

Министерство науки и высшего образования РФ

ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет

Инженерно-технический институт

Кафедра технологических машин и технологии машиностроения

Рабочая программа дисциплины

включая фонд оценочных средств и методические указания
для самостоятельной работы обучающихся

Б1.В.ДВ.01.02– ОСНОВЫ ТРИБОЛОГИИ

Направление подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Направленность (профиль) – «Автомобиле- и тракторостроение»

Квалификация – бакалавр

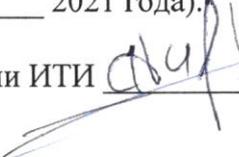
Количество зачётных единиц (часов) – 3 (108)

Разработчик: к.т.н., доцент  /С.Н. Исаков/

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры Технологических машин и технологии машиностроения (протокол № 8 от «04» февраля 2021 года).

Зав. кафедрой  /Н.В. Куцубина/

Рабочая программа рекомендована к использованию в учебном процессе методической комиссией Инженерно-технического института (протокол № 6 от «04» 02 2021 года).

Председатель методической комиссии ИТИ  /А.А. Чижов/

Рабочая программа утверждена директором инженерно-технического института

Директор ИТИ  /Е.Е. Шишкина/

«04» 03 2021 года

Оглавление

1. Общие положения	4
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	6
5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов	6
5.1. Трудоемкость разделов дисциплины	6
5.2. Содержание занятий лекционного типа	7
5.3. Темы и формы занятий семинарского типа	8
5.4. Детализация самостоятельной работы	8
6. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине	9
7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине	10
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы	10
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	10
7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы	11
7.4. Соответствие шкалы оценок и уровней сформированных компетенций	19
8. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся	20
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	20
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	21

1. Общие положения

Дисциплина «**Основы трибологии**», относится к блоку Б1 учебного плана, входящего в состав образовательной программы высшего образования 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы (направленность - «Автомобиле- и тракторостроение»).

Нормативно-методической базой для разработки рабочей программы учебной дисциплины «**Основы трибологии**», являются:

- Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», утвержденный приказом Минобрнауки РФ № 273-ФЗ от 29.12.2012;

- Приказ Минобрнауки России № 301 от 05.04.2017 г. Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры.

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы, утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ № 915 от 07.08.2020.

Профессиональный стандарт «Конструктор в автомобилестроении» утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты от Российской Федерации от 13 марта 2017 г. №258н.

- Учебные планы образовательной программы высшего образования направления 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы (направленность - «Автомобиле- и тракторостроение») подготовки бакалавров по очной и заочной форме обучения, одобренный Ученым советом УГЛТУ (протокол №8 от 27.08.2020) и утвержденный ректором УГЛТУ (20.06.2019).

Обучение по образовательной программе 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы (направленность - «Автомобиле- и тракторостроение») осуществляется на русском языке.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемыми результатами обучения по дисциплине, являются знания, умения, владения и/или опыт деятельности, характеризующие этапы/уровни формирования компетенций и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы в целом.

Цель дисциплины - дать знание, умение и навыки по повышению эффективности работы машин и оборудования при их проектировании, изготовлении и эксплуатации. Рассмотреть виды трения, изнашивания и смазки в узлах машин и оборудования. Привести сведения об антифрикционных материалах, о смазочных материалах и системах, о способах уменьшения трения и повышения износостойкости соединений.

Задачи дисциплины:

- повышение долговечности и работоспособности узлов трения;
- повышение удельных нагрузок в узлах трения с целью минимизации габаритов конструкции;
- обеспечение повышенных скоростей скольжения и качения без разрушения узлов;
- обеспечение заданного сопротивления движению в узлах трения;
- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по направлению исследований в области машиностроительного производства;
- проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих профессиональных компетенций:

ПК-2 – Способен выполнять расчеты систем АТС.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- способы проведения инженерных расчетов, в том числе с применением вычислительной техники;
- физические и механические характеристики конструкционных материалов АТС и их компонентов;

Уметь :

- использовать методики расчетов компонентов АТС применительно к виду расчета;
- применять справочные материалы и сортаменты по конструкционным материалам и стандартизованным изделиям

Владеть:

- анализом принципов работы и условий эксплуатации АТС и их компонентов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная учебная дисциплина относится к дисциплинам по выбору части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений, что означает формирование в процессе обучения у бакалавра основных профессиональных знаний и компетенций в рамках выбранного профиля.

Освоение данной дисциплины является необходимой основой для последующего изучения дисциплин ОПОП.

Перечень обеспечивающих, сопутствующих и обеспечиваемых дисциплин

Обеспечивающие	Сопутствующие	Обеспечиваемые
Материаловедение. Технология конструкционных материалов	Технологии и конструкционные материалы в автомобилестроении	Испытание автомобилей и тракторов
Детали машин	Расчет и конструирование автомобилей и тракторов	Расчет и конструирование автомобилей и тракторов
		Расчет и конструирование автомобилей и тракторов
		3D моделирование и прототипирование
		Прототипирование деталей машин
		Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
		Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Указанные связи дисциплины дают обучающемуся системное представление о комплексе изучаемых дисциплин в соответствии с ФГОС ВО, что обеспечивает требуемый теоретический уровень и практическую направленность в системе обучения и будущей деятельности выпускника.

