112,81	302,11	231,63	257,90	286,90
250,43	33,90	172,76	186,95	228,82	260,32
168,07	238,33	112,99	187,75	402,22	385,89
161,99	223,12	287,11	163,01	289,13	246,53
182,49	220,28	101,74	274,83	182,03	276,43
253,31	321,90	198,88	201,18	224,34	213,97
121,36	220,33	169,63	159,45	320,55	186,02
139,78	297,70	274,31	253,19	212,67	274,72

**Вариант 8**

197,20	273,70	219,76	304,73	250,82	145,91
379,56	215,49	104,42	304,34	75,34	116,84
285,87	158,78	107,34	150,67	187,27	145,92
446,23	279,82	260,45	57,77	174,43	118,90
239,18	318,93	328,79	289,39	334,19	192,84
252,27	152,36	178,84	173,77	169,92	217,50
433,58	132,84	262,83	203,07	313,95	295,24
191,10	179,84	300,72	128,39	197,69	134,96
179,45	210,25	331,42	333,06	147,53	276,45
184,47	234,13	201,17	218,30	218,56	199,23
385,83	253,24	182,69	216,33	202,87	203,81

**Вариант 9**

310,52	213,55	161,05	196,88	127,30	177,89
201,93	346,64	156,70	329,95	193,93	366,48
143,46	453,22	226,71	279,22	354,00	120,72
168,68	238,33	141,18	305,46	326,27	224,59
158,06	257,80	158,58	238,13	265,84	194,59
249,05	278,00	299,92	250,35	286,20	186,03
172,89	240,63	61,20	184,22	252,88	407,81
47,25	226,98	161,61	220,82	418,61	201,03
229,49	119,16	128,67	285,75	200,59	217,78
257,06	172,01	191,78	274,15	251,03	244,27
312,94	244,11	196,14	159,88	245,12	175,03

**Вариант 10**

168,93	148,72	196,70	302,36	344,74	172,73
200,72	191,66	146,74	199,51	157,83	81,49
290,98	292,86	164,59	170,58	275,33	263,38

246,63	123,04	166,22	57,46	148,52	193,90
211,49	185,86	114,35	174,25	269,84	133,95
294,05	143,72	303,60	248,89	130,86	276,49
221,35	229,15	200,20	192,22	278,05	70,23
224,08	152,72	157,67	234,34	157,95	180,21
189,46	184,60	310,52	259,16	116,45	239,14
302,76	96,29	160,63	216,02	279,67	136,89
326,95	137,84	282,25	235,26	296,41	195,35

### **Контрольные вопросы**

- 1) На какие группы подразделяются процессы, происходящие в природе?
- 2) Для чего необходимо знание законов изменения технического состояния автомобилей?
- 3) Что такое нормальное распределение?
- 4) Что подчиняется закону нормального распределения?
- 5) Что такое вероятность безотказной работы?
- 6) Что показывают математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение?
- 7) Для чего применяется критерий Пирсона?
- 8) Для чего используется функция Лапласа?

### **Библиографический список**

- 1) Атапин В.Г. Основы работоспособности технических систем. Автомобильный транспорт: учебник. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2007. -316 с.
- 2) Техническая эксплуатация автомобилей: учебные для вузов, - 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2001. 535 с.
- 3) Соколов Г.А., Гладских И.М. Математическая статистика: учебник для вузов, - 2-е изд., исправл. – М.: Издательство «Экзамен», 2007. – 431 с.
- 4) Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: учебное пособие для вузов, - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.

