Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 22.07.2026 15:53:06
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан Факультета машиностроения
_____ / Е.В. Сафонов /
«__26__» ___февраля_____2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы триботехники»

Направление подготовки
15.03.01. Машиностроение

Профиль
«Машины и технологии обработки материалов давлением»

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик:

Старший преподаватель  /Л.А. Дмитриева/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Техническая механика и компьютерное моделирование»,

к.т.н., доцент  /Ю.И. Бровкина/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 5
   3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
   3.2. Тематический план изучения дисциплины 5
   3.3. Содержание дисциплины 5
   3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 6
   3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 7
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
   4.1. Нормативные документы и ГОСТы 7
   4.2. Основная литература 7
   4.3. Дополнительная литература 7
   4.4. Электронные образовательные ресурсы 8
   4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 8
   4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 8
5. Материально-техническое обеспечение 9
6. Методические рекомендации 9
   6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 10
   6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 11

7. Фонд оценочных средств 15
   7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения
   7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения
   7.3 Оценочные средства

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «Основы триботехники» следует отнести:

- освоение теоретических основ надежности, долговечности и эффективности работы узлов машин, связанными с их преждевременным износом и повышенными потерями энергии на непроизводительное трение механических трибосистем;

- изучение принципов работы, свойства, технические характеристики, конструктивные особенности и нагруженность деталей и узлов оборудования кузнечно-штамповочного производства.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Основы триботехники» следует отнести:

- изучение природы трения, износа и смазочного действия реализуемых в машинах;

- анализ реальных процессов, происходящих в реальных машинах, снижающих эффективность их работы и экономические показатели;

- поиски реальных триботехнических решений для модернизации имеющегося парка оборудования и разработки вновь создаваемых машин, узлов оборудования кузнечно-штамповочного производства.

Обучение по дисциплине «Основы триботехники» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК-13. Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения	ИОПК – 13.1 Знает стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения, узлов оборудования кузнечно-штамповочного производства ИОПК – 13.2 Владеет навыками применения стандартных методов расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения, узлов оборудования кузнечно-штамповочного производства

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Междисциплинарная связь с дисциплинами обязательной части:

Б.1.1.13 Основы проектирования деталей и узлов машин

Б.1.1.14 Сопротивление материалов

Б.1.1.21 Материаловедение

С дисциплинами части, формируемая участниками образовательных отношений:

Б.1.2.4. Испытания на прочность и износостойкость

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			6 семестр
1	**Аудиторные занятия**	**36**	**36**
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	0	0
2	**Самостоятельная работа**	**36**	36
	В том числе:		
2.1	Самостоятельное изучение	36	36
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		зачет
	Итого	**72**	**72**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

Тематический план размещён в приложении 1 к рабочей программе.

3.2.1. Очная форма обучения

3.3 Содержание дисциплины

1. Введение. Триботехника и трибология Место триботехники в современном машиностроении. Триботехнические потери, их разновидности и объемы. Основные понятия и определения трения и изнашивания.

2. Свойства трущихся тел и их поверхностей. Особенности взаимодействия между атомами. Силы притяжения и отталкивания. Элементарные кристаллические ячейки твердого тела. Анизотропия их свойств. Энергия связи. Свободная поверхностная энергия тела. Распределение плотности свободной поверхности энергии по поверхности твердого тела. Влияние хемосорбционных процессов на уровень свободной поверхностной энергии. Адсорбция и десорбция молекул. Хемосорбция. Их особенности.

3. Трение. Трение как результат преодоления сил адгезии и когезии. Адгезионные и когезионные взаимодействия. Их особенность и факторы, влияющие на них. Эффект Ребиндера. Его особенность и значение для фрикционного взаимодействия. Трещины Гриффитса. Их влияние на прочность твердых тел и влияние их на трение. Микро и макрорельеф твердых тел. Контакт реальных твердых тел. Площади контактирования. Их разновидности и особенности. Опорная поверхность контактирующих тел. Влияние времени контактирования на формирование опорной площади. Распределение напряжений в зоне контакта твердых тел. Влияние размера неровности на напряженное состояние материала в зоне контакта. Работа и мощность трения. Составляющие работы трения. Величины и виды излучения энергии при трении. Температура при трении твердых тел. Эволюция взглядов на

природу трения. Молекулярная теория трения В.В. Дерягина. Теория Боудена. Молекулярно-механическая теория трения И.В. Крагельского. Фрикционные связи. Контакт реальных твердых трущихся тел. Молекулярная и механическая составляющие сил трения. Влияние адсорбционных и окисных пленок на трение твердых тел. Влияние адсорбированных поверхностных слоев на уровень трения твердых тел. Внутреннее трение. Граничное трение.