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего академических часов	
	очная форма	заочная форма
Контактная работа с преподавателем:	52,25	12,25
лекции (Л)	16	2
практические занятия (ПЗ)	16	4
лабораторные работы (ЛР)	20	6
промежуточная аттестация – зачет (ПА)	0,25	0,25
Самостоятельная работа обучающихся	55,75	95,75
изучение теоретического материала	19	59
подготовка к текущему контролю	32	32
подготовка к промежуточной аттестации	4,75	4,75
Вид промежуточной аттестации:	Зачет	Зачет
Общая трудоемкость	3/108	3/108

*Контактная работа обучающихся с преподавателем, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий, включает занятия лекционного типа, и (или) занятия семинарского типа, лабораторные занятия, и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающегося с преподавателем, а также аттестационные испытания промежуточной аттестации. Контактная работа может включать иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую и индивидуальную работу обучающихся с преподавателем. Часы контактной работы определяются Положением об организации и проведении контактной работы при реализации образовательных программ высшего образования, утвержденным Ученым советом УГЛТУ от 25 февраля 2020 года.

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов

5.1. Трудоемкость разделов дисциплины

очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
	Введение					3
1	Теоретические основы трибологии	2		4	6	7
2	Трение в соединениях	2	10	10	22	10
3	Трение и вибрация. Автофрикционные колебания.	2		2	4	4
4	Трение со смазкой. Избирательный перенос при трении.	2			2	7
5	Теоретические основы трения качения.	2	4	2	8	5
6	Пластическое деформирование, антифрикционные и противотфрикционные покрытия.	2			2	5
7	Смазка. Смазочные материалы и системы.	4	2	2	8	10
Итого по разделам:		16	16	20	52	51
Промежуточная аттестация		-	-	-	0,25	4,75
Итого:					108	

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	Всего контактной работы	Самостоятельная работа
	Введение					2
1	Теоретические основы трибологии	2			2	7
2	Трение в соединениях		2	4	6	7
3	Трение и вибрация. Автофрикционные колебания.					15
4	Трение со смазкой. Избирательный перенос при трении.					15
5	Теоретические основы трения качения.					15
6	Пластическое деформирование, антифрикционные и противфрикционные покрытия.					15
7	Смазка. Смазочные материалы и системы.		2	2	4	15
Итого по разделам:		2	4	6	12	91
Промежуточная аттестация		-	-	-	0,25	4,75
Итого:					108	

5.2. Содержание занятий лекционного типа

Тема 1. Теоретические основы трибологии.

Общие сведения о физической природе трения и поверхностях деталей. Виды трения. Механизм и виды изнашивания рабочих поверхностей.

Тема 2. Трение в соединениях.

Трение в подвижных и неподвижных соединениях. Трение в поступательных парах. Трение во вращательных парах. Вибрация, возбуждаемая трением в кинематических парах. Трение в резьбовых соединениях

Тема 3. Износ и нагрев при трении.

Инженерные расчеты трения качения. Факторы, влияющие на износ. Нагрев при трении. Основные закономерности. Расчетные теории и модели

Тема 4. Трение и вибрация.

Вибрация, возбуждаемая трением в кинематических парах. Взаимное влияние трения и вибрации.

Тема 5. Автофрикционные колебания.

Автофрикционные колебания. Основные теории автофрикционных колебаний.

Тема 6. Трение со смазкой.

Роль смазочных материалов в уменьшении трения и изнашивании металлов. Гидродинамическая теория смазки. Общие положения теории. Давление в смазочном слое.

Тема 7. Избирательный перенос при трении.

Трение с металлоплакирующими смазочными материалами. Процессы избирательного переноса при трении.

Тема 8. Трение качения.

Общие положения теории трения качения. Деформация упругих тел в зоне контакта. Трение качения цилиндра по плоскому основанию. Трение качения сопрягаемых цилиндров.

Тема 9. Пластическое деформирование при трении. Антифрикционные и противфрикционные покрытия.

Основы технологии накатывания деталей роликами. Деформация поверхности в процессе накатывания. Конструкции накатывающих инструментов. Химико-термическое упрочнение, антифрикционные и противозносные покрытия поверхностей трения. Ан-

тифрикционные и противоизносные покрытия поверхностей трения крупногабаритного оборудования ЦБП

Тема 10.Смазка.

Общие сведения о смазочных материалах. Жидкие смазочные материалы.

Тема 11.Смазка.

Пластичные смазки. Свойства смазочных материалов. Классификация и обозначение смазочных материалов

Тема 12.Смазочные материалы и системы.

Способы и системы смазывания. Системы циркуляционной смазки. Аэрозольные смазочные системы.

5.3. Темы и формы занятий семинарского типа

Учебным планом по дисциплине предусмотрены практические занятия и лабораторные работы

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Форма проведения занятия	Трудоемкость, час.	
			очная	Заочная
1	Теоретические основы трибологии	Лабораторное занятие	4	
2	Трение в соединениях	Практическое занятия	10	2
		Лабораторное занятие	10	4
	Трение и вибрация. Автофрикционные колебания	Лабораторное занятие	2	
2	Теоретические основы трения качения.	Практическое занятие	4	
		Лабораторное занятие	2	
3	Смазка. Смазочные материалы и системы.	Практическое занятие	2	2
		Лабораторное занятие	2	2
Итого:			36	10

