Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.09.2023 14:48:26
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/
"02" сентября 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ОСНОВЫ ТРИБОТЕХНИКИ»

Направление подготовки
15.03.01 Машиностроение

Профиль подготовки
«Машины и технологии обработки металлов давлением в метизных производствах»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очно-заочная

Москва 2021 г.

1. Цель освоения дисциплины

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 общемашиностроительного применения.

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.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Основы триботехники» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» и входит в образовательную программу подготовки бакалавра по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Машины и технологии обработки материалов давлением» заочной формы обучения.

Дисциплина «Основы триботехники» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)»:

- Основы проектирования деталей и узлов машин;
- Технологические покрытия и смазки в процессах ОМД;
- Материаловедение.
- Специальные материалы для производства металлических изделий. Термообработка.

В вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»:

- Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем;

В вариативной части дисциплин по выбору Блока 1 «Дисциплины (модули)»:

- Физико-химические процессы при нагреве;

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**знать:** • основные закономерности в области триботехники, терминологию, основные понятия и определения, относящиеся к трибосистемам ; • моделирование процессов трения и изнашивания. **уметь:** • решать различные инженерные трибологические задачи с использованием знаний, приобретенных при изучении дисциплины; • использовать моделирование процессов трения и изнашивания, проводить экспериментальные работы. **владеть:** • методами и приемами для объективной оценки качества работы узлов трения машин, • поиском реальных триботехнических решений для модернизации парка оборудования и разработки вновь создаваемых машин
ПК-1	способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и	**знать:** • достижения науки и техники, передовой, отечественный и зарубежный опыт в области триботехники; • методы исследований взаимодействия

	зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки	триботехнических систем **уметь:** • использовать знания и опыт в расчетах конструкций трибосопряжений; • провести трибоанализ системы **владеть:** • навыками расчета и принципом оптимизации трибосистемы; • выбором наиболее эффективных методов изготовления, обработки и упрочнения трибологических материалов

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы**,** то есть 72 академических часов (из них 36 часа – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Основы триботехники» изучаются на седьмом семестре четвертого курса.

Аудиторных занятий – 36 часов, в том числе лекций –1 8 часов; практические занятия -18 часов. Расчетно-графическая работа -1. Форма контроля – зачет.

Структура и содержание дисциплины «Основы триботехники» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1 к рабочей программе.

Содержание разделов дисциплины «Основы триботехники»

4.1 Лекции

Введение. Триботехника и трибология Место триботехники в современном машиностроении. Триботехнические потери, их разновидности и объемы. Основные понятия и определения трения и изнашивания. Факторы, определяющие трение и износ. Триада трения и износа.

Свойства трущихся тел и их поверхностей. Особенности взаимодействия между атомами. Силы притяжения и отталкивания. Элементарные кристаллические ячейки твердого тела. Анизотропия их свойств. Реальное твердое тело. Особенности его строения и свойств. Дефекты структуры. Свойства реальных и идеальных тел. 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.

Трение. Трение как результат преодоления сил адгезии и когезии. Адгезионные и когезионные взаимодействия. Их особенность и факторы, влияющие на них. Дефекты поверхности. Внутренняя и внешняя поверхность твердых тел. 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 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.

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.

Смазки и смазочное действие. Понятие «смазочный материал». Масла и смазки. Особенности их строения и свойства. Пластичные смазочные материалы. Твердые смазочные материалы. Присадки. Их разновидности, назначение и способы взаимодействия между трущимися телами. Условия срабатывания смазочного материала.

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.

Способы повышения износостойкости деталей метизного производства. Конструктивные способы. Учет температурных деформаций трущихся деталей. Зазоры в сочленениях. Защита рабочих поверхностей трения от загрязнений. 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.

Испытания на трение и износ. Методы определения коэффициента трения. Испытания на износ при трении скольжения. Методика испытаний на износ при трении скольжения. Методы измерения износа. Испытания на износ при трении качения. Испытания на специальные виды изнашивания. Обработка результатов испытаний на прочность и износ.