4. Износ и изнашивание. Изнашивание твердых тел**.** Износ. Способы оценки износа. Классификация механизмов изнашивания твердых тел. Интенсивность изнашивания. Механические виды изнашивания и их разновидности. Молекулярно-механический износ и его разновидности. Коррозионно-механический износ и его разновидности. Методы борьбы с износом. Понятие износостойкий и неизносостойкий материалы. Влияние режимов нагружения на износ трущихся тел. Способы уменьшения фрикционного взаимодействия между трущимися телами. Эффект безызносности (избирательный перенос при трении). Сущность эффекта безызносности. Механизм образования сервовитной пленки и ее структура. Физические основы эффекта безызносности. Использование эффекта безызносности в узлах трения машин.

5. Смазки и смазочное действие. Понятие «смазочный материал». Масла и смазки. Особенности их строения и свойства. Пластичные смазочные материалы. Твердые смазочные материалы.

6. Триботехнические материалы. Выбор конструкционных материалов трибосистем (ТС) с учетом их совместимости. Способы оценки совместимости трущихся поверхностей. Совместимость ТС в процессе приработки и в послеприработочном периоде. Материальные компоненты структуры ТС.

7. Способы повышения износостойкости деталей. Конструктивные способы. Учет температурных деформаций трущихся деталей. Зазоры в сочленениях. Защита рабочих поверхностей трения от загрязнений. Технологические способы. Наплавка износостойких слоев. Напыление износостойких покрытий из порошковых материалов. Упрочнение ионно-плазменной обработкой. Диффузионные покрытия. Электрохимические покрытия. Лазерное упрочнение. Некоторые новые методы получения покрытий.

8. Испытания на трение и износ. Представления о конструкции и характеристиках машин трения. Методы измерения коэффициента трения. Испытания на износ при трении скольжения. Методика испытаний на износ при трении скольжения.

9. Методы измерения износа. Испытания на износ при трении качения. Испытания на специальные виды изнашивания. Обработка результатов испытаний на прочность и износ. Типовые стенды для трибологических испытаний

3.4 Тематика практических занятий

3.4.1. Практические занятия

1**.** Факторы, определяющие трение и износ. Триада трения и износа.

2. Реальное твердое тело. Особенности его строения и свойств. Свойства реальных и идеальных тел.

3. Дефекты поверхности. Внутренняя и внешняя поверхность твердых тел.

4. Виды и механизмы изнашивания. Класс износостойкости типовых узлов трения.

5. Влияние шероховатости, нагрузки и времени контакта на трение твердых тел. Зависимость уровня трения от скорости движения, трущихся тел. Факторы, определяющие уровень трения.

6. Присадки. Их разновидности, назначение и способы взаимодействия между трущимися телами. Условия срабатывания смазочного материала.

7. Замена трения скольжения трением качения (винтовые пары качения).

8. Изучение натурной конструкции стенда для трибологических испытаний.

9. Испытания на специальные виды изнашивания. Обработка результатов испытаний на прочность и износ. Типовые стенды для трибологических испытаний

3.4.2. Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые работы/проекты отсутствуют.

Отсутствуют.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 27674-88 Трение, изнашивание и смазка.

