

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Двигатели внутреннего сгорания

АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ»

Уровень подготовки
высшее образование – прикладной бакалавриат

Направление подготовки
13.03.03 Энергетическое машиностроение

Направленность подготовки (профиль)
Двигатели внутреннего сгорания

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Уфа 2015

Исполнитель:

к.т.н., доцент



С.А. Загайко

Заведующий кафедрой
Двигатели внутреннего сгорания
д.т.н., профессор _____



Р.Д. Еникеев

Содержание

1.	Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	3
2.	Перечень результатов обучения.....	4
3.	Содержание и структура дисциплины (модуля).....	4
4.	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.....	9
5.	Фонд оценочных средств.....	10
6.	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).	29
7.	Образовательные технологии.....	33
8.	Методические указания по освоению дисциплины.....	33
9.	Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	37
10.	Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ.....	37
	Лист согласования рабочей программы дисциплины.....	
	Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины.....	

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы теории трения и изнашивания» является дисциплиной по выбору вариативной части.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **13.03.03 «Энергетическое машиностроение»**, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "01" октября 2015 г. № 1803.

Целью освоения дисциплины является формирование систематизированных знаний о роли трибологии и триботехники в сложных технических системах. Целью изучения данного курса является формирование у обучающихся способностей проектирования узлов трения на основе системного подхода, умения строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений на фрикционном подвижном контакте, осуществлять их качественный и количественный анализ.

Задачи:

- изучение теоретических основ упругого контакта твердых металлических тел;
- изучение напряжений и деформаций в зонах упругого и пластического контакта;
- установление функциональной связи коэффициента внешнего трения с физико-механическими свойствами материалов контактирующих тел, геометрией поверхностей соприкосновения и давления их сжатия;
- установление функциональных связей изнашивания с физико-механическими свойствами материалов контактирующих тел, геометрией поверхностей соприкосновения, давления их сжатия и температурой;
- ознакомление с проблемами оптимизации конструирования и расчета узлов трения с учетом смазки, технологии обработки деталей таких узлов, условий эксплуатации и т.д.

Входные компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции*	Название дисциплины (модуля), сформировавшего данную компетенцию
1	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.	ОПК-2	Пороговый	Математика Физика. Химия.

- **пороговый уровень дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;*

*- **базовый уровень** позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;*

*- **повышенный уровень** предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.*

Исходящие компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Название дисциплины (модуля), для которой данная компетенция является входной
1	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.	ОПК-2	Базовый	Теория механизмов и машин. Детали машин.

2. Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.	ОПК-2	Методы проектирования и расчета трибо-технических систем.	Рассчитывать коэффициент трения, износ деталей машин и со-пряжений.	

3. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часа).

Трудоемкость дисциплины по видам работ

Вид работы	Трудоемкость, час.	
	3 семестр	Всего
Лекции (Л)	20	20
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
КСР	—	—
Курсовая проект работа (КР)	—	—
Расчетно - графическая работа (РГР)	—	—
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	68	68
Подготовка и сдача экзамена	—	—
Подготовка и сдача зачета	36	36
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	Экзамен	Экзамен

Содержание разделов и формы текущего контроля

№ разд.	Наименование и содержание раздела	Количество часов						Литература, ре- комендуемая студентам*	Виды интерак- тивных образова- тельных техноло- гий**
		Аудиторная работа				СРС	Всего		
		Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	<i>Введение. Характеристики трущихся поверх- ностей.</i> Геометрические характеристики по- верхностей и шероховатость реальных тел. Макроотклонения формы и размеров, волни- стость, микронеровности и субмикронеровно- сти. Опорная кривая. Шероховатость прирабо- танных поверхностей. Комплексная характери- стика шероховатости.	2	–	–	–	6	8	<i>Р 6.1 № 1</i> <i>Р 6.1 № 2</i>	Проблемная лек- ция
2	<i>Свойства поверхностных слоев.</i> Физико- механические и химические свойства поверх- ностных слоев. Искажения строения поверхно- стного слоя твердых тел. Наклеп. Остаточные напряжения. Сдвиг электродного потенциала. Адсорбция и хемосорбция. Модель поверхно- стных слоев реальных твердых тел. Правило положительного градиента механических свойств.	4	–	4	–	8	16	<i>Р 6.1 № 1</i> <i>Р 6.1 № 2</i> <i>Р 6.1 № 3</i>	Проблемная лек- ция
3	<i>Контактирование твердых тел.</i> Понятие фрикционной связи. Единичная фрикционная связь. Виды нарушения фрикционных связей: упругое оттеснение материала, пластическое оттеснение, микрорезание, адгезионное и коге- зионное разрушения. Множественный контакт, площади касания. Фактическая, контурная и номинальная площади касания. Упругий нена- сыщенный и насыщенный контакты. Пластиче- ский ненасыщенный и насыщенный контакты. Математические модели площадей касания для различных контактов в зависимости от физико- механических свойств материалов контакти-	4	2	–	–	14	20	<i>Р 6.1 № 2</i> <i>Р 6.1 № 3</i>	

	рующих поверхностей, шероховатости и волнистости.								
4	<i>Взаимодействие твердых тел при трении. Внешнее и внутреннее трение.</i> Принципиальные отличия внешнего трения от внутреннего. Выполнение правила положительного градиента механических свойств. Зависимость силы внешнего трения от относительного перемещения трущихся тел. Коэффициент внешнего трения. Молекулярно-механическая природа фрикционного взаимодействия. Модель относительного скольжения внедренной единичной неровности пятна касания твердых тел. Магнитное, гравитационное и электрическое взаимодействие между атомами и молекулами веществ, находящихся в контактной зоне. Ковалентные, ионные и металлические межатомные связи. Прочность на срез адгезионных связей. Понятие «третьего тела». Основные уравнения силы трения. Расчет коэффициента внешнего трения. Математические модели величины коэффициента внешнего трения для упругого и пластического, ненасыщенного и насыщенного контактов в зависимости от физико-механических свойств материалов контактирующих тел, шероховатости и характеристик молекулярного (адгезионного) взаимодействия.	4	2	4	—	14	24	<i>P 6.1 № 2</i> <i>P 6.1 № 3</i>	
5	<i>Изнашивание трущихся поверхностей. Виды изнашивания.</i> Коррозионно-механический износ. Адгезионное изнашивание. Усталостное (кумулятивное) изнашивание. Кумулятивная (усталостная) теория изнашивания. Физическая модель износа. Основное уравнение для расчета изнашивания. Расчет изнашивания твердых тел. Математические моде-	2	—	—	—	9	11	<i>P 6.1 № 2</i> <i>P 6.1 № 3</i>	

	ли изнашивания упругого и пластического контактов. Изнашивание криволинейных и плоских (волнистых) поверхностей.								
6	<i>Расчет износа сопряжений. Условие касания в сопряжениях. Износ сопряжения. Скорость изнашивания. Условие касания в сопряжениях при заданном и произвольном направлениях возможного сближения. Расчет износа сопряжений. Использование условия касания. Расчетные зависимости для некоторых сопряжений. Расчет предельных состояний по износу. Максимально допустимые износы. Предельные величины износа многозвенных механизмов. Расчет надежности сопряжений по износу. Показатели надежности. Прогнозирование износа сопряжений. Влияние износа на выходные параметры машины. Схема расчета машины на надежность.</i>	2	–	–	–	10	12	<i>P 6.1 № 2 P 6.1 № 3</i>	
7	<i>Некоторые факторы повышения долговечности и надежности работы трущихся поверхностей. Выбор материалов. Понятие совместности трущихся поверхностей. Руководящие правила при выборе материалов для пар трения скольжения. Смазка деталей машин. Классификация смазочных материалов и методов их подвода. Критерии для выбора марки и способа смазки. Технологические и конструктивные методы повышения износостойкости деталей машин. Жесткость, податливость и специальная конфигурация деталей как факторы повышения износостойкости пар трения. Классификация и технологические возможности упрочняющей поверхностной обработки деталей машин.</i>	2	–	8	–	7	17	<i>P 6.1 № 2 P 6.1 № 3</i>	
	Итого:	20	4	16	–	68	108		

**Указывается номер источника из соответствующего раздела рабочей программы, раздел (например, Р 6.1 №1, гл.3)*

***Указываются образовательные технологии, используемые при реализации различных видов работы.*

Примерный перечень наиболее часто используемых в учебном процессе образовательных технологий:

- *работа в команде – совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путем творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды с делением полномочий и ответственности,*
- *деловая (ролевая) игра – ролевая имитация студентами реальной профессиональной деятельности с выполнением функций специалистов на различных рабочих местах,*
- *проблемное обучение – стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы,*
- *контекстное обучение – мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением,*
- *обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности студента за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения,*
- *опережающая самостоятельная работа – изучение студентами нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий,*

Примерный перечень наиболее часто используемых образовательных технологий проведения лекционных занятий:

- *лекция классическая – систематическое, последовательно, монологическое изложение учебного материала,*
- *проблемная лекция – стимулирует творчество, проводится с подготовленной аудиторией, создается ситуация интеллектуального затруднения, проблемы,*
- *лекция-визуализация – передача информации посредством схем, таблиц, рисунков, видеоматериалов, проводится по ключевым темам с комментариями,*
- *лекция-пресс-конференция – лекция по заказу, тема сложная неоднозначная, лекция с обязательными ответами на вопросы.*

Занятия, проводимые в интерактивной форме, составляют 25% от общего количества аудиторных часов по дисциплине «Основы теории трения и изнашивания».