4.2 Практические занятия

1. Износ и изнашивание. Виды и механизмы изнашивания. Класс износостойкости типовых узлов трения.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Основы триботехники» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- индивидуальное обсуждение выполняемых этапов расчетно-графического задания;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме проверки расчетно-графического задания;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме опроса;
- подготовка, представление и обсуждение презентаций.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Основы триботехники» и в целом по дисциплине составляет 50 % аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

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;
- экзамен по материалам седьмого 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 10-15 страниц текста и графической части. В ней рассматриваются условия эксплуатации реальных узлов или механизмов метизного производства, 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.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

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

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-1	умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ПК-1	способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-1 умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: основные закономерности в области триботехники, терминологию, основные понятия и определения, относящиеся к трибосистемам ; моделирование процессов трения и изнашивания.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные закономерности в области триботехники, терминологию, основные понятия и	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные закономерности в области триботехники, терминологию, основные понятия и определения,	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные закономерности в области триботехники, терминологию, основные понятия и определения,	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные закономерности в области триботехники, терминологию, основные понятия и определения,

.	определения, относящиеся к трибосистемам ; моделирование процессов трения и изнашивания.	относящиеся к трибосистемам ; моделирование процессов трения и изнашивания. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	относящиеся к трибосистемам ; моделирование процессов трения и изнашивания. , но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	относящиеся к трибосистемам ; моделирование процессов трения и изнашивания. , свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: решать различные инженерные трибологические задачи с использованием знаний, приобретенных при изучении дисциплины; использовать моделирование процессов трения и изнашивания, проводить экспериментальные работы.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: решать различные инженерные трибологические задачи с использованием знаний, приобретенных при изучении дисциплины; использовать моделирование процессов трения и изнашивания, проводить экспериментальные работы.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: решать различные инженерные трибологические задачи с использованием знаний, приобретенных при изучении дисциплины; использовать моделирование процессов трения и изнашивания, проводить экспериментальные работы. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: решать различные инженерные трибологические задачи с использованием знаний, приобретенных при изучении дисциплины; использовать моделирование процессов трения и изнашивания, проводить экспериментальные работы. . Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: решать различные инженерные трибологические задачи с использованием знаний, приобретенных при изучении дисциплины; использовать моделирование процессов трения и изнашивания, проводить экспериментальные работы. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методами и приемами для объективной	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет	Обучающийся владеет методами и приемами для объективной оценки	Обучающийся частично методами и приемами для объективной оценки	Обучающийся в полном объеме методами и приемами для

оценки качества работы узлов трения машин, поиском реальных триботехнических решений для модернизации парка оборудования и разработки вновь создаваемых машин	методами и приемами для объективной оценки качества работы узлов трения машин, поиском реальных триботехнических решений для модернизации парка оборудования и разработки вновь создаваемых машин	качества работы узлов трения машин, поиском реальных триботехнических решений для модернизации парка оборудования и разработки вновь создаваемых машин , Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	качества работы узлов трения машин, поиском реальных триботехнических решений для модернизации парка оборудования и разработки вновь создаваемых машин ., навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	объективной оценки качества работы узлов трения машин, поиском реальных триботехнических решений для модернизации парка оборудования и разработки вновь создаваемых машин, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-1 способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки				
знать: достижения науки и техники, передовой, отечественный и зарубежный опыт в области триботехники; методы исследований взаимодействия триботехнических систем	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: достижения науки и техники, передовой, отечественный и зарубежный опыт в области триботехники; методы исследований взаимодействия триботехнических систем	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: достижения науки и техники, передовой, отечественный и зарубежный опыт в области триботехники; методы исследований взаимодействия триботехнических систем эксплуатации; Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: достижения науки и техники, передовой, отечественный и зарубежный опыт в области триботехники; методы исследований взаимодействия триботехнических систем , но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: достижения науки и техники, передовой, отечественный и зарубежный опыт в области триботехники; методы исследований взаимодействия триботехнических систем ,свободно оперирует приобретенными знаниями.

