



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
Ю.В. Сомова

03.02.2025г.

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

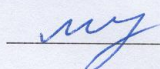
Форма обучения
заочная

| | |
|---------------------|--|
| Институт/ факультет | Институт естествознания и стандартизации |
| Кафедра | Технологии, сертификации и сервиса автомобилей |
| Курс | 2 |

Магнитогорск
2025 год


Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 916)

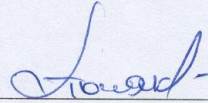
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса автомобилей
21.01.2025, протокол № 4

Зав. кафедрой  И.Ю. Мезин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
03.02.2025 г. протокол № 3

Председатель  Ю.В. Сомова

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры кафедры ТСиСА, канд. техн. наук  А.С. Лимарев

Рецензент:
профессор кафедры ТОМ, д-р техн. наук  М.А. Полякова

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.Ю. Мезин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.Ю. Мезин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.Ю. Мезин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ И.Ю. Мезин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Технологии, сертификации и сервиса

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 обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Математика

Физика

Информатика

Инженерная и компьютерная графика

Материалы отрасли

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

Эксплуатационные свойства автомобилей

Типаж и эксплуатация технологического оборудования автотранспортных предприятий

Технологические процессы технического обслуживания и ремонта НТТС

Организация государственного учета и контроля технического состояния
ТнТТМО

Обеспечение экологичности автотранспортных предприятий

Рабочие процессы, конструкция и основы расчета силовых агрегатов НТТС

Системы, технология и организация деятельности автотранспортных
предприятий

Технология и организация восстановления и производство деталей и сборочных
единиц НТТС

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:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции |
|----------------|--|
| ОПК-1 | Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности |
| ОПК-1.1 | Использует естественнонаучные законы и принципы при решении практических задач |
| ОПК-1.2 | Решает стандартные профессиональные задачи с применением общетехнических знаний |
| ОПК-1.3 | Применяет методы математического анализа для решения задач теоретического и прикладного характера |

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 8,6 акад. часов;
- аудиторная – 6 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,6 акад. часов;
- самостоятельная работа – 126,7 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

| Раздел/ тема дисциплины | Курс | 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 о технических системах | 2 | 0,12 | | 0,25 | 10 | самостоятельное изучение учебной литературы | Устный опрос | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 1.2 Качество и работоспособность | | 0,12 | | 0,5 | 10 | самостоятельное изучение учебной литературы | Устный опрос | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 1.3 Методы обеспечения работоспособности технических систем | | 0,25 | | 0,25 | 10 | самостоятельное изучение учебной литературы | Устный опрос | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 1.4 Надежность технических систем | | 0,25 | | 0,5 | 10 | самостоятельное изучение учебной литературы выполнение практической работы | Устный опрос | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 1.5 Методы определения нормативов сервиса технической эксплуатации транспортных машин | | 0,25 | | 0,5 | 10 | самостоятельное изучение учебной литературы | Устный опрос | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 1.6 Закономерности формирования производительности и пропускной способности средств обслуживания | | 0,25 | | 0,5 | 10 | самостоятельное изучение учебной литературы | Устный опрос | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 1.7 Средства и методы обеспечения работоспособности технических систем | | 0,25 | | 0,5 | 10 | самостоятельное изучение учебной литературы выполнение | Устный опрос | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |

| | | | | | | | | |
|---|---|------|--|-----|-------|--|--------------|---------------------------------|
| | | | | | | практической работы | | |
| 1.8 Методы управления техническими системами | 2 | 0,25 | | 0,5 | 10 | самостоятельное изучение учебной литературы | Устный опрос | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 1.9 Методы интенсификации производства | | 0,25 | | 0,5 | 10 | самостоятельное изучение учебной литературы | Устный опрос | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу | | 2 | | 4 | 90 | | | |
| 2. Промежуточная аттестация | | | | | | | | |
| 2.1 Промежуточная аттестация | 2 | | | | 36,7 | Самостоятельное изучение учебной литературы | Устный опрос | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| Итого по разделу | | | | | 36,7 | | | |
| Итого за семестр | | 2 | | 4 | 126,7 | | экзамен | |
| Итого по дисциплине | | 2 | | 4 | 126,7 | | экзамен | |