Лабораторные работы

Лабораторная работа по дисциплине «Основы теории трения и изнашивания» предполагает ознакомление студентами с показателями качества рабочих поверхностей деталей и способами их определения.

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Определение показателей качества, опорной кривой поверхностей трения и комплексной характеристики шероховатости по заданной профилограмме поверхности.	4
2	4	Исследование потерь на трение в подшипнике скольжения.	4
3	7	Численное исследование механических потерь ДВС в зависимости от скоростного режима.	4
4	7	Численное исследование механических потерь ДВС в зависимости от нагрузочного режима.	4

Практические занятия

Практические занятия по дисциплине «Основы теории трения и изнашивания» предполагают ознакомление студентами с моделированием механических потерь в узлах двигателя внутреннего сгорания.

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	3	Расчет подшипников скольжения и определение основных его геометрических характеристик.	2
2	4	Проектирование опор вала с подшипниками качения.	2

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Назначением самостоятельной работы студентов является закрепление знаний, умений и навыков, полученных ими в ходе лекционных занятий, а также при выполнении лабораторных работ. Самостоятельная работа предусматривает также самостоятельное изучение отдельных разделов и тем учебной дисциплины, подготовку к зачету.

Раздел 1

Вопросы для самостоятельного изучения (Р 6.1.1 – 6.1.2):

1. Макроотклонения формы и размеров, волнистость, микронеровности и субмикронеровности.
2. Шероховатость приработанных и не приработанных поверхностей.
3. Комплексная характеристика шероховатости.

Раздел 2

Вопросы для самостоятельного изучения (Р 6.1.2 – 6.1.3):

1. Искажения строения поверхностного слоя твердых тел. Наклеп.
2. Остаточные напряжения.
3. Сдвиг электродного потенциала.
4. Адсорбция и хемосорбция.

Раздел 3

Вопросы для самостоятельного изучения (Р 6.1.2 – 6.1.3):

1. Математические модели площадей касания для различных контактов в зависимости от физико-механических свойств материалов контактирующих поверхностей, шероховатости и волнистости.

2. Упругий насыщенный контакт. Условия возникновения.

3. Упругий ненасыщенный контакт. Условия возникновения.

4. Пластический насыщенный контакт. Условия возникновения.

5. Пластический ненасыщенный контакт. Условия возникновения.

Раздел 4

Вопросы для самостоятельного изучения (Р 6.1.2 – 6.1.3):

1. Магнитное, гравитационное и электрическое взаимодействие между атомами и молекулами веществ, находящихся в контактной зоне.

2. Ковалентные, ионные и металлические межатомные связи.

3. Прочность на срез адгезионных связей.

4. Понятие «третьего тела».

5. Основные уравнения силы трения.

6. Расчет коэффициента внешнего трения.

7. Математические модели величины коэффициента внешнего трения для упругого и пластического, ненасыщенного и насыщенного контактов в зависимости от физико-механических свойств материалов контактирующих тел, шероховатости и характеристик молекулярного (адгезионного) взаимодействия.

Раздел 5

Вопросы для самостоятельного изучения (Р 6.1.2 – 6.1.3):

1. Математические модели изнашивания упругого и пластического контактов.

2. Изнашивание криволинейных и плоских (волнистых) поверхностей.

3. Физическая модель износа, основанная на усталостной теории трения.

Раздел 6

Вопросы для самостоятельного изучения (Р 6.1.2 – 6.1.3):

1. Предельные величины износа многозвенных механизмов.

2. Расчет надежности сопряжений по износу.

3. Показатели надежности.

4. Прогнозирование износа сопряжений.

5. Влияние износа на выходные параметры машины.

Раздел 7

Вопросы для самостоятельного изучения (Р 6.1.2 – 6.1.3):

1. Факторы повышения износостойкости пар трения.

2. Классификация и технологические возможности упрочняющей поверхностной обработки деталей машин.

3. Классификация смазочных материалов и методов их подвода.

4. Критерии для выбора марки и способа смазки.

5. Технологические и конструктивные методы повышения износостойкости деталей машин.

6. Жесткость, податливость и специальная конфигурация деталей как факторы повышения износостойкости пар трения.

5. Фонд оценочных средств

Оценка уровня освоения дисциплины осуществляется в виде текущего и промежуточного контроля успеваемости студентов университета, и на основе критериев оценки уровня освоения дисциплины.

Контроль представляет собой набор заданий и проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине и пр.);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Активность обучающегося на занятиях оценивается на основе выполненных работ и заданий, предусмотренных ФОС дисциплины.

Оценивание проводится преподавателем независимо от наличия или отсутствия обучающегося (по уважительной или неуважительной причине) на занятии. Оценка носит комплексный характер и учитывает достижения обучающегося по основным компонентам учебного процесса за текущий период.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Наименование оценочного средства*
1	Введение. Характеристики трущихся поверхностей.	ОПК-2	<i>Базовый</i>	<i>Т, Р</i>
2	Свойства поверхностных слоев.	ОПК-2	<i>Базовый</i>	<i>Т, ЗЛР, Р</i>
3	Контактирование твердых тел.	ОПК-2	<i>Базовый</i>	<i>Т, Р</i>
4	Взаимодействие твердых тел при трении. Внешнее и внутреннее трение.	ОПК-2	<i>Базовый</i>	<i>Т, ЗЛР, Р</i>
5	Изнашивание трущихся поверхностей. Виды изнашивания.	ОПК-2	<i>Базовый</i>	<i>Т, Р</i>
6	Расчет износа сопряжений. Условие касания в сопряжениях.	ОПК-2	<i>Базовый</i>	<i>Т, Р</i>
7	Некоторые факторы повышения долговечности и надежности работы трущихся поверхностей.	ОПК-2	<i>Базовый</i>	<i>Т, ЗЛР, Р</i>

* Планируемые формы контроля: защита лабораторной работы (ЗЛР), курсовой работы (КР), расчетно-графической работы (РГР), домашнего задания (ДЗ) написание реферата (Р), эссе (Э), тестирование, ответы на вопросы (Т), кейс-анализ (КА) и т.д.

При реализации дисциплины используется балльно-рейтинговая оценка освоения компетенций.

Вид контроля	Образовательные результаты	Критерии оценки	Сроки	Баллы (min-max)	Набранные баллы
Модуль 1. Основы теории трения и изнашивания (min – 61 б., max – 100 б.)					
Текущий контроль:					
1. Лекции (20 часов)	Получение теоретических знаний	За посещение каждого занятия 2 балла	В течение семестра	0–20	
2. Лабораторные работы (16 часов) и практические занятия (4 часа)	Получение навыков определения показателей качества поверхностей, проектирования опор трения, определения механических характеристик энергетических машин	За посещение каждого занятия 5 баллов	В течение семестра	0–30	
		За активное участие		+2	
		За пассивность		-2	
2. Написание реферата	Получение теоретических знаний	Наличие выполненного реферата	В течение семестра	0-5	
3. Разработка математической модели процесса трения	Получения навыков разработки программ моделирования процессов трения и изнашивания в парах трения	Математическая модель или работающая программа	В течение семестра	0-10	
Рубежный контроль:					
1. Защита лабораторных работ	Закрепление знаний, полученных на лабораторных работах	За каждую успешную защиту 5 баллов	В конце лабораторного занятия или в конце семестра	0–20	
2. Тестовый контроль	Закрепление знаний по вопросам минимальных знаний	В тесте 5 вопросов. За каждый правильный ответ 1 балл.	В конце семестра	0–5	
Промежуточный контроль	Зачет	В билете 3 вопроса по 3 балла (при ответе на все 3 вопроса – 10 баллов)	Зачетная неделя	0–10	
Итого:					"0–60 б." – не зачет "61–100 б." – зачет

5.1. Вопросы к экзамену

Компетенции	Код	Вопросы для оценки знаний
Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.	ОПК-2	1. Основные разделы трибологии. 2. Основные понятия и определения триботехники. 3. Погрешности изготовления деталей. 4. Показатели качества поверхности. 5. Физико-механические свойства поверхностных слоев. 6. Строение поверхностного слоя. 7. Три площади контакта. 8. Номинальная площадь контакта и номинальное давление. 9. Контурная площадь контакта и контурное давление. 10. Фактическая площадь контакта и фактическое давление. 11. Отличие внешнего трения от внутреннего. 12. Зависимость силы трения от относительного перемещения. 13. Молекулярно-механическая природа фрикционного взаимодействия. 14. Упругий контакт. 15. Упругий ненасыщенный контакт. 16. Упругий насыщенный контакт. 17. Пластический контакт. 18. Пластический ненасыщенный контакт. 19. Пластический насыщенный контакт. 20. Правило положительного градиента сдвигового сопротивления. 21. Понятие третьего тела. 22. Виды и режимы трения. 23. Сухое трение. 24. Трение при граничной смазке. 25. Трение при полужидкостной смазке. 26. Трение при жидкостной смазке. 27. Диаграмма Герси-Штрибека. 28. Основные закономерности процессов контактного взаимодействия скользящих поверхностей. 29. Механизм и виды изнашивания. 30. Единичная фрикционная связь. 31. Основные виды фрикционных связей. 32. Механическое изнашивание. 33. Абразивное изнашивание. 34. Ударно-абразивное изнашивание. 35. Изнашивание при пластическом деформировании. 36. Изнашивание при хрупком разрушении. 37. Усталостное изнашивание (питтинг). 38. Изнашивание при фреттинге. 39. Молекулярно-механическое изнашивание. 40. Схватывание I-го рода. 41. Схватывание II-го рода. 42. Коррозионно-механическое изнашивание. 43. Окислительное изнашивание. 44. Фреттинг-коррозионное изнашивание. 45. Эрозионное изнашивание. 46. Кавитационное изнашивание. 47. Факторы, влияющие на интенсивность изнашивания. 48. Диаграмма изнашивания деталей.