уметь: использовать знания и опыт в расчетах конструкций трибосопряжений; провести трибоанализ системы	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет использовать знания и опыт в расчетах конструкций трибосопряжений; провести трибоанализ системы	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: использовать знания и опыт в расчетах конструкций трибосопряжений; провести трибоанализ системы Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: использовать знания и опыт в расчетах конструкций трибосопряжений; провести трибоанализ системы Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: использовать знания и опыт в расчетах конструкций трибосопряжений; провести трибоанализ системы Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: навыками расчета и принципом оптимизации трибосистемы; выбором наиболее эффективных методов изготовления, обработки и упрочнения трибологических материалов	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками расчета и принципом оптимизации трибосистемы; выбором наиболее эффективных методов изготовления, обработки и упрочнения трибологических материалов	Обучающийся владеет навыками расчета и принципом оптимизации трибосистемы; выбором наиболее эффективных методов изготовления, обработки и упрочнения трибологических материалов Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками расчета и принципом оптимизации трибосистемы; выбором наиболее эффективных методов изготовления, обработки и упрочнения трибологических материалов , навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками расчета и принципом оптимизации трибосистемы; выбором наиболее эффективных методов изготовления, обработки и упрочнения трибологических материалов Стандартами показателей надежности ,свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание

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 «незачтено».

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).

Шкала оценивания	***Описание***
Зачтено	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, или студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в Приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) 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

б) дополнительная литература:

1. Лужнов Ю.М. Основы триботехники: учеб. пособие/ Ю.М.Лужнов, В.Д. Александров; под ред. Ю.М. Лужнова.-М.: МАДИ,2013.-136 с.

2. Дидусев Б.А., Дмитриева Л.А. Испытание на прочность и износостойкость. Часть 3. Учебное пособие. МГТУ «МАМИ» 2007.-23 с.

3. Справочник по триботехнике. В 3 т.Т.1.Теоретические основы Под ред.М.Хебды, А.В. Чичинадзе.- М.Машиностроение, 1989.-400 с.

4. Справочник по триботехнике. В 3т. Т.2. : Смазочные материалы, техника смазки,опоры скольжения и качения/ Под общ. ред. М.Хебды, А.В. Чичинадзе.- М.Машиностроение, 1990.- 416 с.: ил.

5. Справочник по триботехнике.Т.3.Триботехника антифрикционных, фрикционных и сцепных устройств. Методы и средства триботехнических испытаний. Под ред.М.Хебды, А.В. Чичинадзе.- М.Машиностроение, 1992.-730 с.

6. Гаркунов Д.Н. Триботехника: Учебник для студентов втузов.-2-е изд., перераб. И доп.- М.: Машиностроение, 1989.-328 с.: ил.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте Мосполитеха в разделе:

- «Библиотека. Электронные ресурсы»
http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog
- «Библиотека. Электронно-библиотечные системы»
http://lib.mami.ru/lib/ebs

Сайт кафедры «Техническая механика» в разделе «Учебно-методические материалы» http://mospolytech.ru/index.php?id=4552

8.Материально – техническое обеспечение дисциплины

Специализированные учебные лаборатории кафедры «Техническая механика» 2ПК207, 2ПК209, 2ПК223. Консультационно-вычислительный класс 2ПК-226, оснащенный компьютерами с расчетным и графическим программным обеспечением.

Оборудование и аппаратура:

- проектор с компьютером и подборкой материалов для лекций и практических занятий;
- реальные демонстрационные элементы машиностроительных узлов, изучаемые в курсе;
- плакаты, иллюстративные и справочные материалы.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

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

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к дифференцированному экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- выполнение РГР;
- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к опросу;
- научно-исследовательская работа студентов;
- участие в тематических дискуссиях, олимпиадах.

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 работы.