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. Обратит 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

а) Основная литература:

1.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 // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/97172> (дата обращения: 04.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2.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 // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111754> (дата обращения: 04.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Терюшков, В. П. Основы работоспособности технических систем автомобильной отрасли : учебное пособие / В. П. Терюшков, К. З. Кухмазов, А. В. Чупшев. — Пенза : ПГАУ, 2020. — 80 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-

библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/142028> (дата обращения: 04.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Терюшков, В. П. Основы работоспособности технических систем автомобильной отрасли: лабораторный практикум по дисциплине «Основы работоспособности технических систем автомобильной отрасли» для студентов обучающихся по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов : учебное пособие / В. П. Терюшков, К. З. Кухмазов, А. В. Чупшев. — Пенза : ПГАУ, 2020. — 72 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/142031> (дата обращения: 04.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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 Office 2007 Professional | № 135 от 17.09.2007 | бессрочно |
| 7Zip | свободно распространяемое ПО | бессрочно |

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса | Ссылка |
|--|---|
| Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС» | https://dlib.eastview.com/ |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: http://www1.fips.ru/ |

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.

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.

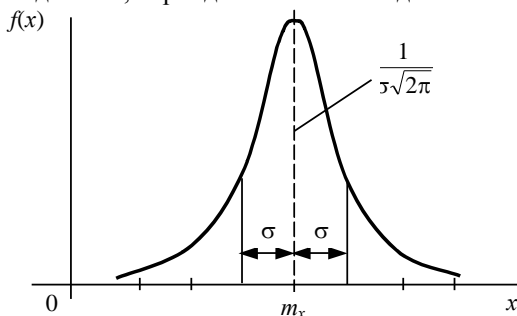


Рис. 1. Функция плотности вероятности нормального распределения

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 σ . 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 σ . Вероятность безотказной работы $P(x)$ можно найти по таблицам для нормального распределения в зависимости от значения квантили нормированного нормального распределения σ .

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:

| | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|
| <i>Интервал</i> | $a_{01} - a_{11}$ | $a_{02} - a_{12}$ | ... | $a_{0j} - a_{1j}$ | ... | $a_{0k} - a_{1k}$ |
| <i>Средина интервала a_j</i> | a_1 | a_2 | ... | a_j | ... | a_k |
| <i>Частота m_j</i> | m_1 | m_2 | ... | m_j | ... | m_k |
| <i>Относительная частота w_j</i> | w_1 | w_2 | ... | w_j | ... | w_q |

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 $a_{0j} + h$, 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 |

$$\Sigma = 12470,2$$

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. Приближённую проверку информации на выпадающие точки проводят по

правилу $\bar{l} \pm 3\sigma$.

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 χ^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

$$l_3 = 83,8 + 35 = 118,8 \text{ тыс. км}; \quad l_5 = 153,8 + 35 = 188,8 \text{ тыс. км};$$

$$l_4 = 118,8 + 35 = 153,8 \text{ тыс. км}; \quad l_6 = 188,8 + 35 = 223,8 \text{ тыс. км};$$

$$l_7 = 223,8 + 35 = 258,8 \text{ тыс. км}; \quad l_9 = 293,8 + 35 = 328,8 \text{ тыс. км};$$
$$l_8 = 258,8 + 35 = 293,8 \text{ тыс. км};$$

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 | 206,3 | 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)

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

- 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)

$$f_{\mathfrak{Z}}(l_r) = \frac{n_i}{Nh};$$

Таблица 3

Расчетные параметры распределения

| n_i | $\overline{y_r}$ | $f_{\mathfrak{Z}}(l_r)$ | $f_0(\overline{y_r})$ | $f_T(l_r)$ |
|-------|------------------|-------------------------|-----------------------|------------|
| 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 $f_{\mathfrak{Z}}(l_r)$ 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 |
| $m_l=n_i$ | 5 | 6 | 21 | 20 | 14 |