		49. Шероховатость приработанных поверхностей. 50. Методы измерения износов. 51. Смазочные материалы.
--	--	--

Критерии оценки на экзамене

Оценки «**отлично**» заслуживает студент, успешно выполнивший задания лабораторных и практических занятий, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материала дисциплины, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой. Оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала из области современных тенденций развития пар трения в двигателестроении, надежности и долговечности двигателей, показавший всестороннее знание существующих проблем современных ДВС, умеющий понимать современные проблемы и политику научно-технического развития в области двигателестроения, знающий основные способы повышения триботехнической надежности ДВС;

Оценки «**хорошо**» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала дисциплины, успешно выполнивший задания практического занятия, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по компетенции и способным к самостоятельному пополнению и обновлению знаний, умений и навыков из области современных тенденций развития пар трения в двигателестроении, надежности и долговечности двигателей в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности, а также показавший знание существующих методов повышения триботехнической надежности в области двигателестроения;

– оценки «**удовлетворительно**» заслуживает студент, обнаруживший знание основного программного материала из области современных тенденций в двигателестроении, триботехнической надежности и долговечности двигателей, показавший общие знания существующих пар трения ДВС, понимающий в общих чертах современные проблемы и политику научно-технического развития в области триботехнической надежности двигателестроения, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности непринципиального характера в ответе на зачете;

– оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного материала дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в ответе из области современных тенденций в двигателестроении, триботехнической надежности и долговечности двигателей, показавший отсутствие знаний существующих пар трения ДВС, не владеющий знаниями современных проблемами политики научно-технического развития в области двигателестроения.

5.2. Вопросник минимальных знаний

Вопросник минимальных знаний является промежуточным этапом для допуска к зачету.

1. В чем заключается суть науки трибологии?

Трибология – наука о контактном взаимодействии твердых тел при их относительном движении, охватывающая весь комплекс вопросов трения, изнашивания и смазывания машин.

2. Что такое триботехника?

Триботехника – это техническая наука о практическом применении трибологии при проектировании, изготовлении, испытании и эксплуатации трибологических систем (узлов трения и деталей машин, приборов и аппаратов, а также инструментов в технологических производствах).

3. Перечислите разделы трибологии.

- а) Основы износостойкости при трении;
- б) конструктивные методы повышения долговечности и надежности работы трущихся деталей;
- в) технологические способы повышения долговечности трущихся пар деталей;

г) вопросы эксплуатации машин.

4. Что такое трение покоя?

Трение покоя – трение двух тел при микроперемещениях до перехода к относительному движению.

5. Что такое предварительное смещение?

Предварительное смещение – относительное микроперемещение двух твердых тел при трении в пределах перехода от состояния покоя к относительному движению.

6. Что такое наибольшая сила трения покоя?

Наибольшая сила трения покоя – сила трения покоя, любое превышение которой ведет к возникновению движения.

7. Что такое внешнее трение?

Внешнее трение – явление сопротивления относительному перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей по касательным к ним, сопровождаемое преобразованием энергии (диссипацией).

8. Что такое внутреннее трение?

Внутреннее трение – явление сопротивления относительному перемещению частей одного и того же тела

9. Что такое сила трения?

Сила трения – сила сопротивления при относительном перемещении одного тела по поверхности другого под действием внешней силы, направленной по касательной к общей границе между этими телами и направленная в противоположную сторону от внешней силы.

10. Что такое коэффициент трения?

Коэффициент трения – отношение силы трения двух тел к нормальной силе, прижимающей эти тела друг к другу.

11. Что такое коэффициент сцепления?

Коэффициент сцепления – отношение наибольшей силы трения покоя двух тел к нормальной относительно поверхностей трения силе, прижимающей тела друг к другу.

12. Что такое трение движения?

Трение движения – трение двух тел, находящихся в относительном движении.

13. Перечислите виды трения движения.

- а) трение скольжения;
- б) трение качения;
- в) трение верчения.

14. Что такое скорость скольжения?

Скорость скольжения – разность скоростей двух тел в точках касания при их относительном перемещении.

15. Что является трением без смазочного материала?

Трение без смазочного материала – трение двух тел при отсутствии на поверхности трения введенного смазочного материала любого вида.

16. Что такое поверхность трения?

Поверхность трения – поверхность тела, участвующего в трении.

17. Что такое изнашивание?

Изнашивание – процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и накопления его остаточной деформации при трении, проявляющейся в постепенном изменении размеров и формы тела.

18. Что такое износ?

Износ – результат изнашивания, определяемый в условных единицах. Может выражаться в единицах длины, объема или массы на пройденный путь или время работы узла трения.

19. Что такое износостойкость?

Износостойкость – свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения, оцениваемого величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания, равной отношению износа к соответствующей длине пути трения: $U = 1 / I_h$.

20. Что такое адсорбция?

Адсорбция – концентрация жидких или газообразных веществ (адсорбатов) на поверхностях твердых тел (адсорбентов), происходящая в результате взаимодействия полей адсорбента и адсорбата. В зависимости от взаимодействия могут образовываться слои различной толщины: от мономолекулярного слоя до мультимолекулярного.

21. Что такое смазочный материал?

Смазочный материал – материал, вводимый на поверхности трения для уменьшения силы трения и износа.

22. Что такое смазка?

Смазка – действие смазочного материала, вводимого на поверхности трения для уменьшения силы трения и (или) интенсивности изнашивания.

23. Что такое смазывание?

Смазывание – подведение смазочного материала к поверхности трения.

24. Что такое наклеп?

Наклеп – это деформационное упрочнение материала пластическим деформированием при его нагружении за пределом текучести.

25. В чем заключается правило положительного градиента механических свойств?

Увеличение прочности поверхностных слоев с возрастанием глубины, при соблюдении которого выполняются условия внешнего трения.

26. Перечислите виды геометрических погрешностей.

- а) макрогеометрические отклонения;
- б) волнистость поверхности;
- в) шероховатость поверхности.

27. Что такое волнистость поверхности?

Волнистость поверхности – совокупность более или менее регулярно чередующихся возвышенностей и впадин с шагом волны, значительно превышающим ее высоту ($S_b / H_b > 40$).

28. Что такое шероховатость поверхности?

Шероховатость поверхности – совокупность неровностей, представляющих из себя выступы и впадины с относительно малым расстоянием между ними, образующих рельеф поверхности.

29. Что такое профилограмма шероховатости?

Профилограмма шероховатости – графическое изображение реального профиля в определенном масштабе, полученное по данным измерений шероховатости профилометром.

30. Перечислите показатели качества поверхности.

- а) Ra - среднее арифметическое отклонение профиля от средней линии;
- б) Rz - высота неровностей профиля по 10-ти точкам;
- в) R_{max} - наибольшая высота неровностей профиля;
- г) r - средний радиус кривизны вершин выступов;
- д) Sm - средний шаг неровностей;
- е) S - средний шаг в пределах одного выступа;
- ж) Опорная кривая профиля (параметры ν и b);
- з) Комплексная характеристика шероховатости Δ .

31. Что такое номинальная площадь контакта?

Номинальная площадь контакта Aa представляет собой площадь, по которой соприкасались бы тела, имея они идеально гладкую поверхность в случае плоских контактов

32. Что такое контурная площадь контакта?

Контурная площадь контакта Ac является суммой элементарных площадок ΔAc , ограниченных контуром, в пределах которого существуют фактические пятна контакта.

33. Что такое фактическая площадь контакта?

Фактическая площадь контакта Ar есть сумма элементарных площадок контакта ΔAr , возникающих в результате деформаций отдельных неровностей.

34. Перечислите возможные деформации выступов.

- а) упругая;
- б) упруго-пластическая без упрочнения;
- в) упруго-пластическая с упрочнением.

35. В чем сходство внешнего и внутреннего трения?

Внешнее и внутреннее трение твердых тел всегда сопровождается преобразованием кинетической энергии в тепло, то есть они являются диссипативными процессами.

36. В чем принципиальные отличия внешнего и внутреннего трения?

Принципиальных отличий два:

- 1) при внешнем трении контакт твердых тел всегда происходит в отдельных «пятнах», площадках фактического касания, количество и размер которых зависит от нагрузки и на которых протекает весь сложный комплекс явлений, обуславливающих природу внешнего трения. При внутреннем трении поверхность касания непрерывна и не зависит от нагрузки;
- 2) при внешнем трении все процессы взаимодействия соприкасающихся поверхностей протекают в тонком поверхностном слое толщиной порядка несколько миллиметров. При внутреннем трении диссипативные процессы протекают по всей толщине материала.

37. Каково необходимое условие для обеспечения внешнего трения?