4.2 Основная литература

1. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник для технических вузов.2-е изд. перераб. и доп./ А.В.Чичинадзе, Э.Д.Браун, Н.А. Буше и др.; Под общ. ред. А.В.Чичинадзе.- М.:Машиностроение, 2001.-664 с., ил. ISBN5-217-03053-4. http://lib-bkm.ru/12499

4.3 Дополнительная литература

1. Лужнов, Ю. М. Основы триботехники : Учебное пособие / Ю. М. Лужнов, В. Д. Александров ; Под редакцией Ю.М. ЛУЖНОВА. – Москва : Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2013. – 136 с. – https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21663455_55207040.pdf

2. Пенкин, Н. С. Основы трибологии и триботехники : учебное пособие / Н. С. Пенкин, А. Н. Пенкин, В. М. Сербин. — 3-е изд., стереотип. — Москва : Машиностроение, 2021. — 208 с. — ISBN 978-5-907104-97-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/192998

3. Справочник по триботехнике. В 3 т.Т.1.Теоретические основы Под ред.М.Хебды, А.В. Чичинадзе.- М.Машиностроение, 1989.-400 с. https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=3177&section=3

4. Изучение червячных передач: учебно-методическое пособие для студентов всех машиностроительных специальностей и направлений подготовки всех форм обучения / О.А.

Чихачева, А.С. Лукьянов, Л.А. Дмитриева; под ред. В.С. Бондаря. – Москва: Московский Политех, 2021. – 1 CD-R. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный https://online.mospolytech.ru/mod/data/view.php?d=127&advanced=0&paging&filter=1&page=0&rid=4508

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанного кафедрой электронных образовательных ресурса (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	
Основы триботехники	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=3177

Разработанные ЭОР включают тренировочные и итоговые тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Интернет-ресурсы включает учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте https://mospolytech.ru/ в разделе «Библиотека».

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной библиотеке университета https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621 к электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам).

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	**Наименование**	**Разработчик ПО** (правообладатель)	**Доступность** (лицензионное, свободно распространяемое)	**Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)**
1	Astra Linux Common Edition	ООО "РУСБИТЕХ-АСТРА"	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/305783/?sphrase_id=954036
2	Мой Офис	ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"	Лицензионное	https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301558/?sphrase_id=943375

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Перечень ресурсов сети Интернет, доступных для освоения дисциплины:

	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Информационно-справочные системы			
	Stack Overflow	https://stackoverflow.com/	Доступна в сети Интернет без ограничений
	Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http:// www.consultant.ru	Доступно
Электронно-библиотечные системы			
	Лань	https://e.lanbook.com/	Доступна в сети Интернет без ограничений
	IPR Books	https://www.iprbookshop.ru/	Доступна в сети Интернет без ограничений
Профессиональные базы данных			
	База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	http://www.elibrary.ru	Доступно
	Web of Science Core Collection – политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных	http://webofscience.com	Доступно

5. Материально-техническое обеспечение

Две специализированные учебные лаборатории кафедры «Техническая механика и компьютерное моделирование» ПК521, ПК522, оснащенные электронными досками, испытательными установками, образцами узлов машин и деталей, плакатами. Пять консультационно-вычислительных класса ПК 417, ПК 418, ПК 517, ПК 518, ПК 523 оснащенных компьютерами с расчетным и графическим программным обеспечением.

6. Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины «Основы триботехники» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:

– аудиторные занятия: лекции, практические занятия, тестирование;

– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка к практическим занятиям.

Образовательные технологии

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой «Техническая механика и компьютерное моделирование» электронных образовательных ресурсов (ЭОР) (см. п.4.4).

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1. Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете и его филиалах", утверждённым ректором университета.

6.1.2. На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД) и предоставляет возможность ознакомления с программой.

6.1.3. Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО мосполитеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4. Доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5. Необходимо с самого начала занятий рекомендовать студентам основную и дополнительную литературу и указать пути доступа к ней.

6.1.6. В начале или в конце семестра дать список вопросов для подготовки к промежуточной аттестации зачету.

6.1.7. Рекомендуется факт ознакомления студентов с РПД и графиком работы письменно зафиксировать подписью студента в листе ознакомления с содержание РПД.

6.1.8. Преподаватели, ведущий лекционные и практические занятия, должны согласовывать тематический план практических занятий, использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.9. При подготовке **к семинарскому занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны

и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

6.1.11. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям;

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация самостоятельной работы.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1.2.1. Студент с самого начала освоения дисциплины должен внимательно ознакомится с рабочей программой дисциплины.

