



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

17.02.2020 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 - академический бакалавриат

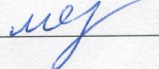
Форма обучения
очная

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

Магнитогорск
2020 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
10.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой  И.Ю. Мезин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
17.02.2020 г. протокол № 6

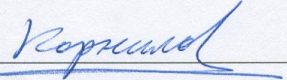
Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры ТСиСА, 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 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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 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:

Сопротивление 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 ТиТТМО

Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса

Основы технологии производства и ремонта Т иТТМО

Проектная деятельность

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

Устройство, техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств

Эксплуатационные свойства ТиТТМО

Инженерные сооружения и экологическая безопасность предприятий сервиса

Организация государственного учета и контроля технического состояния ТиТТМО

Рабочие процессы, конструкция и основы расчета силовых агрегатов

Техническая эксплуатация ходовой части автомобилей и систем, обеспечивающих безопасность движения

Технологические процессы технического обслуживания и ремонта ТиТТМО

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 отсутствия 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 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 68 акад. часов;
- аудиторная – 68 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов
- самостоятельная работа – 40 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 36 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	5	самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.3 Методы обеспечения работоспособности технических систем		5		5/2И	5	самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.4 Надежность технических систем		5		5/2И	5	самостоятельное изучение учебной литературы выполнение практической работы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.5 Методы определения нормативов сервиса технической эксплуатации транспортных машин		5		5/4И	5	самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.6 Закономерности формирования производительности и пропускной способности средств обслуживания		5		5/4И	5	самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.7 Средства и методы обеспечения работоспособности технических систем		4		4/4И	5	самостоятельное изучение учебной литературы выполнение практической работы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.8 Методы управления техническими системами		4		4/4И	5	самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
1.9 Методы интенсификации производства		2		2/2И	4	самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-9, ПК-15
Итого по разделу		34		34/26И	40			
2. Экзамен								
2.1 Экзамен	4							ПК-9, ПК-15
Итого по разделу								
Итого за семестр		34		34/26И	40		экзамен	
Итого по дисциплине		34		34/26И	40		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. Кузьмина. - 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
7Zip	свободно	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Наименование	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
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	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:

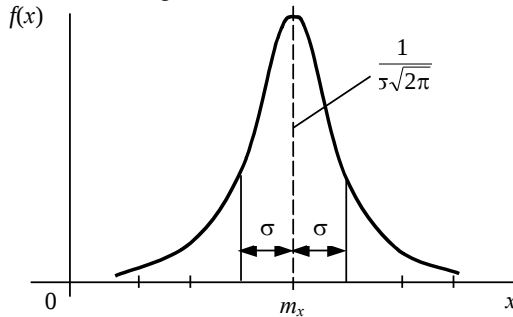
1) перейти от ожидания появления событий (отказы изделия, требования на услуги ТО и ремонта, заправку и др.) к математическому описанию и прогнозированию их реализаций с определенной вероятностью. Это дает возможность подготовить производство к эффективной работе;

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 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_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 $a_{0j} + h$, 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. Приблизжённую 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 Стрэджеса:

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

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	Середины интервалов l_i , 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)

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

- среднее квадратическое 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 $f_{\mathcal{D}}(l_r)$ по интервалам наработки (табл. 3)

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

Таблица 3

Расчетные параметры распределения

n_i	$\bar{y}_r$	$f_{\mathcal{D}}(l_r)$	$f_0(\bar{y}_r)$	$f_T(l_r)$
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 $f_0(l_r)$ 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