Различие между прочностью молекулярных связей и прочностью нижележащих слоев, а именно выполнение правила положительного градиента сдвигового сопротивления каждого из

трущихся тел по глубине, согласно которому прочность материала пары трения должна возрастать от поверхности касания вглубь материала.

38. В чем заключается молекулярно-механическая теория трения?

Сила трения обусловлена двумя составляющими:

а) сопротивлениями, возникающими в результате деформирования поверхностных слоев контактирующих тел внедрившимися микронеровностями (механическая составляющая силы трения);

б) сопротивлениями, возникающими в результате преодоления межатомных и межмолекулярных связей (молекулярная составляющая силы трения):

$$F = Fa + F_m,$$

39. Перечислите виды взаимодействия твердых тел при контакте.

а) Упругий контакт, подразделяющийся на упругий ненасыщенный контакт и на упругий насыщенный контакт;

б) пластический контакт, подразделяющийся на пластический ненасыщенный контакт и на пластический насыщенный контакт.

40. Чем ненасыщенный контакт отличается от насыщенного контакта?

В ненасыщенном контакте число контактирующих неровностей меньше числа неровностей, расположенных на контурной площади касания, а в насыщенном – равно.

41. Чем упругий контакт отличается от пластического?

При упругом контакте напряжения на этом контакте не превышают предел текучести, а в пластическом – превышают.

42. Перечислите основные методы для осуществления положительного градиента сдвигового сопротивления.

а) Формирование пленок при трении из окружающей среды;

б) нанесение покрытий и смазок;

в) разрыхление поверхностного слоя;

г) повышение твердости подложки.

43. Что такое третье тело?

Третье тело – рабочий слой или зона фрикционного взаимодействия контактирующих тел, в которой расположены фрикционные связи, а также заполняющие пространство между ними смазка (загрязнения) и продукты износа.

44. Перечислите режимы трения при трении скольжения.

а) Сухое трение;

б) граничная смазка;

в) полужидкостная смазка;

г) жидкостная смазка (гидростатическая или гидродинамическая);

45. В чем особенность граничной смазки?

При граничной смазке поверхности сопряженных тел разделены слоем смазочного материала весьма малой толщины (от толщины одной молекулы до 0,1 мкм).

46. В чем особенность полужидкостной смазки?

При полужидкостной смазке нормальная нагрузка уравнивается нормальной составляющей сил взаимодействия поверхностей на площадках их контакта и силами гидродинамического давления в смазочном слое.

47. В чем особенность жидкостной смазки?

При жидкостной смазке поверхности трения разделены слоем жидкости под давлением, которое полностью уравнивает внешнюю нагрузку.

48. Что такое адгезия?

Адгезия (прилипание) – возникновение молекулярной связи между поверхностными слоями соприкасающихся разнородных тел, являясь результатом межмолекулярного взаимодействия, ионной или металлической связи.

49. Что такое когезия?

Когезия – частный случай адгезии – взаимодействие соприкасающихся однородных тел.

50. Перечислите основные виды изнашивания.

- а) Механическое;
- б) молекулярно-механическое;
- в) коррозионно-механическое;
- г) термомеханическое.

51. Перечислите три периода в изнашивании деталей машин.

- а) Период приработки;
- б) период стабильного или нормального изнашивания;
- в) период предельного изнашивания.

52. Перечислите методы измерения износов.

- а) Метод искусственных баз или метод лунок;
- б) метод наложения макропрофилограмм;
- в) метод спектрального анализа;
- г) метод радиоактивных изотопов.

53. Перечислите функции, которые должен выполнять смазочный материал.

- а) уменьшать трение, тем самым уменьшая сопротивление движению;
- б) уменьшать износ и предотвращать задиры трущихся поверхностей;
- в) отводить тепло от трущихся поверхностей;
- г) защищать поверхности деталей от коррозионного воздействия внешней среды;
- д) уплотнять зазоры между сопряженными деталями;
- е) удалять из зоны трения продукты износа, коррозии и загрязнения.

Критерии оценки:

Для оценки допуска к зачету студентам предлагаются тестовые билеты с 10 вопросами из вопросника минимальных знаний.

Оценка «**зачтено**» выставляется, если студент дает правильные ответы не менее, чем на 6 вопросов (60% правильных ответов).

Оценка «**не зачтено**» выставляется, если студент дает правильные ответы менее, чем на 6 вопросов (60% правильных ответов).

5.3. Комплект тестовых заданий

1. Какие существуют виды трения со смазочным материалом?

- а) граничное**
- б) абразивное
- в) полужидкостное**
- г) адсорбционное

2. Какие существуют типы трения движения?

- а) скольжения
- б) верчения**
- в) кручения
- г) закручивания

3. Показатель качества поверхности S описывает ...

- а) путь пройденный профилографом
- б) средний шаг в пределах одного выступа**
- в) он является одним из параметров опорной кривой
- г) базовую длину профилограммы

4. Для чего используют правило положительного градиента сдвигового сопротивления?

- а) для проверки прочности детали
- б) для обеспечения внешнего трения**
- в) для расчета параметров шероховатости поверхностей
- г) данное правило не используется в теории трения

5. Что из ниже перечисленного относится к основным видам изнашивания?

- а) механическое изнашивание**
- б) радиационно-химическое изнашивание
- в) коррозионно-механическое изнашивание**
- г) термо-молекулярное изнашивание

6. Что такое трение покоя?

- а) трение двух тел в состоянии покоя
- б) трение при установившемся движении
- в) трение двух тел при микроперемещениях до перехода к относительному движению**
- г) трение в момент приложения нагрузки

7. Что такое коэффициент трения?

- а) отношение нормальной силы, действующей на тела, к силе трения, возникающей при движении
- б) отношение силы трения двух тел к нормальной силе, прижимающей эти тела друг к другу**
- в) произведение силы трения и нормальной силы, действующих на два тела
- г) нет верного ответа

8. Как называется отношение наибольшей силы трения покоя двух тел к нормальной относительно поверхностей трения силе, прижимающей тела друг к другу?

- а) коэффициент трения
- б) коэффициент сцепления**
- в) сила трения
- г) сила трения покоя

9. Как называется действие смазочного материала, вводимого на поверхности трения для уменьшения силы трения и интенсивности изнашивания?

- а) адсорбция
- б) смазывание
- в) смазка**
- г) набивка смазочного материала

10. Назовите погрешности от идеальной формы реальных деталей.

- а) макрогеометрические отклонения**

- б) **волнистость поверхности**
- в) допуск размера
- г) **шероховатость поверхности**

11. Назовите существующие показатели качества поверхности.

- а) **среднее арифметическое отклонение профиля от средней линии Ra**
- б) **высота неровностей профиля по десяти точкам Rz**
- в) глубина внедрения неровностей h
- г) твердость поверхности HB

12. Что учитывает комплексная характеристика шероховатости Δ ?

- а) глубину внедрения неровностей
- б) **остроту выступов неровностей**
- в) **распределение шероховатого слоя по высоте профиля**
- г) твердость поверхности

13. Какие площади контакта поверхностей применяют в теории трения?

- а) **контурную**
- б) **номинальную**
- в) физическую
- г) **фактическую**

14. При воздействии каких факторов происходит увеличение фактической площади контакта?

- а) при повышении твердости поверхности
- б) **при увеличении нагрузки**
- в) с повышением упругих характеристик
- г) **при уменьшении шероховатости**

15. При воздействии каких факторов происходит уменьшение фактической площади контакта?

- а) **с увеличением предела текучести материала**
- б) при увеличении нагрузки
- в) **с повышением упругих характеристик**
- г) при уменьшении шероховатости

16. Назовите возможные случаи деформации выступов.

- а) **упругая деформация**
- б) **упруго-пластическая без упрочнения**
- в) **упруго-пластическая с упрочнением**
- г) чисто пластическая

17. Из каких составляющих состоит коэффициент трения в соответствии с молекулярно-механической теории трения?

- а) динамическая составляющая
- б) **механическая составляющая**
- в) **молекулярная составляющая**
- г) химическая составляющая

18. Какой вид изнашивания происходит при малых амплитудах колебательных относительных перемещений?

- а) абразивное изнашивания
- б) **коррозия**

- в) **фреттинг-коррозия**
- г) **вибрационная кавитация**

19. Перечислите меры, которые могут привести к исчезновению явления "визга тормозов" в парах трения.

- а) **увеличение жесткости системы**
- б) **повышение скорости скольжения**
- в) изменение направление движения
- г) **подбор материала для пар трения**

20. Назовите существующие методы измерения износов.

- а) **метод радиоактивных изотопов**
- б) метод радионуклидов
- в) **метод лунок**
- г) **метод наложения профилограмм**

21. Графическое изображение реального профиля поверхности, выполненное в определенном масштабе называется ...

- а) шероховатостью
- б) **профилограммой**
- в) профилометром
- г) профайлом

22. По какой формуле определяется параметр *Среднее арифметическое отклонение профиля от средней линии* Ra ?

а) $Ra = \frac{1}{l} \int_0^l y(x) dx$

б) $Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$

в) $Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$

г) $Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$

23. По какой формуле определяется параметр *Высота неровностей профиля по десяти точкам* Rz ?