Вопросы, выносимые на самостоятельную работу

Элементарные кристаллические ячейки твердого тела. **(ОПК-1)**

Анизотропия их свойств. Реальное твердое тело. **(ОПК-1)**

Особенности его строения и свойств. **(ОПК-1)**

Дефекты структуры. **(ОПК-1)**

Свойства реальных и идеальных тел. **(ОПК-1)**

Дефекты поверхности. **(ОПК-1)**

Внутренняя и внешняя поверхность твердых тел. **(ОПК-1)**

Опорная поверхность контактирующих тел. **(ОПК-1)**

Влияние времени контактирования на формирование опорной площади. **(ОПК-1)**

Распределение напряжений в зоне контакта твердых тел. **(ОПК-1)**

Влияние размера неровности на напряженное состояние материала в зоне контакта. **(ОПК-1)**

Работа и мощность трения. **(ОПК-1)**

Составляющие работы трения. **(ОПК-1)**

Величины и виды излучения энергии при трении. **(ОПК-1)**

Влияние шероховатости, нагрузки и времени контакта на трение твердых тел. **(ПК-1)**

Зависимость уровня трения от скорости движения, трущихся тел. **(ПК-1)**

Факторы, определяющие уровень трения. **(ПК-1)**

Влияние адсорбционных и окисных пленок на трение твердых тел. **(ОПК-1)**

Влияние адсорбированных поверхностных слоев на уровень трения твердых тел. **(ПК-1)**

Внутреннее трение. **(ОПК-1)**

Граничное трение. **(ПК-1)**

Способы уменьшения фрикционного взаимодействия между трущимися телами. **(ОПК-1)**

Пластичные смазочные материалы. **(ПК-1)**

Твердые смазочные материалы. **(ПК-1)**

Присадки. Их разновидности, назначение и способы взаимодействия между трущимися телами. **(ПК-1)**

Материальные компоненты структуры ТС. **(ПК-1)**

Защита рабочих поверхностей трения от загрязнений. **(ПК-1)**

10. Методические рекомендации для преподавателя

Основное внимание при изучении дисциплины «Основы триботехники» следует уделять изучению теоретических основ трения, изнашивания и смазки, трибологическим материалам и рациональным технологиям получения износостойких антифрикционных и фрикционных покрытий и поверхностных слоев на различных элементах узлов трения и деталях машин. Практических рекомендаций для расчета, конструирования, изготовления, испытаний и эксплуатации узлов трения разного класса и назначения.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, учебные пособия, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация.

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины **«Основы триботехники»**
по направлению **15.03.01 «Машиностроение»**
профиль подготовки **«Машины и технологии обработки материалов давлением»**
Форма обучения: Очная

№ пп	Раздел	Семестр	Неделя	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р	К.П.	РГР	Рефер.	К/р	Э	З
1	**Введение. Триботехника и трибология** Место триботехники в современном машиностроении. Триботехнические потери, их разновидности и объемы. Основные понятия и определения трения и изнашивания. Факторы, определяющие трение и износ. Триада трения и износа.	6	1-3	3	3		6								
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.	6	4-6	3	3		6				1				

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. 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.	6	7-9	3	3		6								

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. **Практическое занятие.** Износ и изнашивание. Виды и механизмы изнашивания. Класс износостойкости типовых узлов трения.	6	10-12	3	3		6								

5.	**Смазки и смазочное действие.** Понятие «смазочный материал». Масла и смазки. Особенности их строения и свойства. **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.	6	13-15	3	3		6								

6.	**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. **Испытания на трение и износ.** Методы определения коэффициента трения. Испытания на износ при трении скольжения. Методика испытаний на износ при трении скольжения. Методы измерения износа. Испытания на износ при трении качения. Испытания на специальные виды изнашивания. Обработка результатов испытаний на прочность и износ.	6		3	3		6								
	Форма аттестации										**РГР**			**Э**	
	Всего часов по дисциплине			**18**	**18**		**36**							**Э**	