5.4 Детализация самостоятельной работы

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Вид самостоятельной работы	Трудоемкость, час	
			очная	заочная
	Введение	Изучение теоретического материала. Подготовка к текущему контролю	3	2
1	Теоретические основы трибологии		7	7
2	Трение в соединениях		10	7
3	Трение и вибрация. Автофрикционные колебания.		4	15
4	Трение со смазкой. Избирательный перенос при трении.		7	15
5	Теоретические основы трения качения.		5	15
6	Пластическое деформирование, антифрикционные и противофрикционные покрытия.		5	15
7	Смазка. Смазочные материалы и системы.	10	15	
8	Промежуточная аттестация	Изучение лекционного и практического материала, литературных источников в соответствии с тематикой	4,75	4,75
Итого:			55,75	95,75

6. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

Основная и дополнительная литература

№	Автор, наименование	Год издания	Примечание
Основная литература			
1	Трибология : учебное пособие / составитель Е. Б. Миронов. — Нижний Новгород : НГИЭУ, 2017. — 104 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/164071 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	2017	*Полноценный доступ при входе по логину и паролю
2	Пенкин, Н.С. Основы трибологии и триботехники [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.С. Пенкин, А.Н. Пенкин, В.М. Сербин. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2012. — 208 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/63220	2012	*Полноценный доступ при входе по логину и паролю
3	Перспективные вещества, технологии и материалы – краткий обзор [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Ю.С. Марфин [и др.]. — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ, 2015. — 99 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/69967 .	2012	Полноценный доступ при входе по логину и паролю
Дополнительная литература			
4	Гура, Г.С. Механика и трибология движения колесной пары в рельсовой колее [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : УМЦ ЖДТ, 2013. — 528 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/35848 .	2013	Полноценный доступ при входе по логину и паролю
5	Карепов, В.А. Надежность горных машин и оборудования: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Карепов, Е.В. Безверхая, В.Т. Чесноков. — Электрон. дан. — Красноярск : СФУ, 2012. — 134 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/45700 .	2012	Полноценный доступ при входе по логину и паролю

*- прежде чем пройти по ссылке необходимо, войти в систему.

Функционирование электронной информационно-образовательной среды обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий.

Электронные библиотечные системы

- ЭБС Университетская библиотека online [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система: содержит учебники, учебные пособия, монографии, издательские коллекции, обучающие мультимедиа, аудиокниги, энциклопедии (<http://biblioclub.ru/>);
- электронно-библиотечная система издательства Лань (<http://e.lanbook.com/>);
- научная электронная библиотека (<https://elibrary.ru/>);
- электронный архив УГЛТУ (<http://lib.usfeu.ru/>);

Справочные и информационные системы

- «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru/>);

- Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал (<http://window.edu.ru/>);

Профессиональные базы данных

- ГОСТ Эксперт. Единая база ГОСТов РФ (<http://gostexpert.ru/>);
- информационные базы данных Росреестра (<https://rosreestr.ru/>);
- ФБУ РФ Центр судебной экспертизы (<http://www.sudexpert.ru/>);
- Транспортный консалтинг (http://trans-co.ru/?page_id=13);
- Рестко Холдинг (<https://www.restko.ru/>).

Нормативно-правовые акты

1. Гражданский кодекс Российской Федерации от 30.11.1994 года N51-ФЗ.
2. Федеральный закон «О защите прав потребителей» от 07.02.1992 N 2300-1 (ред. от 08.12.2020).
3. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 N 102-ФЗ.
4. Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27.07.2006 N 149-ФЗ.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Формируемые компетенции	Вид и форма контроля
ПК-2 –Способен выполнять расчеты систем АТС	Промежуточный контроль: контрольные вопросы к зачету Текущий контроль: практические, лабораторные задания

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Критерии оценивания знаний на зачете (текущий контроль формирования компетенций ПК-2)

зачтено - дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки, показана способность быстро реагировать на уточняющие вопросы;

зачтено- дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные обучающимся с помощью «наводящих» вопросов;

зачтено- дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания обучающимся их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции;

не зачтено- обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить, даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии.

Критерии оценивания практических заданий (текущий контроль формирования компетенций ПК-2):

отлично: выполнены все задания, обучающийся четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

хорошо: выполнены все задания, обучающийся с небольшими ошибками ответил на все контрольные вопросы.

удовлетворительно: выполнены все задания с замечаниями, обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

неудовлетворительно: обучающийся не выполнил или выполнил неправильно задания, ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на конкретные вопросы.

Критерии оценивания лабораторных заданий (текущий контроль формирования компетенций ПК-2):

отлично: ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

хорошо: ставится, если выполнены требования к оценке «5», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

удовлетворительно: ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

неудовлетворительно: ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Контрольные вопросы к зачету (промежуточный контроль)

Раздел 1

1. Сущность и задачи науки о трении.
2. Роль трибологии и триботехники в решении проблем безопасности, экологии и экономики.
3. Физическая природа трения. Адгезия и когезия.
4. Зависимость сил адгезии и когезии от чистоты (гладкости) сопрягаемых поверхностей.
5. Макро- и микропогрешности поверхностей трения.
6. Понятие о волнистости и шероховатости поверхности. Шероховатость технологическое и эксплуатационное, равновесное и неравновесное.
7. Параметры, принимаемые для оценивания шероховатости.