# Приложение 1

## Плотность вероятности нормального распределения

$$f_0(\bar{y}_r) = -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\bar{y}_r^2/2}$$

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,3989	3989	3989	3988	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	3726	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	2131	2107	2083	2059	2036	2012	1989	1965
1,2	0,1942	1919	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	1219	1200	1182	1163	1145	1127
1,6	0,1109	1092	1074	1057	1040	1023	1006	0989	0973	0957
1,7	0,0940	0925	0909	0893	0878	0863	0848	0833	0818	0804
1,8	0,0790	0775	0761	0748	0734	0721	0707	0694	0681	0669
1,9	0,0656	0644	0632	0620	0608	0596	0584	0573	0562	0551
2,0	0,0540	0529	0519	0508	0498	0488	0478	0468	0459	0449
2,1	0,0440	0431	0422	0413	0404	0396	0387	0379	0371	0363
2,2	0,0355	0347	0339	0332	0325	0317	0310	0303	0297	0290
2,3	0,0283	0277	0270	0264	0258	0252	0246	0241	0235	0229
2,4	0,0224	0219	0213	0208	0203	0198	0194	0189	0184	0180
2,5	0,0175	0171	0167	0163	0158	0154	0151	0147	0143	0139
2,6	0,0136	0132	0129	0126	0122	0119	0116	0113	0110	0107
2,7	0,0104	0101	0099	0096	0093	0091	0088	0086	0084	0081
2,8	0,0079	0077	0075	0073	0071	0069	0067	0065	0063	0061
2,9	0,0060	0058	0056	0055	0053	0051	0050	0048	0047	0046
3,0	0,0044	0043	0042	0040	0039	0038	0037	0036	0035	0034
3,1	0,0033	0032	0031	0030	0029	0028	0027	0026	0025	0025
3,2	0,0024	0023	0022	0022	0021	0020	0020	0019	0018	0018
3,3	0,0017	0017	0016	0016	0015	0015	0014	0014	0013	0013
3,4	0,0012	0012	0012	0011	0011	0010	0010	0010	0009	0009
3,5	0,0009	0008	0008	0008	0008	0007	0007	0007	0007	0006
3,6	0,0006	0006	0006	0005	0005	0005	0005	0005	0005	0004
3,7	0,0004	0004	0004	0004	0004	0004	0003	0003	0003	0003
3,8	0,0003	0003	0003	0003	0003	0002	0002	0002	0002	0002
3,9	0,0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0001	0001

Приложение 2

Значения  $\chi^2$  в зависимости от вероятности  $P(\chi^2 > \chi^2_\alpha)$   
и числа степеней свободы  $k$