Заведующий кафедрой «Техническая механика»,
профессор, д.ф.-м..н. В.С. Бондарь

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Таблица 1

ОСНОВЫ ТРИБОТЕХНИКИ					
ФГОС ВО **15.03.01 «Машиностроение»**					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **профессиональные компетенции**:					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства****	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-1	**умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования**	**знать:** • основные закономерности в области триботехники, терминологию, основные понятия и определения, относящиеся к трибосистемам ; • моделирование процессов трения и изнашивания. **уметь:** • решать различные инженерные трибологические задачи с использованием знаний, приобретенных при изучении дисциплины; • использовать моделирование процессов трения и изнашивания, проводить экспериментальные работы.	лекция, самостоятельная работа	З, РГР	**Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам **Повышенный уровень:** практическое применение полученных знаний в процессе выполнения лабораторных работ и курсовой работы; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в

		владеть: • методами и приемами для объективной оценки качества работы узлов трения машин, • поиском реальных триботехнических решений для модернизации парка оборудования и разработки вновь создаваемых машин			условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении
ПК-1	**способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки**	**знать:** • достижения науки и техники, передовой, отечественный и зарубежный опыт в области триботехники; • методы исследований взаимодействия триботехнических систем **уметь:** • использовать знания и опыт в расчетах конструкций трибосопряжений; • провести трибоанализ системы **владеть:** • навыками расчета и принципом оптимизации	лекция, самостоятельная работа, лабораторные работы	З, РГР	**Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам **Повышенный уровень:** практическое применение полученных знаний в процессе выполнения лабораторных работ и курсовой работы; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать

		трибосистемы; • выбором наиболее эффективных методов изготовления, обработки и упрочнения трибологических материалов			профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении

**- Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 3 к рабочей программе.

Приложение 3
к рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине «ОСНОВЫ ТРИБОТЕХНИКИ»

№ 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 экзаменационных билетов
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

Вариант билета

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

Факультет базовых компетенций, кафедра «Техническая механика»
Дисциплина «Основы триботехники»
Образовательная программа 15.03.01 Машиностроение
Курс 4, семестр -6

БИЛЕТ № 1.

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

Утверждено на заседании кафедры «28» августа 2019 г., протокол № 1.
Заведующий кафедрой /В.С. Бондарь/

Перечень вопросов

	Код компетенции
Трибология и триботехника. Их роль и задачи на современном этапе.	**ОПК-1**
Триботехнические потери. Их разновидности и объемы.	**ОПК-1**
Основные понятия и определения трения и изнашивания.	**ОПК-1**
Факторы ,определяющие трение и износ. Триада трения и износа.	**ОПК-1**
Особенности взаимодействия между атомами. Силы притяжения и отталкивания.	**ОПК-1**
Энергия взаимодействия.	**ОПК-1**
Факторы,определяющие твердое ,жидкое и газообразное состояние вещества.	**ОПК-1**
Элементарные кристаллические ячейки твердого тела. Анизотропия их свойств.	**ОПК-1**
Реальное твердое тело. Особенности его строения и свойств.	**ОПК-1**
Дефекты структуры. Свойства реальных и идеальных тел.	**ПК-1**
Энергия связи. Свободная поверхностная энергия тела. Распределение плотности свободной поверхности энергии по поверхности твердого тела. Влияние хемосорбционных процессов на уровень свободной поверхностной энергии.	**ПК-1**
Адсорбция и десорбция молекул. Хемосорбция. Их особенности.	**ПК-1**
Адгезионные и когезионные взаимодействия. Их особенность и факторы, влияющие на них.	**ОПК-1**
Дефекты поверхности. Внутренняя и внешняя поверхность твердых тел.	**ОПК-1**
Эффекты Ребиндера. Его особенность и значение для фрикционного взаимодействия.	**ПК-1**
Трещины Гриффитса. Их влияние на прочность твердых тел и влияние их на трение.	**ПК-1**
Микро и макрорельеф твердых тел.	**ОПК-1**
Контакт реальных твердых тел. Площади контактирования. Их разновидности и особенности.	**ОПК-1**
Опорная поверхность контактирующих тел. Влияние времени контактирования на формирование опорной площади.	**ОПК-1**
Распределение натяжений в зоне контакта твердых тел. Влияние размера неровности на напряженное состояние материала в зоне контакта.	**ОПК-1**
Работа и мощность трения.	**ПК-1**
Составляющие работы трения .Величины и виды излучения энергии при трении.	**ПК-1**
Температура при трении твердых тел.	**ПК-1**
Эволюция взглядов на природу трения.	**ПК-1**
Молекулярная теория трения В.В.Дерягина. Теория трения	**ПК-1**