8. Воздействие пластической деформации при обработке поверхностей деталей на напрягаемое состояние и на изменение структуры поверхностных слоев.
9. Адсорбция поверхностно-активных веществ. Эффект П. А. Рабнидера.
10. Понятие о силе трения движения, неполной силе покоя, наибольшей силе покоя (сцеплении).
11. Понятие о сухом, жидкостном, граничном, полусухом, полужидкостном трении, а также трение со смазочным материалом и без смазочного материала.
12. Зависимости Амонтона-Кулона для определения сил трения скольжения и качения.
13. Основные положения закона трения скольжения.
14. Понятие изнашивания, износа, интенсивности и скорости изнашивания, износостойкости, предельного износа.
15. Факторы, обуславливающие изнашивание.
16. Элементарные процессы изнашивания.
17. Сущность и виды абразивного изнашивания. Особенности абразивного изнашивания мягких материалов.
18. Пути повышения износостойкости при абразивном изнашивании.
19. Сущность окислительного изнашивания. Меры борьбы.
20. Виды коррозии, коррозионно-механическое изнашивание. Пути уменьшения коррозии.
21. Фреттинг и фреттинг-коррозия, сущность, факторы, влияющие на фреттинг-коррозию и пути ее устранения и уменьшения.
22. Кавитационное изнашивание, сущность и механизм проявления, пути уменьшения.
23. Эрозия, виды, пути уменьшения, абляция.
24. Пластические деформации, виды, пути уменьшения.
25. Диспергирование структуры металла, преобразование структуры металла.
26. Схватывание сущность, целевые проявления, формы схватывания: натир, зазор, заедание, «прикипание».
27. Процессы, происхождения при усталостном выкрашивании.
28. Водородное изнашивание (охрупления).
29. Стадии и закономерности развития трения.
30. Мера изнашивания. Факторы, влияющие на интенсивность изнашивания.

Раздел 2

1. Трение в плоских направляющих для поступательного движения.
2. Трение в треугольных направляющих.
3. Трение в цилиндрических направляющих.
4. Трение во вращательных парах с зазором.
5. Трение во вращательных парах без зазора.
6. Трение во вращательных парах типа кольцевой пяты.
7. Трение в резьбовых соединениях.
8. Трение качения цилиндра по плоскости.
9. Трение платформы на катках.
10. Трение во фрикционной передаче.
11. Трение колеса повозки и дороги.
12. Трение гибкой нити, охватывающей цилиндр.
13. Трение в ременной передаче.
14. Сдвигоустойчивое соединение.
15. Прессовое соединение в валах.

Раздел 3

1. Возбуждение силами трения нормальной вибрации сопрягаемых деталей.
2. Влияние нормальной вибрации на силы трения и изнашивание.
3. Влияние тангенциальной вибрации на силы трения и изнашивание.
4. Причины автоколебаний в машинах.

5. Механизм возникновения автоколебаний при падающей характеристике сил трения, а также наличии скачка силы трения при переходе от покоя к движению.

Раздел 4

1. Природа граничной, жидкостной, полужидкостной смазки.
2. Гидростатическая, гидродинамическая, гидростатодинамическая жидкостная смазка.
3. Закономерности жидкостного трения скорости потоков и давление в смазочном слое.
4. Зависимость приведенного коэффициента трения в подшипнике жидкостного трения от вязкости масла, скоростных и геометрических параметров подшипника.
5. Диаграмма Герси-Штенберга, определяющая области граничного, жидкостного и смешанного трения.
6. Явление избирательного переноса и эффекта безизносности трибосопряжений.
7. Понятие о сервовитной пленке и о сарфияге.

Раздел 5

1. Контактное взаимодействие двух цилиндров с параллельным осями и с равномерно распределением линейным давлением.
2. Коэффициент жесткости контакта двух цилиндров, контактная площадка, напряженное состояние материала в зоне контакта.
3. Распределение давления на площадке контакта.
4. Относительное скольжение в зоне контакта цилиндра и плоскости.
5. Псевдоскольжение (Крип) в зоне контакта цилиндра и плоскости.
6. Влияние трения качения упругого последствия и гистерезисных потерь.
7. Трение качения сопрягаемых цилиндров. Особенности. Виды скольжения: кинематическое, технологическое, из-за разности дуг скольжения.

Раздел 6

1. Поверхностное пластическое деформирование как метод повышения трибологических свойств деталей машин.
2. Области применения пластического деформирования деталей роликами.
3. Теоретические основы контакта роликов с обрабатываемыми деталями.
4. Деформация поверхностей деталей в процессе накатывания.
5. Технологический режим чистового накатывания.
6. Технологический режим упрощенного накатывания.
7. Конструкции роликовых узлов.
8. Планетарные раскатки.
9. Общие сведения о химико-термическом упрощении поверхностей трения: поверхностной закалке, покрытиях, наплавке, напыление.
10. Антифрикционные и противоизносные покрытия поверхностей трения крупногабаритного оборудования.

Раздел 7

1. Общие требования к смазочным материалам. Классификация смазочных материалов.
2. Выбор типа смазочного материала в зависимости от условий работы узлов трения.
3. Структура жидких смазочных материалов (масел) основа масел, функциональные присадки и антифрикционные добавки.
4. Влияние вязкости на функциональные свойства масел. Зависимость вязкости от температуры.
5. Свойства масел.
6. Моторные, трансмиссионные, промышленные масла. Масла для силовых гидравлических передач.
7. Пластичные смазки. Свойства. Классификация по составу и по назначению.
8. Структура пластичных смазок, ее формирование и регулирование.

9. Требование к свойствам и характеристикам пластических смазок. Принцип подбора и применения пластичных смазок.
10. Твердые смазочные материалы. Назначение, состав и методы получения.
11. Методы смазывания (подачи смазочного материала в место контакта).
12. Циркулирующая смазка. Назначение, конструкция и принцип работы систем циркуляционной смазки.
13. Системы нейтрализованной смазки пластичными и жидкими смазочными материалами.
14. Системы смазки масляным туманом.