а) $Rz = \frac{1}{10} \left(\sum_{i=1}^5 |y_{Pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{Vi}| \right)$

б) $Rz = \frac{1}{10} \left(\sum_{i=1}^5 y_{Pi} + \sum_{i=1}^5 y_{Vi} \right)$

$$\text{в) } Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |y_{Pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{Vi}| \right)$$

$$\text{г) } Rz = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 y_{Pi} + \sum_{i=1}^5 y_{Vi} \right)$$

24. По какой формуле определяется параметр *Комплексная характеристика шероховатости* Δ ?

$$\text{а) } \Delta = \frac{R_{\max}}{rb^{(v+1)}}$$

$$\text{б) } \Delta = \frac{R_{\max}}{rb^v}$$

$$\text{в) } \Delta = \frac{R_{\max}}{rb^{1/(2v+1)}}$$

$$\text{г) } \Delta = \frac{R_{\max}}{rb^{1/v}}$$

25. Какой функцией аппроксимируется начальный участок опорной кривой профиля?

$$\text{а) } tp = bx^{1/v}$$

$$\text{б) } tp = bx^v$$

$$\text{в) } tp = bx^{v+1}$$

$$\text{г) } tp = bx^{2v+1}$$

26. Как называется процесс разрушения и отделения материала с поверхности тела, проявляющийся в постепенном изменении размеров и формы этого тела?

а) износ

б) **изнашивание**

в) износостойкость

г) трение

27. Какой из перечисленных режимов трения является основным в подшипниках скольжения коренных и шатунных шеек коленчатых валов?

а) сухое трение

б) граничная смазка

в) полужидкостная смазка

г) **жидкостная смазка**

28. Какие смазочные материалы преимущественно используют в подшипниках качения?

а) газообразные

б) **жидкие**

в) **пластичные**

г) твердые

29. Какой показатель масла является важным для обеспечения гидродинамического режима жидкостного трения?

- а) температура вспышки
- б) температура застывания
- в) **вязкость**
- г) задиристость

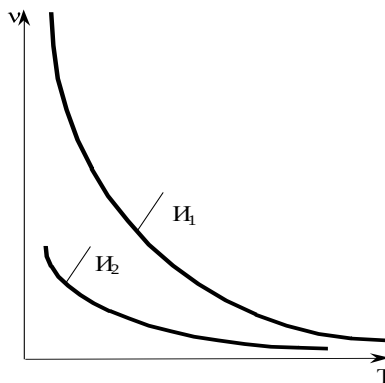
30. Какой показатель масла является важным для предотвращения схватывания поверхностей?

- а) температура вспышки
- б) температура застывания
- в) вязкость
- г) **задиристость**

31. Что показывается индекс вязкости моторного масла?

- а) величину вязкости масла при температуре 0°C
- б) величину вязкости масла при температуре 100°C
- в) **скорость изменения вязкости масла от температуры**
- г) минимальную вязкость масла

32. У какого из масел, показанных на рисунке, индекс вязкости больше?



- а) $I_1 > I_2$
- б) **$I_1 < I_2$**
- в) $I_1 = I_2$, так как индекс вязкости не зависит от температуры
- г) в данном случае индекс вязкости не имеет смысла

33. При наклепе снижается:

- а) **пластичность**
- б) усталостная прочность
- в) **ударная вязкость**
- г) предел текучести

34. Явлением сопротивления движению, возникающему между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей и по касательной к ним называется:

- а) наибольшая сила трения покоя
- б) **внешнее трение**
- в) внутреннее трение
- г) предварительное смещение

35. Наименьшей площадью контакта между поверхностями является:

- а) номинальная площадь контакта
- б) контурная площадь контакта
- в) фактическая площадь контакта**
- г) другое

36. Для избегания "скачков" при сухом трении применяются следующие меры:

- а) увеличивают жесткость системы**
- б) увеличивают прочность системы
- в) понижают скорость скольжения
- г) повышают скорость скольжения**

37. Режим жидкостного трения по конструктивному исполнению делится на:

- а) режим гидродинамического трения**
- б) режим гидростатического трения**
- в) режим газодинамического трения
- г) режим газостатического трения**

38. Назовите разделы триботехники:

- а) трибология
- б) трибомеханика**
- в) трибофизика**
- г) трибохимия**

39. Назовите виды трения:

- а) сухое
- б) полужидкостная смазка
- в) граничная смазка
- г) со смазочным материалом**

40. Что такое трибология?

- а) наука о контактном взаимодействии твердых тел при их относительном движении**
- б) наука, изучающая взаимодействие поверхностей с химически активной средой
- в) наука, изучающая физические аспекты взаимодействия контактируемых поверхностей при трении
- г) наука, изучающая механику взаимодействия контактируемых поверхностей при трении

41. Виды молекулярно-механического изнашивания:

- а) изнашивание схватыванием**
- б) фреттинг-коррозионное изнашивание
- в) адгезионное изнашивание**
- г) кавитационное изнашивание

42. Во избежание «скачков» при сухом трении применяют следующие меры:

- а) увеличивают жесткость системы**
- б) повышают скорость скольжения**
- в) подбирают материал для пар трения такой, чтобы коэффициент трения незначительно возрастал на этапе предварительного смещения**
- г) добавляют масло

43. Деформация упругого материала пластическим деформированием за пределом текучести:

- а) наклёп**
- б) налет

- в) налив
- г) непрямой нахлест

44. Процесс разрушения поверхностных слоёв трущихся тел, которое приводит к уменьшению тел в направлении перпендикулярном поверхности трения, это

- а) адгезия
- б) адсорбция
- в) изнашивание**
- г) диффузия

45. Возникновение молекулярной связи между поверхностными слоями соприкасающихся разнородных тел, это...

- а) адгезия**
- б) адсорбция
- в) изнашивание
- г) диффузия

46. ... материал – это минерал естественного или искусственного происхождения, зерна которого имеют достаточную прочность и обладающего способностью резанья.

- а) абразивный**
- б) адгезионный
- в) диффузионный
- г) износостойкий

47. Этот вид изнашивания заключается в изменении размеров и форм детали в результате изменения её микрообъемов.

- а) окислительное изнашивание
- б) абразивное изнашивание
- г) изнашивание вследствие пластической деформации**
- д) усталостное изнашивание

Ключ к тесту – выделенные строки.

Критерии оценки:

Для проведения промежуточной аттестации по различным темам дисциплины формируются тестовые билеты (как правило, по 10 вопросов в каждом билете).

Оценка «**зачтено**» выставляется, если студент дает правильные ответы не менее, чем на 6 вопросов (более 60% правильных ответов).

Оценка «**не зачтено**» выставляется, если студент дает правильные ответы менее, чем на 6 вопросов (менее 60% правильных ответов).

5.4. Комплексное задание (типовое)

Задача 1. Дан радиальный подшипник скольжения с цилиндрической расточкой. Нагрузка на подшипник $W=3,75 \cdot 10^5$ Н; диаметр шейки вала $d=0,5$ м; длина вкладыша подшипника $l=0,5$ м; угол охвата $\alpha=120^\circ$; частота вращения вала $\omega=314$ с⁻¹; относительный зазор $\psi=0,003$; температура смазки в системе $t_o=40$ °С; сорт смазки Тп-22; теплоемкость смазки $c=1980$ Дж/(кг·°С); плотность смазки $\rho=872$ кг/м³; давление масла на входе в смазочный слой $p_e=0,2 \cdot 10^5$ Па. Подача смазки осуществляется в рабочую зону подшипника через верхнюю половину вкладыша. Определить потери мощности на трение в подшипнике. Правильный ответ – $N=142,85$ кВт.

Данные в задаче могут варьироваться для разных вариантов расчета.

Критерии оценки:

Оценка «**зачтено**» – алгоритм решения задачи верен и результат сошелся с ответом или алгоритм решения задачи верен, но ошибка сделана в вычислениях, или в решении задачи выбрано правильное направление, но в целом алгоритм решения не верен.

Оценка «не зачтено» – задание полностью не выполнено.

5.5. Лабораторные работы и практические занятия

Перечень лабораторных работ и практических занятий приведен в п. 3. Методические указания к лабораторным работам и практическим занятиям приведены в п. 8.

Требования к отчету по лабораторной работе и практическим занятиям.

Отчет о работе с выводами по лабораторной работе оформляется каждым студентом. Отчет выполняется рукописным способом на листах формата А4 в соответствии с СТО УГАТУ. Первый лист считается титульным и оформляется по правилам, принятым на кафедре ДВС. Следующие страницы заполняются данными наблюдений с рабочими схемами, таблицами и графиками в порядке выполнения работы, согласно описанию лабораторной работы.

Все записи в отчете должны быть сделаны чернилами. Элементы схем и графики должны выполняться карандашом с применением чертежных инструментов и с учетом условных обозначений, предписанных стандартами. За образец оформления рекомендуется брать графики и схемы методических указаний.

При анализе результатов рекомендуется пользоваться литературой, списки которых приведены в конце описания лабораторных работ. Обращение к первоисточникам углубит знания в изучаемом вопросе. В целом отчет должен содержать краткое описание порядка выполнения работы. Отчет по выполненной работе должен быть в обязательном порядке представлен преподавателю перед началом очередного занятия. В противном случае студенты не допускаются к занятиям. Лабораторные работы защищаются в порядке очередности, установленный преподавателем.