$k$	$\alpha$										
	0,99	0,95	0,90	0,50	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001
1	0,0002	0,004	0,02	0,46	1,32	2,71	3,84	5,20	6,63	7,88	10,8
2	0,02	0,10	0,21	1,39	2,77	4,61	5,99	7,38	9,21	10,6	13,8
3	0,12	0,35	0,58	2,37	4,11	6,25	7,81	9,35	11,3	12,8	16,3
4	0,30	0,71	1,06	3,36	5,39	7,78	9,49	11,1	13,3	14,9	18,5
5	0,55	1,15	1,61	4,35	6,63	9,24	11,1	12,8	15,1	16,7	20,5
6	0,87	1,64	2,20	5,35	7,84	10,6	12,6	14,4	16,8	18,5	22,5
7	1,24	2,17	2,83	6,35	9,04	12,0	14,1	16,0	18,5	20,3	24,3
8	1,65	2,73	3,49	7,34	10,2	13,4	15,5	17,5	20,1	22,0	26,1
9	2,09	3,33	4,17	8,34	11,4	14,7	16,9	19,0	21,7	23,6	27,9
10	2,56	3,94	4,87	9,34	12,5	16,0	18,3	20,5	23,2	25,2	29,6
11	3,05	4,57	5,58	10,3	13,7	17,3	19,7	21,9	24,7	26,8	31,3
12	3,57	5,23	6,30	11,3	14,8	18,5	21,0	23,3	26,2	28,3	32,9
13	4,11	5,89	7,04	12,3	16,0	19,8	22,4	24,7	27,7	29,8	34,5
14	4,66	6,57	7,79	13,3	17,1	21,1	23,7	26,1	29,1	31,3	36,1
15	5,23	7,26	8,55	14,3	18,2	22,3	25,0	27,5	30,6	32,8	37,7
16	5,81	7,96	9,31	15,3	19,4	23,5	26,3	28,8	32,0	34,3	39,3
17	6,41	8,67	10,1	16,3	20,5	24,8	27,6	30,2	33,4	35,7	40,8
18	7,01	9,39	10,9	17,3	21,6	26,0	28,9	31,5	34,8	37,2	42,3
19	7,63	10,1	11,7	18,3	22,7	27,2	30,1	32,9	36,2	38,6	43,8
20	8,26	10,9	12,4	19,3	23,8	28,4	31,4	34,2	37,6	40,0	45,3
21	8,90	11,6	13,2	20,3	24,9	29,6	32,7	35,5	38,9	41,4	46,8
22	9,54	12,3	14,0	21,3	26,0	30,8	33,9	36,8	40,3	42,8	48,3
23	10,2	13,1	14,8	22,3	27,1	32,0	35,2	38,1	41,6	44,2	49,7
24	10,9	13,8	15,7	23,3	28,2	33,2	36,4	39,4	43,0	45,6	51,2
25	11,5	14,6	16,5	24,3	29,3	34,4	37,7	40,6	44,3	46,9	52,6
26	12,2	15,4	17,3	25,3	30,4	35,6	38,9	41,9	45,6	48,3	54,1
27	12,9	16,2	18,1	26,3	31,5	36,7	40,1	43,2	47,0	49,6	55,5
28	13,6	16,9	18,9	27,3	32,6	37,9	41,3	44,5	48,3	51,0	56,9
29	14,3	17,7	19,8	28,3	33,7	39,1	42,6	45,7	49,6	52,3	58,3
30	15,0	18,5	20,6	29,3	34,8	43	43,8	47,0	50,9	53,7	59,7

### Приложение 3

Таблица значений функции  $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0040	0080	0120	0160	0199	0239	0279	0319	0359
0,1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0754
0,2	0793	0832	0871	0909	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1363	1406	1443	1480	1517
0,4	1554	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	1915	1950	1986	2019	2054	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2258	2291	2324	2357	2389	2421	2454	2486	2518	2549
0,7	2580	2612	2642	2673	2704	2734	2764	2794	2823	2852
0,8	2881	2910	2939	2967	2996	3023	3051	3078	3106	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	0,3413	3438	3461	3485	3508	3531	3554	3577	3599	3627
1,1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3906	3925	3940	3962	3980	3897	4016
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1,5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4430	4441
1,6	4452	4463	4474	4485	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4572	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1,8	4641	4648	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4762	4767
2,0	0,4772	4778	4383	4788	4793	4798	4803	4808	4812	4817
2,1	4821	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4858
2,2	4861	4864	4868	4881	4875	4878	4881	4884	4887	4890
2,3	4893	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2,4	4918	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936
2,5	4938	4940	4941	4943	4945	4946	4941	4949	4951	4952
2,6	4953	4955	4956	4957	4959	4960	4961	4962	4963	4964
2,7	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4972	4973	4974
2,8	4974	4975	4976	4977	4977	4978	4979	4980	4980	4981
2,9	9963	9964	9965	9966	9967	9968	9969	9970	9971	9972
3,0	0,9973	9974	9975	9976	9976	9977	9978	9979	9979	9980
3,1	9981	9981	9982	9983	9983	9984	9984	9985	9985	9986
3,2	9986	9987	9987	9988	9988	9989	9989	9989	9990	9990
3,3	9990	9991	9991	9991	9992	9992	9992	9992	9993	9993
3,4	9993	9994	9994	9994	9994	9994	9995	9995	9995	9995
3,5	9995	9996	9996	9996	9996	9996	9996	9996	9997	9997
4,0	0,999936	0,9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
5,0	0,99999994	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-3 - готовностью применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов</b>		
Знать	основы построения комплексных технических систем, основные понятия и характеристики	1. Понятие системы 2. Периоды развития систем 3. Этап эксплуатации. 4. Механизация автоматизация и роботизация
Уметь	использовать методы принятия решений о рациональных формах поддержания работоспособности	1. Токсичность и дымность отработавших газов 2. Вибрация и шум
Владеть	навыками определения диагностических параметров	1. Получение информации о надежности автомобиля.
<b>ПК - 9 - способностью к участию в составе коллектива исполнителей в проведении исследования и моделирования транспортных и транспортно-технологических процессов и их элементов</b>		
Знать	основы функционирования комплексных технических систем, основные понятия и характеристики	1.Классификация отказов 2.Классификация закономерностей характеризующих изменение технического состояния автомобилей 3.Закономерности изменения технического состояния автомобилей по наработке (закономерности первого вида) 4.Закономерности случайных процессов изменения технического состояния автомобилей (закономерности второго вида) 5.Экспоненциальный закон распределения 6.Нормальный закон распределения 7.Логарифмический закон распределения 8.Распределение Вейбула 9.Закономерности процессов восстановления (закономерности третьего вида)
Уметь	использовать методы контроля соблюдения технических условий на техническое обслуживание, ремонт,	1.Методы обеспечения работоспособности автомобилей 2.Средства обслуживания как система массового обслуживания