Боудена.	
Молекулярно-механическая теория трения И.В.Крагельского.	**ПК-1**
Фрикционные связи. Контакт реальных твердых трущихся тел.	**ПК-1**
Молекулярная и механическая составляющие сил трения.	**ПК-1**
Влияние шероховатости ,нагрузки и времени контакта на трение твердых тел.	**ПК-1**
Зависимость уровня трения от скорости движения трущихся тел.	**ОПК-1**
Факторы ,определяющие уровень трения.	**ОПК-1**
Влияние адсорбционных и окисных пленок на трение твердых тел.	**ОПК-1**
Влияние ориентации молекул адсорбированных поверхностных слоев на уровень трения твердых тел.	**ОПК-1**
Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Граничная вязкость смазочных материалов.	**ПК-1**
Влияние толщины смазочного слоя на трение и износ твердых тел.	**ОПК-1**
Внутреннее трение.	**ОПК-1**
Граничное трение.	**ОПК-1**
Изнашивание твердых тел. Износ. Способы оценки износа.	**ПК-1**
Класификация механизмов изнашивания твердых тел.	**ПК-1**
Механические виды изнашивания и их разновидности.	**ПК-1**
Молекулярно-механический износ и его разновидности.	**ОПК-1**
Коррозионно-механический износ и его разновидности.	**ОПК-1**
Методы борьбы с износом.	**ПК-1**
Понятие износостойкий и неизносостойкий материалы. Влияние режимов нагружения на износ трущихся тел.	**ОПК-1**
Способы уменьшения фрикционного взаимодействия между трущимися телами.	**ОПК-1**
Смазочный материал. Масла и смазки. Особенности их строения и свойства.	**ОПК-1**
Присадки. Их разновидности, назначение и способы взаимодействия между трущимися телами.	**ОПК-1**
Условия срабатывания смазочного материала.	**ОПК-1**
Трение качения. Факторы ,определяющие силу трения качения.	**ПК-1**
Требования для уменьшения коэффициента трения качения. Роль смазочного материала в подшипниках качения.	**ПК-1**
Требования для безаварийной работы узла трения.	**ОПК-1**

Образцы вопросов для самоконтроля

Вопросы для оценки компетенций ОПК-1;ПК-1

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 коэф- фициент 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 физического 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. Крагельскому? 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?

Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа как элемент учебной дисциплины должна способствовать формированию **компетенции ОПК-1.**

Расчетно-графическая работа состоит из 10-15 страниц текста и графической части. В ней рассматриваются условия эксплуатации реальных узлов или механизмов метизного производства, 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.

Тематика практического занятия.

Износ и изнашивание.

1. Виды и механизмы изнашивания. -1 час
2. Классы износостойкости типовых узлов трения. -1 час

Вопросы для практического занятия.

1. Что такое изнашивание и износ, и каковы способы их обозначения?
2. Каковы механические виды и механизмы изнашивания, их разновидности? Методы и пути управления процессами изнашивания.
3. Каковы молекулярно-механические виды и механизмы изнашивания?
4. Каково влияние перехода механизма изнашивания на величину износа трущихся тел?
5. Какие существуют классы износостойкости?
6. В чем сущность входных, внутренних и выходных пареметров фрикционного процесса?
7. Какие факторы оказывают влияние на механизмы и результаты изнашивания?