Критерии оценки выполнения лабораторных работ:

Оценка «зачтено» выставляется за лабораторную работу, если:

1. Студент выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения данной работы.
2. Всю работу провел в условиях, обеспечивающих получение требуемого результата.
3. В представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, графики, диаграммы, вычисления и сделал выводы.
4. Соблюдал требования безопасности труда.
5. Ответил на все контрольные вопросы, заданные преподавателем.

Оценка «не зачтено» выставляется за лабораторную работу, если:

1. Работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.
2. Или в ходе работы и в отчете обнаружилось в общей сложности две ошибки и более, принципиально важных для оценки полученных результатов.
3. Или не ответил на три и более контрольных вопросов.

Критерии оценки выполнения практических занятий:

Оценка «зачтено» выставляется за занятие, если:

1. Студент выполнил расчетную работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения расчетов.
2. В представленном отчете за практическую работу правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, графики, диаграммы, вычисления и сделал выводы.
3. Ответил на все контрольные вопросы, заданные преподавателем.

Оценка «не зачтено» выставляется за практическое занятие, если:

1. Работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.
2. Или в ходе работы и в отчете обнаружилось в общей сложности две ошибки и более, принципиально важных для оценки полученных результатов.
3. Или не ответил на три и более контрольных вопросов.

5.6. Темы для рефератов (типовые)

Реферат является средством для оценивания самостоятельной работы студентов и выполняется по темам, вынесенным на СРС. Темы приведены в п. 4.

Критерии оценки реферата:

Критерии / Показатели	Баллы
– соответствие содержание теме	1
– полнота и глубина раскрытия основных понятий	1
– умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал	1
– привлечение новейших работ по проблеме (журнальные публикации, материалы сборников научных трудов и т.д.)	1
– соблюдение требований к оформлению (СТО УГАТУ) и объему реферата	1
Итого:	5

5.7. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы формирования компетенций

Приводится методика проведения процедур оценивания конкретных результатов обучения (знаний, умений, владений) формируемых компетенций. То есть для каждого образовательного результата определяются показатели и критерии сформированности компетенций, приводятся шкалы и процедуры оценивания.

Компетенция, ее этап и уровень формирования	Заявленный образовательный результат	Типовое задание из ФОС, позволяющее проверить сформированность образовательного результата	Процедура оценивания образовательного результата	Критерии оценки
ОПК-2, базовый	Знать методы проектирования и расчета триботехнических систем.	Тест по комплексу тестовых заданий (п. 5.3).	Процедура оценивания указана в п. 8.4.	Критерии оценки указаны в ФОС в конце п. 5.3.
		Тест по вопроснику минимальных знаний (п. 5.2).	Процедура оценивания указана в п. 8.4.	Критерии оценки указаны в ФОС в конце п. 5.2.
		Реферат по темам СРС (п. 4).	Реферат выполняется в процессе изучения темы и представляется на проверку преподавателю. Требования к реферату указаны в п. 8.6.	Критерии оценки указаны в ФОС в п. 5.6.
		Проведение экзамена (п. 5.1).	В экзаменационном билете 3 вопроса. Время проведения экзамена – 1 час.	Критерии оценки указаны в ФОС в конце п. 5.1.
ОПК-2, базовый	Уметь рассчитывать коэффициент трения, износ деталей машин и сопряжений.	Отчет по лабораторной работам № 1 и практическим занятиям. Требования к отчету указаны в п. 5.5.	Лабораторные работы проводятся в соответствии с расписанием проведения занятий. Отчет студенты	Критерии оценки указаны в п. 5.5.

			защищают на следующем очередном занятии. Время защиты – 10 минут.	
		Комплексное задание (п. 5.4).	На решение задачи отводится 1 час. Порядок расчета показан в п. 8.5.	Критерии оценки указаны в ФОС в конце п. 5.4.
		Проведение экзамена (п. 5.1).	В экзаменационном билете 3 вопроса. Время проведения экзамена – 1 час.	Критерии оценки указаны в ФОС в конце п. 5.1.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

6.1 Основная литература

1. *Загайко, С. А.* Основы теории трения и изнашивания [Электронный ресурс] / С. А. Загайко; ГОУ ВПО УГАТУ. – Уфа: УГАТУ, 2011.
2. *Пенкин, Н. С.* Основы трибологии и триботехники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. С. Пенкин, А. Н. Пенкин, В. М. Сербин - Москва: Машиностроение, 2008 - 208 с.
3. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / Под ред. А. В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
4. *Загайко, С.А.* Расчет механических потерь в двигателях внутреннего сгорания / Уч. пособие. – Уфа: УГАТУ, 2006.
5. *Мышкин, Н. К.* Трение, смазка, износ: физические основы и технические приложения трибологии / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец - М.: Физматлит, 2007. – 368 с.

6.2 Дополнительная литература

1. *Шустер, Л.Ш.* Триботехника в реновации: учебное пособие / Л.Ш. Шустер; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2008. – 118 с.
2. *Еникеев, Р. Д.* Двигатели внутреннего сгорания: основные термины и русско-английские соответствия: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям 552700 и 651200 -"Энергомашиностроение", специальности 101200 -"Двигатели внутреннего сгорания"] / Р. Д. Еникеев, Б. П. Рудой - М.: Машиностроение, 2004. – 384 с.
3. *Комбалов, В. С.* Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов [Электронный ресурс]: справочник / В. С. Комбалов; под ред. К. В. Фролова, Е. А. Марченко - Москва: Машиностроение, 2007. – 384 с.

6.3. Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки УГАТУ <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

№	Наименование ресурса	Объем фонда электронных ресурсов (экз.)	Доступ	Реквизиты договоров с правообладателями
1.	ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/	41716	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в ЭБС по сети УГАТУ	Договор ЕД-671/0208-14 от 18.07.2014. Договор № ЕД - 1217/0208-15 от 03.08.2015
2.	ЭБС Ассоциации «Электронное образование Республики Башкортостан» http://e-library.ufa-rb.ru	1225	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в АБИС «Руслан» на площадке библиотеки УГАТУ	ЭБС создается в партнерстве с вузами РБ. Библиотека УГАТУ – координатор проекта
3.	Консорциум аэрокосмических вузов России http://elsau.ru/	1235	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в АБИС «Руслан» на площадке библиотеки УГАТУ	ЭБС создается в партнерстве с аэрокосмическими вузами РФ. Библиотека УГАТУ – координатор проекта
4.	Электронная коллекция обра-	528	С любого компьютера по сети УГАТУ	Свидетельство о регистрац.

	зовательных ресурсов УГАТУ http://www.library.ugatu.ac.ru/cgi-bin/zgate.exe?Init+ugatu-fulltxt.xml,simple-fulltxt.xsl+rus			№2012620618 от 22.06.2012
5.	Электронная библиотека диссертаций РГБ	885352 экз.	Доступ с компьютеров читальных залов библиотеки, подключенных к ресурсу	Договор №1330/0208-14 от 02.12.2014
6.	СПС «КонсультантПлюс»	2007691 экз.	По сети УГАТУ	Договор 1392/0403-14 т 10.12.14
7.	СПС «Гарант»	6139026 экз.	Доступ с компьютеров читальных залов библиотеки, подключенных к ресурсу	ООО «Гарант-Регион, договор № 3/Б от 21.01.2013 (пролонгирован до 08.02.2016.)
8.	ИПС «Технорма/Документ»	36939 экз.	Локальная установка: библиотека УГАТУ-5 мест; кафедра стандартизации и метрологии-1 место; кафедра начертательной геометрии и черчения-1 место	Договор № АОСС/914-15 № 989/0208-15 от 08.06.2015.
9. *	Научная электронная библиотека eLIBRARY* http://elibrary.ru/	169 полнотекстовых журналов	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в НЭБ на площадке библиотеки УГАТУ	ООО «НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА». № 07-06/06 от 18.05.2006
10.	Тематическая коллекция полнотекстовых журналов «Mathematics» издательства Elsevier http://www.sciencedirect.com	120 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Договор №ЭА-190/0208-14 от 24.12.2014 г.
11.	Научные полнотекстовые журналы издательства Springer* http://www.springerlink.com	1900 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ открыт по гранту РФФИ

12.	Научные полнотекстовые журналы издательства Taylor&Francis Group* http://www.tandfonline.com/	1800 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и Государственной публичной научно-технической библиотекой России (далее ГПНТБ России)
13.	Научные полнотекстовые журналы издательства Sage Publications*	650 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
14.	Научные полнотекстовые журналы издательства Oxford University Press* http://www.oxfordjournals.org/	275 наимен. журналов	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
15.	Научный полнотекстовый журнал Science The American Association for the Advancement of Science http://www.sciencemag.org	1 наимен. журнала.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
16.	Научный полнотекстовый журнал Nature компании Nature Publishing Group* http://www.nature.com/	1 наимен. журнала	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
17.	Научные полнотекстовые журналы Американского института физики http://scitation.aip.org/	18 наимен. журналов	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России

				России
18.	Научные полнотекстовые ресурсы Optical Society of America* http://www.opticsinfobase.org/	22 наимен. журн.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
19.	База данных GreenFile компании EBSCO* http://www.greeninfoonline.com	5800 библиографических записей, частично с полными текстами	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ предоставлен компанией EBSCO российским организациям-участникам консорциума НЭЙКОН (в том числе УГАТУ - без подписания лицензионного договора)
20.	Архив научных полнотекстовых журналов зарубежных издательств*- Annual Reviews (1936-2006) Cambridge University Press (1796-2011) цифровой архив журнала Nature (1869- 2011) Oxford University Press (1849–1995) SAGE Publications (1800-1998) цифровой архив журнала Science (1880 -1996) Taylor & Francis (1798-1997) Институт физики Великобритании The Institute of Physics (1874-2000)	2361 наимен. журн.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ предоставлен российским организациям-участникам консорциума НЭЙКОН (в том числе УГАТУ - без подписания лицензионного договора)

6.4 Методические указания к лабораторным и практическим занятиям

1. Исследование пар трения ДВС: Лабораторный практикум по дисциплине "Основы теории трения и изнашивания" / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2007.