Практические занятия

1. Практическое занятие №1: «Расчет сил трения в поступательных парах»;
2. Практическое занятие №2: «Расчет сил трения во вращательных кинематических парах»;
3. Практическое занятие №3: «Трение во вращательной паре с зазором»;
4. Практическое занятие №4: «Расчет сил трения во вращательных кинематических парах типа «пяты»»;
5. Практическое занятие №5: «Трение качения, инженерные расчеты»;
6. Практическое занятие №6: «Трение ременной передаче»;
7. Практическое занятие №7: «Расчет износа и нагрева при трении»;
8. Практическое занятие №8: «Расчет режима смазывания».

Пример практического занятия №4: «Расчет сил трения во вращательных кинематических парах типа «пяты»»

Рассмотрим трение для двух видов пят: кольцевой (рис. 1,а) и сплошной (рис. 1,б).

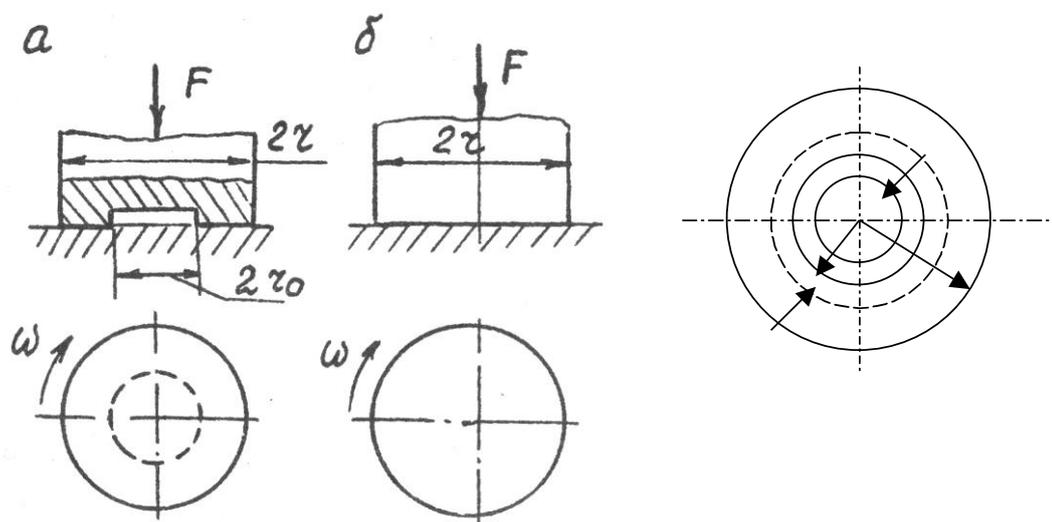


Рис. 1. Трение в пяте: а – кольцевой; б – сплошной; в – схема к расчету

По теории о равномерном распределении давлений по всей прилегающей к подпятнику поверхности (для новой) кольцевой пяты (рис. 2.6,а) постоянное давление на единицу поверхности

$$P = \frac{F}{\pi(r^2 - r_0^2)} = const. \quad (1)$$

Элементарный момент сил трения на элементарном кольце радиусом ρ и шириной $d\rho$ (рис. 1,в)

$$dM = dF_{TP}\rho = fdF\rho = fp\rho dS = fp2\pi\rho^2 d\rho,$$

где $dF_{TP} = fdF$ - элементарная сила трения;

$dS = 2\pi\rho d\rho$ - элементарная площадь кольца.

Момент трения равен

$$M_{TP} = \frac{2fF}{r^2 - r_0^2} \int_{r_0}^r \rho^2 d\rho = \frac{2}{3}fF \frac{r^3 - r_0^3}{r^2 - r_0^2}. \quad (2)$$

Для сплошной пяты ($r_0=0$)

$$M_{TP} = \frac{2}{3}fFr. \quad (3)$$

Формулы (2); (3) для определения момента трения в пятах пригодны также для расчета фрикционных муфт, фрикционных соединений, например, прижимов шайбами дисковых пил.

По другой теории (для приработавшихся пят) изнашивание подпятника по направлению действия силы F принимают постоянным при неизменной форме пяты. По этой теории на произвольно выбранном радиусе ρ в кольцевой пяте давление на единицу

поверхности $P = \frac{F}{[2\pi(-r_0)\rho]}$, момент силы трения

$$M_T = 0,5fF(r + r_0). \quad (4)$$

Для сплошной пяты $P = \frac{F}{2\pi r\rho}$; $M_T = 0,5fFr$.

Для обоих видов приработавшихся пят нормальное давление q распределяется по закону гиперболы, асимптотически приближающейся к оси вала.

Для расчета момента трения цапф и пят пользуются формулой

$$M_T = f^* Fr,$$

где f^* - приведенный коэффициент трения.