1.2.2. Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

1.2.3. При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (LMS мосполитеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

Приложение 1

Тематический план изучения дисциплины «Основы триботехники»

по направлению **15.03.01 «Машиностроение»**

профиль подготовки

«Машины и технологии обработки материалов давлением»

Форма обучения: очная

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
			18	**18**			**36**
1	**Раздел 1. Триботехника и трибология** Место триботехники в современном машиностроении. Триботехнические потери, их разновидности и объемы. Основные понятия и определения трения и изнашивания. **Практические занятия.** Факторы, определяющие трение и износ. Триада трения и износа.		2	2			4
2	**Раздел 2. Свойства трущихся тел и их поверхностей**. Особенности взаимодействия между атомами. Силы притяжения и отталкивания. Энергия связи. Свободная поверхностная энергия тела. Распределение плотности свободной поверхности энергии по поверхности твердого тела. Влияние хемосорбционных процессов на уровень свободной поверхностной энергии. Адсорбция и десорбция молекул. Хемосорбция. Их особенности. **Практические занятия.** Реальное твердое тело. Особенности его строения и свойств. Свойства реальных и идеальных тел.		2	2			4
3	**Раздел 3. Трение.** Трение как результат преодоления сил адгезии и когезии. Адгезионные и когезионные взаимодействия. Их особенность и факторы, влияющие на них. Эффект Ребиндера. Его особенность и значение для фрикционного взаимодействия. Трещины Гриффитса. Их влияние на прочность твердых тел и влияние их на трение. Микро и макрорельеф твердых тел. Контакт реальных твердых тел.		2	2			4

	Площади контактирования. Их разновидности и особенности. Температура при трении твердых тел. Эволюция взглядов на природу трения. Молекулярная теория трения В.В. Дерягина. Теория Боудена. Молекулярно-механическая теория трения И.В. Крагельского. Фрикционные связи. Контакт реальных твердых трущихся тел. Молекулярная и механическая составляющие сил трения. **Практические занятия.** Дефекты поверхности. Внутренняя и внешняя поверхность твердых тел.						
4	**Раздел 4. Износ и изнашивание.** Изнашивание твердых тел**.** Износ. Способы оценки износа. Классификация механизмов изнашивания твердых тел. Интенсивность изнашивания. Механические виды изнашивания и их разновидности. Молекулярно-механический износ и его разновидности. Коррозионно-механический износ и его разновидности. Методы борьбы с износом. Понятие износостойкий и неизносостойкий материалы. Влияние режимов нагружения на износ трущихся тел Эффект безызносности (избирательный перенос при трении). Сущность эффекта безызносности. Механизм образования сервовитной пленки и ее структура. Физические основы эффекта безызносности. Использование эффекта безызносности в узлах трения машин. **Практические занятия.** Виды и механизмы изнашивания. Класс износостойкости типовых узлов трения.		2	2			4
5	**Раздел 5. Смазки и смазочное действие.** Понятие «смазочный материал». Масла и смазки. Особенности их строения и свойства. **Практические занятия.** Влияние шероховатости, нагрузки и времени контакта на трение твердых тел. Зависимость уровня трения от		2	2			4

	скорости движения, трущихся тел. Факторы, определяющие уровень трения.						
6	**Раздел 6. Триботехнические материалы.** Выбор конструкционных материалов трибосистем (ТС) с учетом их совместимости. Способы оценки совместимости трущихся поверхностей. Совместимость ТС в процессе приработки и в послеприработочном периоде. **Практические занятия.** Присадки. Их разновидности, назначение и способы взаимодействия между трущимися телами. Условия срабатывания смазочного материала.		2	2			4
7	**Раздел 7. Способы повышения износостойкости деталей метизного производства.** Конструктивные способы. Учет температурных деформаций трущихся деталей. Зазоры в сочленениях. Замена трения скольжения трением качения (винтовые пары качения). Технологические способы. Наплавка износостойких слоев. Напыление износостойких покрытий из порошковых материалов. Упрочнение ионно-плазменной обработкой. Диффузионные покрытия. Электрохимические покрытия. Лазерное упрочнение. Некоторые новые методы получения покрытий. **Практические занятия.** Замена трения скольжения трением качения (винтовые пары качения).		2	2			4
8	**Раздел 8. Испытания на трение и износ.** Представления о конструкции и характеристиках машин трения. Методы измерения коэффициента трения. Испытания на износ при трении скольжения. Методика испытаний на износ при трении скольжения.		**2**	**2**			**4**