2. Конструирование узлов энергоустановок: Лабораторный практикум по дисциплине "Детали машин и основы конструирования" / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Р.Д. Еникеев, С.А. Загайко. – Уфа, 2007. – 40 с.

3. Горбачев, В.Г. Система имитационного моделирования «Альбея» (ядро). Руководство пользователя. Руководство программиста. Уч. пособие. / В.Г. Горбачев [и др.]. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Уфа: 1995. – 112 с.

7. Образовательные технологии

Для достижения наиболее эффективных результатов освоения дисциплины при реализации различных видов учебной работы применяются информационные технологии (использование компьютерных тестирующих средств оценки уровня знаний обучаемых, использование мультимедийного сопровождения лекций, электронных мультимедийных учебных пособий и др.) и интерактивные методы и технологии обучения (проблемные лекции, лекции-визуализации, технология проблемного обучения, технология развития критического мышления, групповая работа), с учетом содержания дисциплины и видов занятий, предусмотренных учебным планом.

8. Методические указания по освоению дисциплины

Освоение курса «Основы теории трения и изнашивания» предполагает посещение лекций, практических и лабораторных работ, проводимых под руководством преподавателя, а также активную самостоятельную работу.

8.1. Методические указания по изучению теоретического материала дисциплины

Основной теоретический материал дисциплины «*Основы теории трения и изнашивания*» излагается в лекционном курсе.

Лекции №№ 1-3 посвящены введению и описанию общей расчетной модели упругого контакта элементов конструкций.

В *лекции № 1* рассматриваются принципы построения расчетной модели, определяющие уравнения задачи – уравнения равновесия; уравнения совместимости перемещений; краевые условия; связь между основными факторами и перемещениями; интегральные уравнения упругого контакта тел.

В *лекции № 2* показывается решение интегральных уравнений упругого контакта на основе численных методов: представление ядра интегрального уравнения с помощью функций влияния; замена интегральных уравнений конечной системой алгебраических уравнений; рассмотрение условий контакта, при которых система алгебраических уравнений является линейной. Даются рекомендации по выбору методов решения.

В *лекции № 3* дается определение функций влияния: определение составляющей функции влияния, обусловленной общей деформацией тела; определение составляющей функции влияния, обусловленной контактной деформацией поверхностного слоя.

В *лекции № 4* рассматриваются стержневые модели поверхностного контакта, а также использование стержневых моделей элементов конструкций для расчета распределения напряжений в зонах контакта: особенности и область применения стержневых моделей. Рассматриваются классы решаемых задач и аналитические методы расчета функций влияния на основе стержневых моделей.

Лекция № 5 посвящена моделям на основе методов конечного элемента (МКЭ). В ней рассматривается использование моделей, построенных на основе МКЭ, для расчета распределения напряжений в зонах контакта: особенности и область применения моделей-массивов. Показаны классы решаемых задач, а также принципы определения функций влияния на основе моделей-массивов МКЭ: методы соединения контактирующих тел; метод разъединения контактирующих тел.

В *лекции № 6* рассматриваются характеристики трущихся поверхностей, а именно: геометрические характеристики поверхностей и шероховатость реальных тел; макроотклонения формы и размеров, волнистость, микронеровности и субмикронеровности; опорная кривая; шероховатость приработанных поверхностей, а также комплексная характеристика шероховатости поверхностей.

Лекция № 7 посвящена свойствам поверхностных слоев. В ней рассматриваются физико-механические и химические свойства поверхностных слоев, искажения строения поверхностного слоя твердых тел, наклеп, остаточные напряжения, сдвиг электродного потенциала, адсорбция и хемосорбция. Рассматривается модель поверхностных слоев реальных твердых тел, а также правило положительного градиента механических свойств.

Далее в лекции рассматривается понятие фрикционной связи, единичной фрикционной связи. Показаны виды нарушения фрикционных связей: упругое отеснение материала, пластическое отеснение, микрорезание, адгезионное и когезионное разрушения. В заключении лекции рассмотрено понятие множественного контакта и расчет площади касания.

Лекции № 8-9 посвящены рассмотрению трех площадей контакта: фактическая, контурная и номинальная площади касания. Пояснены упругий ненасыщенный и насыщенный контакты. Подробно рассматриваются пластический ненасыщенный и насыщенный контакты, а также математические модели площадей касания для различных контактов в зависимости от физико-механических свойств материалов контактирующих поверхностей, шероховатости и волнистости.

Также в лекции освещены вопросы взаимодействия твердых тел при трении, принципиальное различие внешнего и внутреннего трения, выполнение правила положительного градиента механических свойств, зависимость силы внешнего трения от относительного перемещения трущихся тел, а также расчет коэффициента внешнего трения.

Подробно разъясняется молекулярно-механическая природа фрикционного взаимодействия. Приводится модель относительного скольжения внедренной единичной неровности пятна касания твердых тел. Рассматривается магнитное, гравитационное и электрическое взаимодействие между атомами и молекулами веществ, находящихся в контактной зоне, а также ковалентные, ионные и металлические межатомные связи.

Рассматривается прочность на срез адгезионных связей и дается понятие «третьего тела». Приводятся основные уравнения силы трения и расчет коэффициент внешнего трения.

В лекции также даются математические модели величины коэффициента внешнего трения для упругого и пластического, ненасыщенного и насыщенного контактов в зависимости от физико-механических свойств материалов контактирующих тел, шероховатости и характеристик молекулярного (адгезионного) взаимодействия.

Далее в лекции рассматривается изнашивание трущихся поверхностей и виды изнашивания: коррозионно-механический износ; адгезионное изнашивание; усталостное (кумулятивное) изнашивание. Приводится кумулятивная (усталостная) теория изнашивания.

Дается физическая модель износа, а также основное уравнение для расчета изнашивания и расчет изнашивания твердых тел.

Приводятся математические модели изнашивания упругого и пластического контактов, изнашивание криволинейных и плоских (волнистых) поверхностей и даются упрощенные формулы для их расчета.

В *лекции № 10* рассматривается расчет износа сопряжений и условие касания в сопряжениях. Подробно объясняется механизм износа сопряжения, скорость изнашивания, условие касания в сопряжениях при заданном и произвольном направлениях возможного сближения. Приводится расчет износа сопряжений и использование условия касания, а также расчетные зависимости для некоторых сопряжений. Дается расчет предельных состояний по износу.

В лекции даются максимально допустимые износы и предельные величины износа многозвенных механизмов, а также расчет надежности сопряжений по износу. Рассматриваются показатели надежности пар трения, прогнозирование износа сопряжений и влияние износа на выходные параметры машины. Дается схема расчета машины на надежность.

Также в лекции рассматриваются некоторые факторы повышения долговечности и надежности работы трущихся поверхностей: выбор материалов; понятие совместимости трущихся поверхностей; руководящие правила при выборе материалов для пар трения скольжения; смазка деталей машин.

Рассматривается классификация смазочных материалов и методов их подвода, а также критерии для выбора марки и способа смазки. Приводятся технологические и конструктивные методы повышения износостойкости деталей машин.

Разбирается влияние жесткости, податливости и специальной конфигурация деталей на повышения износостойкости пар трения. Рассматривается классификация и технологические возможности упрочняющей поверхностной обработки деталей машин.

8.2. Методические указания по выполнению лабораторных работ

Лабораторные работы выполняются по общему расписанию.

К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, получившие инструктаж по технике безопасности, от преподавателя, ведущего лабораторные работы и расписавшиеся в бланке техники безопасности.

К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, ознакомившиеся заблаговременно с ее содержанием, изучившие соответствующие разделы теоретического курса, уяснившие себе сущность и цель работы. При выполнении работ студенты должны приобрести умения и углубить знания по дисциплине «Прочность и долговечность энергетических машин».

Отчет о выполненной работе с выводами оформляется каждым студентом в соответствии с СТО УГАТУ. Титульный лист отчета заполняется в формате А4. Следующие страницы заполняются соответствующими данными согласно описанию лабораторной работы.

При анализе результатов рекомендуется пользоваться литературой 6.1.1 – 6.1.3. Списки литературы в конце описания каждой лабораторной работы содержат, как правило, первоисточники, обращение к которым углубит знания в изучаемом вопросе. В целом отчет должен содержать краткое описание порядка выполнения работы. В приложении к отчету распечатывается HTML-страница с результатами проведенных прочностных расчетов. Отчет по выполненной работе должен быть в обязательном порядке представлен к защите перед началом очередного занятия. В противном случае студенты не допускаются к дальнейшим занятиям. Защита лабораторной работы осуществляется по контрольным вопросам, приведенным в конце каждой работы. Лабораторные работы защищаются в порядке очередности, установленной преподавателем. Студент при этом обязан знать основные теоретические сведения по данной работе, методику проведения работы и уметь анализировать полученные результаты.