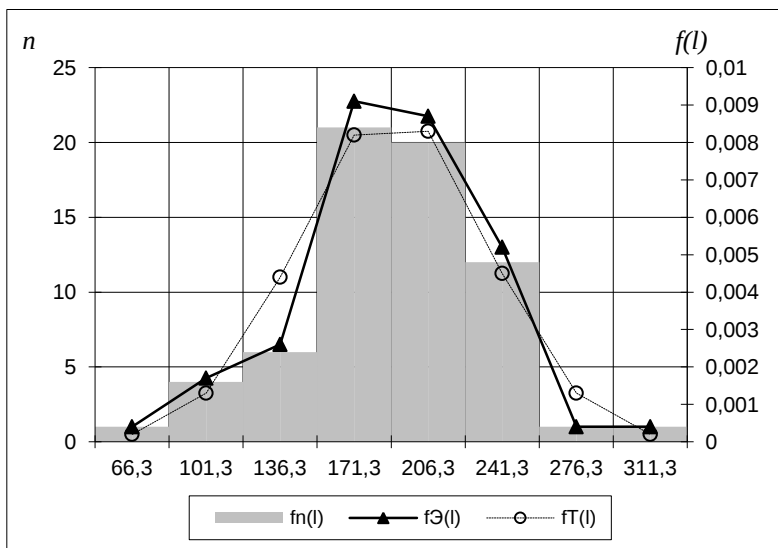


Рис. 2 Гистограмма середины интервалов $f_n(l)$, кривая распределения плотностей вероятностей $f_{Э}(l)$, теоретическая кривая распределения $f_{Т}(l)$

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 $(m_i, \sigma) - s = 2$, 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:

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

$$\begin{aligned}
 P(l_1) &= (66 - 1)/66 = 0,98; \\
 P(l_2) &= (66 - 5)/66 = 0,92; \\
 P(l_3) &= (66 - 11)/66 = 0,83; \\
 P(l_4) &= (66 - 32)/66 = 0,52; \\
 P(l_5) &= (66 - 52)/66 = 0,21; \\
 P(l_6) &= (66 - 64)/66 = 0,03; \\
 P(l_7) &= (66 - 65)/66 = 0,015; \\
 P(l_8) &= (66 - 66)/66 = 0.
 \end{aligned}$$

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

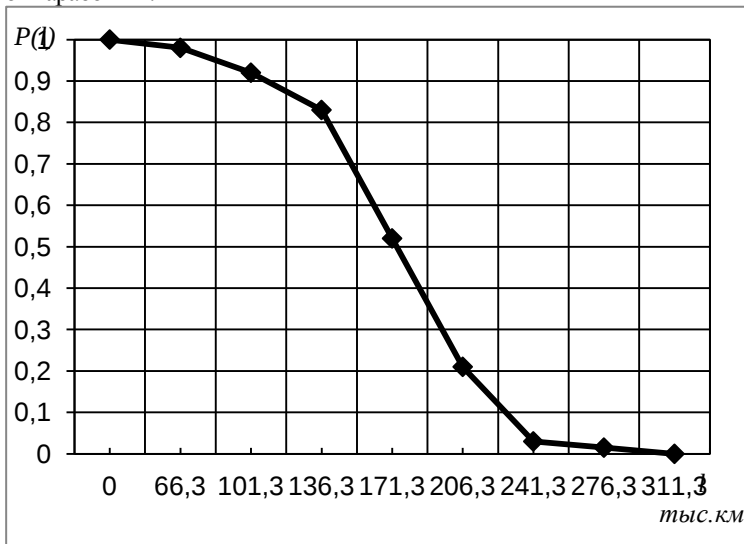


Рис. 3 Кривая вероятности безотказной работы детали $P(l)$ зависимости от наработки l .

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 2
ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
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	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.
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	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, испытание	1.Методы обеспечения работоспособности автомобилей 2.Средства обслуживания как система массового обслуживания 3.Классификация систем массового обслуживания

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	навыками составления карт технического обслуживания и ремонта	1.Показатели их эффективности систем массового обслуживания 2.Факторы, влияющие на показатели эффективности средств обслуживания
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	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
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	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 3.Дополнительное вредное воздействие автомобиля на окружающий мир.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		4.Методы интенсификации производства 5.Трудоемкость технического обслуживания и ремонта
ПК – 40 - способностью определять рациональные формы поддержания и восстановления работоспособности транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования		
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