	Практические занятия. Изучение натурной конструкции стенда для трибологических испытаний.						
9	**Раздел 9. Методы измерения износа**. Испытания на износ при трении качения. **Практические занятия.** Испытания на специальные виды изнашивания. Обработка результатов испытаний на прочность и износ. Типовые стенды для трибологических испытаний.		2	2			4
Итого			**72**	**18**	**18**		**36**

Приложение 2

Раздел 7 РПД – ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Основы триботехники»

Направление подготовки

15.03.01 «Машиностроение»

Образовательная программа (профиль подготовки)

«Машины и технологии обработки материалов давлением»

7.Фонд оценочных средств

7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- в процессе обучения предусмотрены одна расчетно-графическая работы (РГР);
- индивидуальный опрос;
- зачет по материалам шестого семестра.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме опроса для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины.

В процессе обучения предусмотрена расчетно-графическая работа:

Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа состоит из 6-10 страниц текста и графической части. В ней рассматриваются условия эксплуатации реальных узлов или механизмов, их конструкция, материалы пар трения, системы смазывания. Рассчитываются потери механической мощности по узлам трения и определяются общие потери энергии по узлам трения. Определяются наиболее ответственные пары трения и особенности их нагружения. Выбираются и рассчитываются наиболее эффективные для конкретных условий методы модернизации узлов трения. Строится графическое их изображение. Делается технико-экономическое обоснование модернизации узла трения.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Основы триботехники» (прошли промежуточный контроль, выполнили расчетно-графическую работу).

В день промежуточной аттестации пройти аттестацию в виде письменного зачета или компьютерного тестирования в системе СДО Московского Политеха

https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=3177&section=12

Шкала оценивания	**Описание**
зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации; Письменный зачет или более 70% по итоговому тесту компьютерного тестирования в системе СДО Московского Политеха
не зачтено	Не выполнен не один из видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует отсутствие знаний, умений, навыков приведенных в таблицах показателей. Менее **60%** правильных ответов в итоговом тесте

7.3. Оценочные средства

№ ОС	Наименование оценочног	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в

1	Устный опрос (З -зачет)	Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала	Комплект билетов для зачета
2	теститрование (Т)	Более 60% по итоговому тесту компьютерного тестирования в системе СДО Московского Политеха	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=3177&section=12
3	Расчетно-графическая работа РГР)	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения заданий по модулю или дисциплине в целом	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической

Вариант билета для зачета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет базовых компетенций, кафедра «Техническая механика и компьютерное моделирование»
Дисциплина «Основы триботехники»
Образовательная программа 15.03.01 Машиностроение
Курс 3, семестр -6

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1.

1. Свойства реальных и идеальных тел.
2. Смазочный материал. Масла и смазки. Особенности их строения и свойства

Утверждено на заседании кафедры
Заведующий кафедрой /Ю.И. Бровкина/

7.3.1. Текущий контроль

Образцы вопросов для самоконтроля

Вопросы для оценки компетенций ОПК-13

1. Опишите основные критерии для определения видов трения.
2. Определите разновидности признаков трения.
3. Что такое коэффициент трения?
4. Что такое внешнее трение?
5. Что такое внутреннее трение?
6. Каковы разновидности режимов и видов трения?

7. Что общего в законах трения Леонардо да Винчи и Амонтона? Какие факторы согласно учению Амонтона определяют коэффициент трения между твердыми телами?
8. Каковы особенности закона трения Кулона и способы его обоснования?
9. Что нового внесли в учение о трении Дезаголье, Бриллюэн, Гарди, Терцаги и Томлисон?
10. Опишите молекулярную теорию трения Б.В. Дерягина.
11. Каковы взгляды Ф. Боудена на природу формирования сил трения?
12. Каковы особенности подхода Г.И. Епифанова к условиям об- разования сил трения?
13. Сформулируйте теорию трения И.В. Крагельского.
14. Каковы пути дальнейшего развития учения о трении?