Лабораторные занятия

1. Лабораторная работа №1: «Определение коэффициента трения скольжения на горизонтальной плоскости»;
2. Лабораторная работа №2: «Определение коэффициента трения скольжения на горизонтальной плоскости с различными загрязнениями»;
3. Лабораторная работа №3: «Определение механических характеристик электродвигателя с помощью тормозного устройства»;
4. Лабораторная работа №4: «Определение коэффициента трения покоя»;
5. Лабораторная работа №5: «Изучение конструкции машины трения СМЦ-2»;

6. Лабораторная работа №6 «Исследование трибологических свойств материалов на трибометре СМЦ-2»;
7. Лабораторная работа №7: «Исследование трибологических свойств материалов на трибометре СМЦ-2»;
8. Лабораторная работа №8: «Определение параметров автофрикционных колебаний»;
9. Лабораторная работа №9: «Изучение конструкции подшипников»;
10. Лабораторная работа №10: «Изучение способов смазки и классификации смазок».

Пример лабораторной работы №1: «Определение коэффициента трения скольжения на горизонтальной плоскости»

Цель работы: определение коэффициента трения скольжения для различных материалов.

Сущность этого метода (рис. 1.1) заключается в том, что тело А двигают с постоянной скоростью относительно тела В и измеряют необходимую для этого силу Р, так как движение тела равномерное, то сила трения F равна по величине силе Р и противоположна ей по направлению.

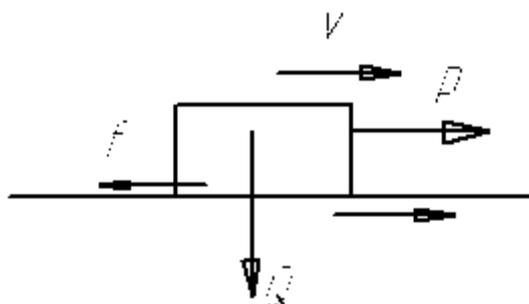


Рис. 1.1. Схема действия сил

Для определения коэффициента трения скольжения, в лабораторной работе, используется прибор ТММ-32, разработанный СКБ и предназначенный для определения коэффициента сухого трения и трения несмазанных тел (рис. 1.2).

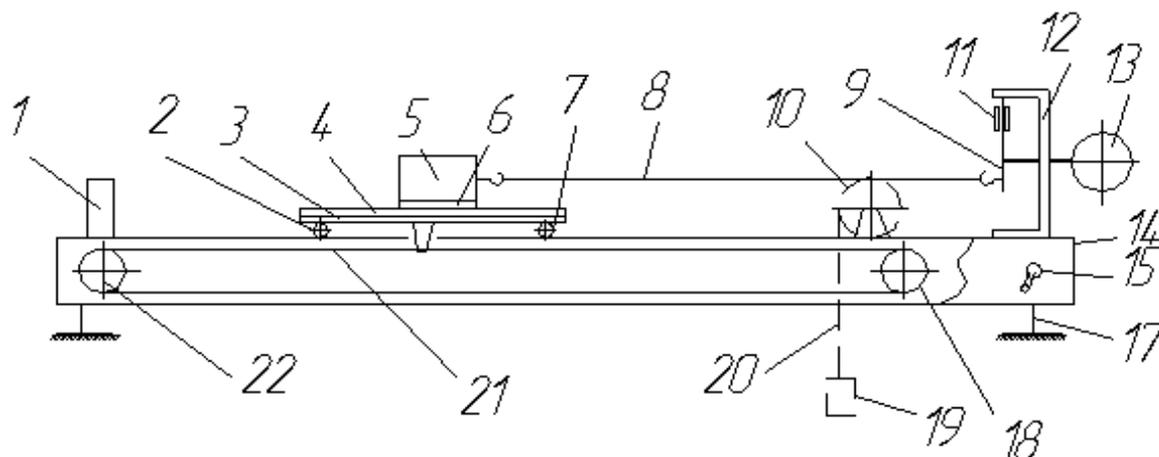


Рис. 1.2. Схема установки ТММ-32.

Основной частью прибора является каретка 3, имеющая поступательное движение на роликах 2 по основанию 14. Движение каретки осуществляется при помощи бесконечного троса 21, надетого на ролики 18 и 22. Ролик 22 получает вращение от реверсивного электродвигателя через червячный редуктор. На каретке 3 крепятся сменные плиты 4, выполненные из различных материалов. Верхний часть этих плит служит одной из плоскостей трения. На плиту укладывается испытуемый образец 5. Основания 6 образца сменные

и выполнены из разных материалов. Нижняя поверхность их служит второй плоскостью трения. Для приведения плоскости трения горизонтальное положение корпус прибора 14 снабжен установочными винтами 17. Образца 5 с помощью жесткого троса 8 прикреплённого к балке 9, выполненной на пружинной закаленной стали и закрепленной на кронштейне 12. К кронштейну 12 прикреплен также индикатор 13, который измерительным наконечником упирается в балку 9. При движении каретки 3 влево образец 5, лежащий на каретке, стремится сдвинуться вместе с кареткой и тянет за собой через трос 8 балку 9, балка 9, начинает изгибаться, развивает усилие, которое удерживает образец 5 на месте, при этом образец 5 скользит по плите 4. Вес образца равен Q , сила трения F , приложенная к образцу со стороны каретки, равняется $\mu \cdot Q$, где μ — коэффициент трения между плитой 4 и основанием 6. Эта сила трения целиком без всяких потерь воспринимается балкой 9. Деформации изгиба балки 9 измеряются индикатором 13. Отсчет показания шкалы индикатора в миллиметрах по вспомогательной таблице переводится в ньютоны и дает величину силы трения. В силу скачкообразного характера трения и изменчивости его величины для различных участков плоскости плиты 4 отсчет значений величины силы трения визуальнo по шкале индикатора 13 сделать не удастся. Стрелка индикатора 13 довольно быстро колеблется в некотором диапазоне шкалы. Можно отметить крайние положения стрелки и соответствующее им среднее положение, следовательно, по индикатору 13 можно определить только среднее значение силы трения.

Движение каретки 3 производится вправо или влево. Пуск осуществляется переключателем 15. Остановка каретки в крайних положениях автоматическая, для чего в корпусе 14 прибора смонтировано два концевых выключателя. Тарировка показаний индикатора производится с помощью грузиков известного веса, подвешенных на нити 20 перекинутой через блок 10. Индикатор 13 устанавливается на нуль в тот момент, когда балка 9 ничем не нагружена.

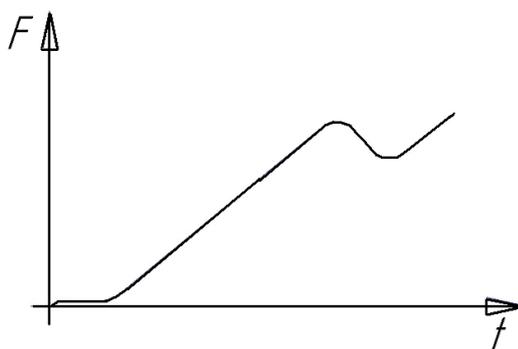


Рис. 1.3. Зависимость усилия от движения каретки.

На рис. 1.3 показана осциллограмма записи силы трения, определенного на приборе ТММ-32, при жесткой связи между образцом 5 и измерительной балкой 9.

Порядок проведения работы

Принадлежности для работы: прибор ТММ-32, набор сменных плит и сменных колец к грузу, тарировочное устройство для индикатора.

Работу одним прибором ТММ-32 проводят 3 - 4 студента.

1. Прибор ТММ-32 ставится на краю стола с таким вылетом, чтобы груз 19 (рисунок 1.1) свободно проходил, не задевая за стол. Устанавливается тарировочный ролик 10. К точной стрелке индикатора при снятом грузе подводится нулевое деление шкалы. Через ролик 10 перекидывается нить, один конец которой прикрепляется к балке 9, к другому концу подвешивается груз. Для нескольких грузов, разной величины, записывают показания индикатора, составляют тарировочный график (рис. 1.4) и определяют масштабный коэффициент K Н/мм (отношение веса груза к соответствующему показанию индикатора).

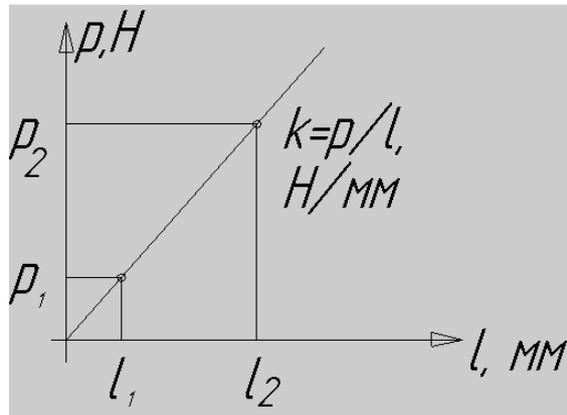


Рис. 1.4. Тарировочный график

2. По окончании тарировки тарировочное устройство снимают, прибор устанавливают на столе (по уровню) в горизонтальном положении и подключают к питанию. Сменные плиты и кольца образцов протирают тряпочкой, смоченной бензином или растворителем, и дают им высохнуть.

3. В соответствии с указанными преподавателем сочетаниями материалов трущихся тел устанавливают на каретку 3 плиту 4 и крепят, к грузу 5 кольцо 6. Отсчет по точной шкале индикатора ставят на нуль. Груз 5 и балку 9 соединяют тягой 8.

4. Тумблером (включателем) 15 включают двигатель 1, который начинает медленно передвигать каретку влево. За время движения каретки снимают несколько отсчетов по индикатору. Среднее показание записывают в бланк. Опыт повторяют три раза с различными сочетаниями материалов, результаты записывают в протокол. Сила трения определяется как произведение отсчета по индикатору на тарировочно-переводной коэффициент

$$k, \left[\frac{H}{мм} \right]$$

$$F = k \cdot L, H \quad (1-1)$$

где L — отсчет по индикатору в мм, берущийся как разность отсчета при измерении силы трения и нулевого отсчета, с учетом грубой шкалы индикатора.

Коэффициенты трения определяются как отношение силы трения F к весу образца Q :

$$\mu = F / Q \quad (1-2)$$

Таблица 1.1

Технические характеристики установки ТММ-32

Основные параметры прибора ТММ-32	Ед. измерения.	Значение
Максимальное относительное перемещение образцов	мм	300
Скорость перемещения	м/сек	0.1
Вес испытуемых образцов	кг	4.5
Материалы сменных плит	сталь, чугун, дюралюминий	
Материал сменных колец испытуемых образцов	сталь, чугун, латунь	
Питание двигателя	В	127
	Гц	50
Максимальная сила трения	кгс	2,0
Габариты	мм	1540x140x205
Потребляемая мощность	Вт	13
Вес	кг	40

Таблица 1.2

Справочная информация

Материалы трущихся тел	Коэффициент трения скольжения	
	сухое	со смазкой
Сталь – сталь	0,15	0,05-0,1
Сталь – мягкая сталь	0,2	0,1-0,2
Сталь - чугун	0,15-0,2	0,05-0,15
Сталь - бронза	0,15-0,18	0,1-0,15
Чугун - бронза	0,15-0,2	0,07-0,15
Бронза - бронза	0,2	0,07-0,1
Чугун - чугун	0,15-0,2	0,07-0,12
Сталь - дюральалюминий	0,16-0,2	
Сталь - текстолит	0,2	

7.4. Соответствие шкалы оценок и уровней сформированных компетенций

Уровень сформированных компетенций	Оценка	Пояснения
Высокий	Зачтено	<p>Теоретическое содержание курса освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены.</p> <p>Обучающийся демонстрирует свободное владение материалом, способен:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать методики расчетов компонентов АТС применительно к виду расчета; - применять справочные материалы и сортаменты по конструкционным материалам и стандартизованным изделиям - анализировать работу и условия эксплуатации АТС и их компонентов
Базовый	Зачтено	<p>Теоретическое содержание курса освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с незначительными замечаниями.</p> <p>Обучающийся в достаточной мере владеет материалом дисциплины, способен:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать методики расчетов компонентов АТС применительно к виду расчета; - применять справочные материалы и сортаменты по конструкционным материалам и стандартизованным изделиям - анализировать работу и условия эксплуатации АТС и их компонентов
Пороговый	Зачтено	<p>Теоретическое содержание курса освоено частично, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, в них имеются ошибки.</p> <p>Обучающийся под руководством способен:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать методики расчетов компонентов АТС применительно к виду расчета; - применять справочные материалы и сортаменты по конструкционным материалам и стандартизованным изделиям - анализировать работу и условия эксплуатации АТС и их компонентов
Низкий	Не зачтено	<p>Теоретическое содержание курса не освоено, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий</p>

Уровень сформированных компетенций	Оценка	Пояснения
		<p>либо не выполнены, либо содержат грубые ошибки; дополнительная самостоятельная работа над материалом не привела к какому-либо значительному повышению качества выполнения учебных заданий.</p> <p>Обучающийся не способен:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать методики расчетов компонентов АТС применительно к виду расчета; - применять справочные материалы и сортаменты по конструкционным материалам и стандартизованным изделиям - анализировать работу и условия эксплуатации АТС и их компонентов

8. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа – планируемая учебная, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль в контроле за работой студентов). Самостоятельная работа обучающихся в вузе является важным видом их учебной и научной деятельности.

В процессе изучения дисциплины «Основы трибологии» направления 23.03.02 **основными видами самостоятельной работы** являются:

- изучение теоретического курса;
- подготовка к текущему контролю;
- подготовка к промежуточной аттестации.

Изучение теоретического курса включает в себя:

- изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной периодической и научной информации;
- изучение и систематизацию официальных государственных документов: законов, постановлений, указов, нормативно-инструкционных и справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем «Консультант Плюс», «Гарант», глобальной сети «Интернет».

Подготовка к текущему контролю заключается в повторении материала лекций, лабораторных и практических работ с целью защиты отчетов.

Подготовка к промежуточной аттестации (зачету) предполагает:

- изучение основной и дополнительной литературы;
- изучение конспектов лекций;
- изучение отчетов по лабораторным работам и конспектов практических занятий.

Перечень вопросов к экзамену представлен в пункте 7.3. Оценка за зачет выставляется по критериям, представленным в пункте 7.4.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Для успешного овладения дисциплиной используются следующие информационные технологии обучения:

- При проведении лекций используются презентации в программе MSOffice (PowerPoint), осуществляется выход на профессиональные сайты, используются видеоматериалы различных интернет-ресурсов, платформа LMS Moodle.

- Практические занятия по дисциплине проводятся с использованием демонстрационных образцов, графиков, таблиц и нормативно-технической документации.

В процессе изучения дисциплины учебными целями являются первичное восприятие учебной информации, ее усвоение, запоминание, а также структурирование полученных знаний и развитие интеллектуальных умений, ориентированных на способы деятельности репродуктивного характера. Посредством использования этих интеллектуальных умений достигаются узнавание ранее усвоенного материала в новых ситуациях, применение абстрактного знания в конкретных ситуациях.

Для достижения этих целей используются в основном традиционные информативно-развивающие технологии обучения с учетом различного сочетания пассивных форм (лекция, консультация, самостоятельная работа) и репродуктивных методов обучения (повествовательное изложение учебной информации, объяснительно-иллюстративное изложение) и практических методов обучения (выполнение практических работ).

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения:

- семейство коммерческих операционных систем семейства Microsoft Windows;
- офисный пакет приложений Microsoft Office;
- программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат. ВУЗ»;

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Реализация учебного процесса осуществляется в специальных учебных аудиториях университета для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Все аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. При необходимости обучающимся предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.

Самостоятельная работа обучающихся выполняется в специализированной аудитории, которая оборудована учебной мебелью, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду УГЛТУ.

Самостоятельная работа обучающихся выполняется в специализированной аудитории, которая оборудована учебной мебелью, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду УГЛТУ.

Есть помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Требования к аудиториям

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Помещение для лекционных, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Переносная мультимедийная установка (проектор, экран, ноутбук), комплект электронных учебно-наглядных материалов (презентаций) на флеш-носителях, обеспечивающих тематические иллюстрации, демон-

	страционные модели. Учебная мебель.
Помещения для самостоятельной работы	Столы компьютерные, стулья, персональные компьютеры. Выход в сеть «Интернет». ЭИОС УГЛУ.
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, раздаточный материал.