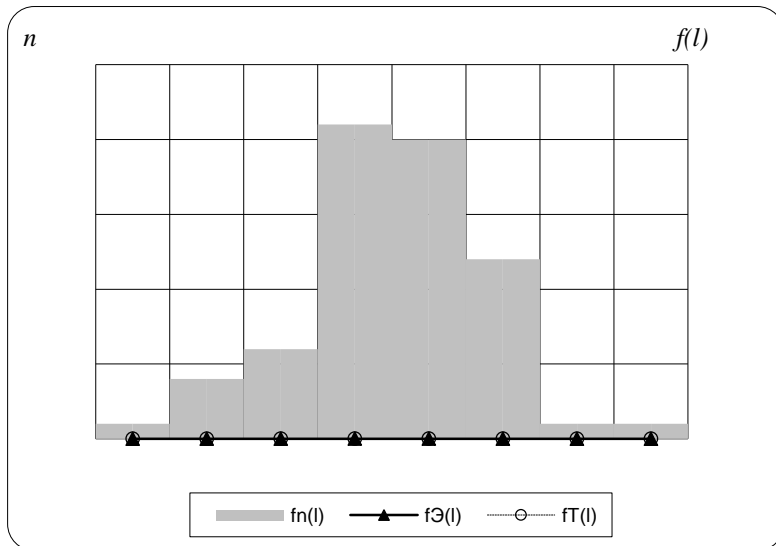


Рис. 2 Гистограмма середины интервалов $f_n(l)$, кривая распределения плотностей вероятностей $f_{\Delta}(l)$, теоретическая кривая распределения $f_T(l)$.

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 χ^2 составим табл. 5.

Таблица 5.

Расчет статистики χ^2

| № п/п | Интервал после объединения | m_i | p_i | np_i | $ m_i - np_i $ | $\frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$ |
|----------|----------------------------------|-------|--------|--------|----------------|-------------------------------|
| 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 |
| Σ | | 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 $\chi_{2,0,01}^2 = 9.2$.

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

| k | α | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|
| | 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»

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства |
|---|--|---|
| ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности; | | |
| ОПК-1.1 | Использует естественнонаучные законы и принципы при решении практических задач | Вопросы к экзамену: 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) |

| | | |
|---------|--|---|
| | | <p>10. Методы обеспечения работоспособности автомобилей</p> <p>11. Средства обслуживания как система массового обслуживания</p> <p>12. Классификация систем массового обслуживания</p> <p>13. Показатели их эффективности систем массового обслуживания</p> <p>14. Факторы, влияющие на показатели эффективности средств обслуживания</p> <p>Практическая работа</p> |
| ОПК-1.2 | Решает стандартные профессиональные задачи с применением общеинженерных знаний | <p>Вопросы к экзамену:</p> <p>1. Понятие системы</p> <p>2. Периоды развития систем</p> <p>3. Этап эксплуатации.</p> <p>4. Механизация автоматизация и роботизация</p> <p>5. Токсичность и дымность отработавших газов</p> <p>6. Вибрация и шум</p> <p>7. Получение информации о надежности автомобиля. Свойства надежности</p> <p>8. Безотказность</p> <p>9. Долговечность</p> <p>10. Ремонтпригодность</p> <p>11. Сохраняемость</p> |

| | | |
|---------|---|--|
| | | 12. Комплексная оценка работоспособности автомобилей 13. Количественная оценка состояния автомобилей и показателей эффективности ТЭА. 14. Основные нормативы технической эксплуатации Практическая работа |
| ОПК-1.3 | Применяет методы математического анализа для решения задач теоретического и прикладного характера | Вопросы к экзамену: 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 7. Основные причины изменения технического состояния автомобилей в процессе эксплуатации 8. Влияние условия эксплуатации на изменение технического состояния автомобилей 9. Факторы, влияющие на надежность автомобилей 10. Экологическая безопасность автомобиля 11. Дополнительное вредное воздействие автомобиля на окружающий мир. 12. Методы интенсификации производства 13. Трудоемкость технического обслуживания и ремонта |

| | | |
|--|--|----------------------------|
| | | Практическая работа |
|--|--|----------------------------|