Лабораторная работа № 1. Определение показателей качества, опорной кривой поверхностей трения и комплексной характеристики шероховатости по заданной профилограмме поверхности. [Р.6.4.1, стр. 6–11].

Лабораторная работа № 2. Исследование потерь на трение в подшипнике скольжения. [Р.6.4.1, стр. 18–22].

Лабораторная работа № 3. Численное исследование механических потерь ДВС в зависимости от скоростного режима. [Р.6.4.2, стр. 30–36].

Лабораторная работа № 4. Численное исследование механических потерь ДВС в зависимости от нагрузочного режима. [Р.6.4.2, стр. 37–39].

8.3. Методические указания к выполнению практических занятий

Практические занятия по дисциплине «Основы теории трения и изнашивания» предназначены для формирования умений, закрепленных за компетенцией.

Практические занятия выполняются по общему расписанию.

Перед началом практических занятий студенту рекомендуется повторить соответствующие темы и разделы дисциплины. На практических занятиях студент должен иметь рабочую тетрадь, конспект лекций, пишущие принадлежности и калькулятор.

Практическое занятие № 1. Расчет подшипников скольжения и определение основных его геометрических характеристик [Р.6.4.1, стр. 12–17].

Практическое занятие № 2. Проектирование опор вала с подшипниками качения. [Р.6.4.2, стр. 14–19].

8.4. Методические указания по выполнению тестирования и проверки знаний по вопроснику минимальных знаний

Планируется применение тестов и вопросника по проверке минимальных знаний для контроля теоретических знаний по всем разделам дисциплины, а также для проверки усвоения знаний.

Каждый вариант теста состоит из тестовых заданий, основывающихся на материале, изложенном в основной рекомендуемой литературе по дисциплине. Все вопросы считаются равноценными и не имеют градации по степени сложности. Вариант состоит из 10 тестовых заданий. На выполнение теста отводится 20 минут. Критерии оценки даны в конце комплекта тестов.

При проверке минимальных знаний все вопросы формируются в комплекты по 10 вопросов, на которые надо дать правильные ответы. На ответы по вопроснику минимальных знаний отводится 20 минут. Критерии оценки даны в конце комплекта вопросов минимальных знаний.

Подготовку к тестированию и ответам на вопросы минимальных знаний необходимо осуществлять поэтапно.

На первом этапе необходимо повторить основные положения всех тем, детально разбирая наиболее сложные моменты. Непонятные вопросы необходимо выписывать, чтобы по ним можно было проконсультироваться с преподавателем перед прохождением итогового тестирования. Подготовку по разделам целесообразно производить отдельно. На этом этапе необходимо использовать материалы лекционного курса.

На втором этапе подготовки предлагается без повторения теоретического материала дать ответы на контрольные вопросы, приведенные в конце соответствующих глав учебников и пособий и каждой лабораторной работы практикумов. Правильность ответов необходимо проконтролировать по материалу пособий. Если ответы на какие-то вопросы вызвали затруднение, то необходимо еще раз повторить соответствующий теоретический материал.

В случае, если результаты выполнения тестового задания оказались неудовлетворительными, то необходимо зафиксировать темы, на вопросы по которым были даны неверные ответы, и еще раз углубленно повторить соответствующие темы в соответствии с указанными выше этапами подготовки к тестированию.

Критерии оценки тестирования приведены в п. 5.3 после тестовых заданий.

Критерии оценки вопросов минимальных знаний приведены в конце п. 5.2.

8.5. Методические указания к выполнению комплексного задания

Задача из комплексного задания решается по следующему алгоритму:

1. Задаются вязкостью смазки при средней температуре в смазочном слое, например $\mu_{cp}=0,011$ Па·с.

2. Рассчитывают коэффициент нагружения $\varsigma = \frac{W \cdot \psi^2}{ld\omega\mu_{cp}} = 3,91$.

3. По диаграмме $\chi = f(\varsigma, d, \lambda)$ определяют относительный эксцентриситет $\chi = 0,83$.

4. По диаграмме $q_1 = f(\chi, \varsigma, \lambda)$ определяют коэффициент торцевого расхода смазки $q_1 = 0,065$.

5. По диаграмме $q_0 = f(\chi)$ определяют окружной расход смазки $q_0 = 0,0425$.

6. Рассчитывают окружной расход, определяемый количеством налипшей смазки

$$q_n = \frac{0,375}{\Delta} \sqrt{\frac{\mu_{cp}}{\rho\omega}} = 0,1032.$$

7. По диаграмме $\xi = f(\chi)$ определяют коэффициент сопротивления шипа вращению $\xi = 6,3$.

8. Рассчитывают приращение температуры в смазочном слое $\Delta t = \frac{\xi\omega\mu_{cp}}{c\rho\psi^2q_1} = 21,54$ °С.

9. Определяют температуру смазки на входе в смазочный слой $t_{bx} = t_0 + \Delta t \frac{q_0}{q_1} = 54,1$ °С.

10. Определяют среднюю температуру смазки в зазоре $t_{cp} = t_{bx} + 0,5\Delta t = 64,87$ °С.

11. Рассчитывают максимальную температуру $t_{max} = t_{bx} + 0,5 = 75,64$ °С.

12. Определяют минимальную толщину смазочного слоя $h_{min} = 0,5d\psi(1-\chi) = 0,1275$ мм.

13. По диаграмме $Q = f(\chi, \psi, l, d, q_1)$ определяют расход смазки, необходимый для обеспечения работоспособности опоры $Q = 0,00615$ м³/с.

14. В заключение определяются потери мощности на трение в подшипнике

$$N = \xi \frac{\omega^2 d^3 l \mu_{cp}}{2\psi} \cdot 10^{-3} = 142,35 \text{ кВт}.$$

Расчет t_{cp} проводят в несколько итераций. Каждое вычисленное значение t_{cp} , соответствующее заданному значению μ_{cp} , наносят на график $\mu = f(t)$. Точка пересечений построенной та-

ким образом кривой $\mu_{cp} = f(t_{cp})$ с графиком $\mu = f(t)$ определяет значения μ_{cp} и t_{cp} , при которых должен осуществляться тепловой баланс подшипника.

8.6. Методические указания к самостоятельной работе и написания реферата

Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой. Также при самостоятельном изучении материала студентам предлагается написание реферата по выбранной теме.

Реферат – это работа, направленная на последовательное изложение содержания первичного документа, отражая все его основные положения. Реферат должен представлять собой рукописную работу студента по заданной тематике с последовательно изложенными теоретическими положениями, таблицами, графиками. Материал должен быть представлен таким образом, чтобы у студента четко закрепился знаниевый результат по данному вопросу.

При написании реферата необходимо учитывать следующие требования:

1. В реферате должна быть полностью раскрыта заданная тема, четко прописан анализ проблемы.
2. Студент должен показать умение работать с литературными источниками, умение структурировать и систематизировать материал.
3. Кроме рекомендованного списка литературы, студент должен ознакомиться с современными публикациями по заданной тематике в журналах, материалах сборников трудов и т.д.
4. Должны быть соблюдены требования к оформлению реферата. Текст должен быть оформлен письменно от руки, содержать необходимые формулы, таблицы, рисунки, полностью раскрывающие выбранную тематику. Стиль текста должен быть технический.

8.7. Методические указания к экзамену

При подготовке к экзамену студенту необходимо повторить пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на экзамен и содержащихся в данной программе (см. п. 5.1). В процессе подготовки студент должен использовать конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем, и которая приведена в разделе 6 данной программы. Обратить особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных студентом по различным причинам. При необходимости обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю. В экзаменационном билете – 3 вопроса, на которые отводится 1 час подготовки.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лабораторной работы требуется трибометр.

Для проведения практических занятий и при самостоятельной работе студентов требуются IBM-совместимые персональные компьютеры (класса Pentium III, IV и выше) с установленными на них операционной системой семейства Windows (XP, 2000, Vista, 7, 8) и офисный пакет Micro.

С целью своевременного определения уровня знаний и умений студентов на кафедре ДВС организована система контроля, предусматривающая как текущий, так и рубежный контроль на всех практических занятиях.

Студент может использовать портал кафедры (<http://www.dvs.ugatu.ac.ru>), ему предоставляется весь разработанный методический материал для открытого и свободного изучения.

10. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 14 августа 2013 г. № 697 «Об утверждении перечня специальностей и направлений подготовки, при приеме на обучение по которым поступающие проходят обязательные предварительные медицинские осмотры (обследования) в порядке, установленном при заключении трудового договора или служебного контракта по соответствующей должности или специальности» обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья по данному направлению подготовки не предусмотрено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно-методического совета

по направлению подготовки (специальности)

13.03.03 Энергетическое машиностроение

(цифра и наименование образовательной программы)

Настоящим подтверждаю, что представленный комплект аннотаций рабочих программ учебных дисциплин по направлению подготовки (специальности)

13.03.03 Энергетическое машиностроение

(цифра и наименование образовательной программы)

по профилю (направленности)

Двигатели внутреннего сгорания

реализуемой по форме обучения **очной**

(указание на форму обучения (вечерняя, заочная)

соответствует рабочим программам учебных дисциплин указанной выше образовательной программы.

Председатель НМС



подпись

Ф. Р. Исмагилов

«13» 11 2015 г.
дата