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	испытание	3.Классификация систем массового обслуживания
Владеть	навыками составления карт технического обслуживания и ремонта	1.Показатели их эффективности систем массового обслуживания 2.Факторы, влияющие на показатели эффективности средств обслуживания
<b>ПК - 15 - владением знаниями технических условий и правил рациональной эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, причин и последствий прекращения их работоспособности</b>		
Знать	понятия о ремонте, его месте в системе обеспечения работоспособности ТИТМО отрасли и эффективности его выполнения	1.Свойства надежности 2.Безотказность 3.Долговечность 4.Ремонтопригодность 5.Сохраняемость
Уметь	пользоваться имеющейся нормативно-технической документацией	1.Комплексная оценка работоспособности автомобилей 2.Количественная оценка состояния автомобилей и показателей эффективности ТЭА.
Владеть	навыками организации технической эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов	1.Основные нормативы технической эксплуатации
<b>ПК – 39- способностью использовать в практической деятельности данные оценки технического состояния транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, полученные с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам</b>		
Знать	критерии работоспособности и влияющие на них факторы	1.Состояние автомобильного транспорта 2.Проблемы и задачи автомобильного транспорта 3.Виды работ и услуг на автомобильном транспорте 4.Качество автомобилей 5.Техническое состояние автомобилей 6.Реализуемый показатель качества
Уметь	выполнять стандартные виды компоновочных, кинематических, динамических и прочностных расчетов	1.Основные причины изменения технического состояния автомобилей в процессе эксплуатации 2.Влияние условия эксплуатации на изменение технического состояния автомобилей
Владеть	навыками решения задач прикладного характера с применением известных методик	1.Факторы, влияющие на надежность автомобилей 2.Экологическая безопасность автомобиля

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		3.Дополнительное вредное воздействие автомобиля на окружающий мир. 4.Методы интенсификации производства 5.Трудоемкость технического обслуживания и ремонта
<b>ПК – 40 - способностью определять рациональные формы поддержания и восстановления работоспособности транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования</b>		
Знать	методы расчета количества запасных частей	1.Техническое обслуживание. 2.Ремонт.
Уметь	рассчитывать нормы расхода запасных частей исходя из заданной вероятности отсутствия простоев автомобилей	1.Периодичность технического обслуживания 2.Метод определения периодичности ТО по допустимому уровню безотказности. 3.Метод определения по допустимому значению и закономерности изменения параметра технического состояния. 4.Экономико-вероятностный метод. 5.Метод статистических испытаний.
Владеть	методами расчета средних норм расхода запасных частей для АТП	1.Определение ресурсов и норм расхода запасных частей