15. Что представляет основу окружающих нас твердых тел, жидкостей и газов?
16. Каковы особенности молекулярного взаимодействия между частицами, окружающими нас?
17. Каковы условия перехода материалов из твердого состоя ния в жидкое и газы?
18. Что такое силы отталкивания и притяжения; потенциальная и кинетическая энергия при взаимодействии частиц? Каковы условия их равновесия?
19. Что представляют собой кристаллические и аморфные тела; каковы их особенности и характеристики?
20. Что представляют собой монокристаллы? Каковы особенности строения и анизотропия их механических свойств?
21. Каково влияние дефектов и дислокаций на механические свойства трущихся тел?
22. Каковы особенности внешней и внутренней поверхностей твердых тел?
23. Что такое свободная поверхностная энергия, и каков характер ее распределения?
24. Каковы разновидности адсорбционных процессов, наблюдающиеся на реальных поверхностях трущихся тел?

25. Каковы особенности площадей контактирования твердых тел?
26. Каковы виды адгезионного взаимодействия твердых тел?
27. Каковы типы фрикционных связей?
28. Какова роль и виды трещин в развитии механических процессов при трении?
29. Что такое работа трения и ее составляющие?
30. Каковы температуры, реализуемые при трении твердых тел?
31. В чем сущность химического модифицирования и физиче ского процесса (эффект П.А. Ребиндера и др.) при трении?
32. Каково влияние ориентации молекул смазки на уровень трения? 9. Каковы особенности поверхности слоев реальных трущихся тел?

33. Что такое изнашивание и износ, и каковы способы их обозначения?
34. Какие существуют классы износостойкости?
35. В чем сущность входных, внутренних и выходных параметров фрикционного процесса?
36. Какие факторы оказывают влияние на механизмы и результаты изнашивания?

37. Каковы механические виды и механизмы изнашивания, их разновидности?
38. Методы и пути управления процессами изнашивания.
39. Каковы молекулярно-механические виды и механизмы изнашивания? Понятия положительного и отрицательного градиентов напряжений.
40. Каковы особенности водородного вида и механизма изнашивания в узлах трения?
41. В чем сущность коррозионно-механических видов изнашивания?
42. Каково влияние перехода механизма изнашивания на величину износа трущихся тел?
43. Какова зависимость изнашивания по В.Ф.Лоренцу?
44. Каково распределение износа по трущимся телам фрикционной пары?
45. Каковы особенности первой стадии изнашивания?

46. Каковы особенности второй стадии изнашивания?
47. Каковы особенности третьей стадии изнашивания?
48. Какие существуют возможные пути управления износом?
49. Какова область использования закона Арчарда для расчетов на износ?
50. В чем сущность методики расчета на изнашивание по И.В. Кра гельскому? Понятие удельного износа.
51. Каковы особенности зависимости фрикционных свойств трущихся тел от нормального давления и скорости скольжения?
52. Каково влияние режима нагружения узла трения (по нормаль ному давлению и скорости скольжения) на реализацию стационарной области нагрузок (нормального трения и изнашивания) и переходной и аварийной области его работы?
53. Что такое третье тело и смазочный материал?
54. Каковы функции смазочного материала?
55. Что входит в состав смазочных материалов?
56. Какие существуют виды смазки?
57. Какие бывают жидкие смазочные материалы и присадки к ним?
58. Какие существуют виды смазывания?
59. Какие бывают твердые смазочные материалы?
60. Какие бывают пластичные смазочные материалы?
61. Какие бывают газовые смазочные материалы?
62. Каковы области целесообразности использования смазочных материалов (диаграмма Герси-Штрибека и А.Р. Ландауну)?
63. Какова классификация машин трения для лабораторных и стендовых испытаний?
64. Каковы общие представления о конструкциях и технических характеристиках машин?
65. Какие существуют методы триботехнических испытаний?
66. Что такое испытание на фрикционную теплостойкость?
67. Каковы стендовые, натуральные и переносные смоделированные устройства для измерения сил трения в эксплуатационных условиях?

Вопросы, выносимые на самостоятельную работу

1. Элементарные кристаллические ячейки твердого тела.
2. Анизотропия их свойств. Реальное твердое тело.
3. Особенности его строения и свойств.
4. Дефекты структуры.
5. Свойства реальных и идеальных тел.
6. Дефекты поверхности.
7. Внутренняя и внешняя поверхность твердых тел.
8. Опорная поверхность контактирующих тел.
9. Влияние времени контактирования на формирование опорной площади.
10. Распределение напряжений в зоне контакта твердых тел.
11. Влияние размера неровности на напряженное состояние материала в зоне контакта.
12. Работа и мощность трения.
13. Составляющие работы трения.
14. Величины и виды излучения энергии при трении.

Влияние шероховатости, нагрузки и времени контакта на трение твердых тел.

Зависимость уровня трения от скорости движения, трущихся тел.

Факторы, определяющие уровень трения.

Влияние адсорбционных и окисных пленок на трение твердых тел.

Влияние адсорбированных поверхностных слоев на уровень трения твердых тел.

Внутреннее трение.

Граничное трение.

15. Способы уменьшения фрикционного взаимодействия между трущимися телами.
16. Пластичные смазочные материалы.
17. Твердые смазочные материалы.
18. Присадки. Их разновидности, назначение и способы взаимодействия между трущимися телами.
19. Материальные компоненты структуры ТС.
20. Защита рабочих поверхностей трения от загрязнений.

Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа как элемент учебной дисциплины должна способствовать формированию **компетенции ОПК-13.**

7. Расчетно-графическая работа состоит из 6-10 страниц текста и графической части. В ней рассматриваются условия эксплуатации реальных узлов или механизмов, их конструкция, материалы пар трения, системы смазывания. Рассчитываются потери механической мощности по узлам трения и определяются общие потери энергии по узлам трения. Определяются наиболее ответственные пары трения и особенности их нагружения. Выбираются и рассчитываются наиболее эффективные для конкретных условий методы модернизации узлов трения. Строится графическое их изображение. Делается технико-экономическое обоснование модернизации узла трения.

Исходными данными для выполнения расчетно-графической работы являются: выбор объекта триботехнического исследования, механизм или отдельный узел этого объекта. Студент самостоятельно или по рекомендации преподавателя выбирает объект исследования для работы.

Расчетно-графическая работа в зависимости от задания должна содержать:

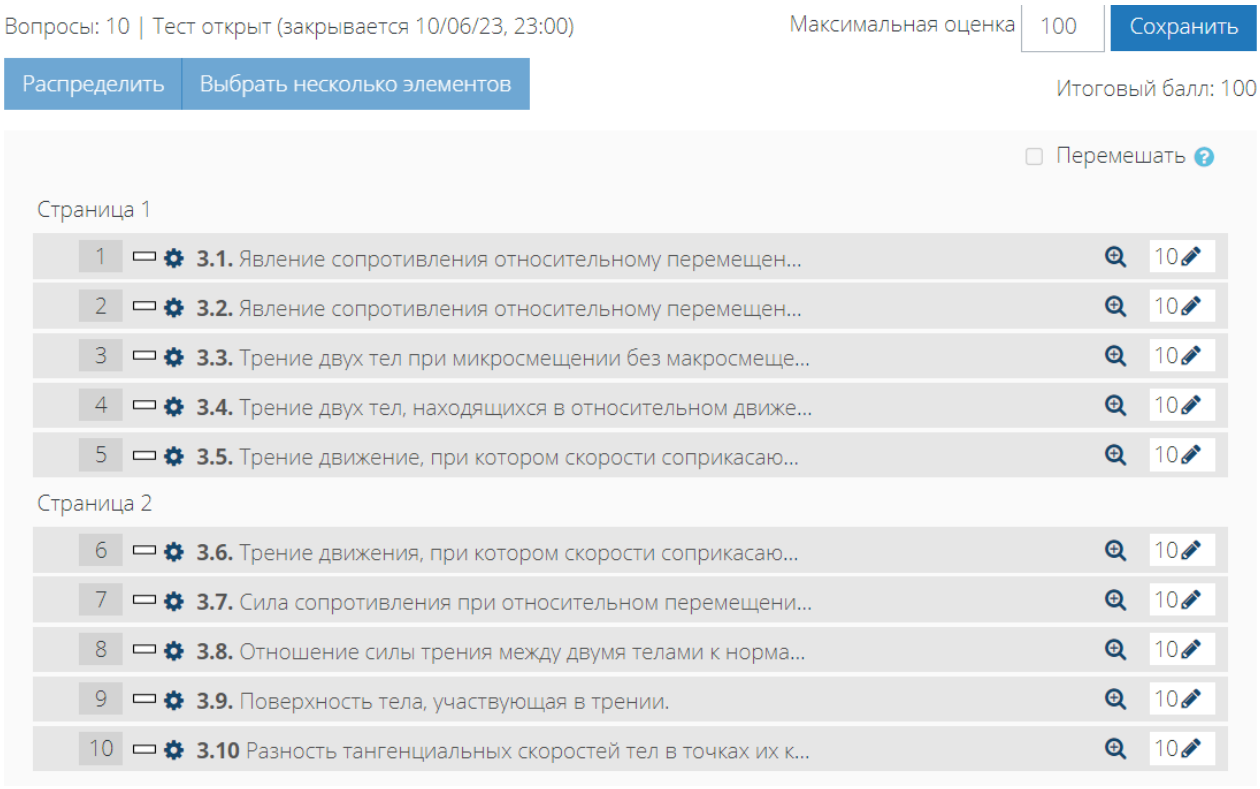
1. Титульный лист
2. Задание на РГР
3. Исходные данные
4. Расчеты и необходимые пояснения по теме исследуемого объекта
5. Технико-экономическое обоснование
6. Список использованных источников

Примерный перечень заданий для выполнения расчетно-графической работы

1. Характерные узлы трения транспортных машин.
2. Жидкостные смазочные материалы.
3. Смазочные материалы.
4. Специфические особенности полимерных материалов.
5. Дисперсные системы.

6. Влияние обработки и среды на исходное состояние поверхностей твердых тел (на примере различных узлов трения)
7. Химические механизмы воздействия на поверхностные слои твердых тел (на примере узлов трения).
8. Физические механизмы воздействия на поверхностные слои твердых тел.
9. Механохимические процессы происхождения трения твердых тел (на примере узла трения).
10. Определение фактической площади контакта.
11. Определение контактных деформаций.
12. Описание характеристик контакта деталей машин.
13. Определение площадей контакта и сближения.
14. Реологические модели при контактировании твердых тел.
15. Динамические модели трения скольжения.
16. Фрикционные автоколебания.
17. Методология расчета формоизменения сопряженных деталей при изнашивании.
18. Методы повышения износостойкости узла трения.
19. Методы повышения износостойкости машин.
20. Факторы снижения сил трения и интенсивности изнашивания.
21. Исследования в области избирательного переноса.
22. Подбор смазочных материалов для узлов трения по критерию предельной температуры.
23. Подбор смазочных материалов для узлов трения по критерию работоспособности.
24. Закономерности процесса граничной смазки.
25. Влияние температуры на фрикционно-износные и прочностные характеристики пар трения.
26. Учет изменения теплофизических характеристик материалов от температуры.
27. Специфика расчета температурного режима опор скольжения при движении по свежему следу.
28. Моделирование течения смазки в зазоре подшипника скольжения.
29. Методика пересчета опытных данных с модели на образец.
30. Стендовые и эксплуатационные испытания
31. Очистка деталей, узлов, агрегатов, смазочных, гидравлических и других систем.
32. Контрольные и предохранительные устройства.

Пример вопросов к текущим тестам



7.3.2. Промежуточная аттестация

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос (З -зачет)	Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала	Комплект билетов для зачета
2	тестирование (Т)	Более 70% по итоговому тесту компьютерного тестирования в системе СДО Московского Политеха •	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=3177&section=12
3	Расчетно-графическая работа (РГР)	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения заданий по модулю или дисциплине в целом	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы