

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.04.02 <small>(индекс дисциплины)</small>	Трение, износ и смазка в машинах целлюлозно-бумажного производства <small>(Наименование дисциплины)</small>
--	---

Кафедра: **7** **Машин автоматизированных систем**
Код (Наименование кафедры)

Направление подготовки: **15.03.02 Технологические машины и оборудование**
Машины и аппараты комплексной переработки возобновляемых

Профиль подготовки: **ресурсов**

Уровень образования: **бакалавриат**

План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	144		144
	Аудиторные занятия	68		16
	Лекции	34		8
	Лабораторные занятия			8
	Практические занятия	34		
	Самостоятельная работа	76		124
	Промежуточная аттестация			4
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	6		5
	Контрольная работа			5
	Курсовой проект			
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		4		4

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная						4				
Очно-заочная										
Заочная					4					

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование

На основании учебных планов № b150302-12_20
z150302-12_20

Кафедра-разработчик: Машин автоматизированных систем

Заведующий кафедрой: Александров А.В.

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Машин автоматизированных систем

Заведующий кафедрой: Александров А.В.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая Обязательная Дополнительно является факультативом
Вариативная По выбору

1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области науки о трении и изнашивании твердых тел в узлах трения различных машин, механизмов и оборудования. Это необходимо для успешной учебы при получении профессиональной подготовки в области повышения износостойкости и восстановления деталей машин, подвергающихся изнашиванию и как следствие теряющих работоспособное состояние, а также подготовки к профессиональной деятельности в области проектирования, изготовления и эксплуатации узлов трения различных машин и оборудования.

1.3. Задачи дисциплины

- Рассмотреть физические основы механизма трения, его последствия и способы минимизации износа
- физико-химические и физико-механические характеристики, строение твердых тел и их поверхностных слоёв; макро- и микрогеометрию поверхностей, виды и механизмы трения и изнашивания; теоретические основы расчета: фактической площади контакта, сближения, фактического давления, сил и коэффициентов трения, интенсивности изнашивания
- Продемонстрировать особенности изнашивания по топографии изношенной поверхности твердого тела; предлагать эффективные методы борьбы с данным видом изнашивания на стадии конструирования узла трения; проводить экспериментальные исследования с целью определения триботехнических характеристик твердых тел; делать выводы по полученным результатам; пользоваться стандартами и другой нормативно-технической документацией и научной литературой

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ДПК-1	Способен к целенаправленному применению базовых знаний в области физико-математических и естественных наук в профессиональной деятельности	3
Планируемые результаты обучения Знать: 1) Законы трения, параметры износа поверхности изделий, методы контроля и способы предотвращения износа Уметь: 1) Определить расчетным путем величину, интенсивность, скорость износа, подобрать вид смазки и способ смазки трибопар. Владеть: 1) Навыками работы на профилографе-профилометре; методикой обработки профилограмм и определения основных характеристик микрогеометрии; навыками построения опорной кривой профиля и определения параметров ее аппроксимации, навыками работы на машинах трения и экспериментального определения силы, момента силы трения и величины износа образцов из твердых тел		
ПК-1	способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки	2
Планируемые результаты обучения Знать: 1) отечественные и зарубежные источники информации в области трибологии и регулярно их изучать		

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
<p>Уметь: 1) использовать информацию по трибологии при проектировании изделий и в процессе их эксплуатации</p> <p>Владеть: 1) навыками работы на трибологическом оборудовании с целью получения необходимых данных</p>		

1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Гидродинамика волокнистых суспензий (ДПК-1, ПК-1)
- Технический перевод иностранной литературы (ПК-1)
- Деловой разговорный иностранный язык в целлюлозно-бумажной промышленности (ПК-1)
- Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) (ПК-1)

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Учебный модуль 1. Свойства поверхностей деталей			
Тема 1. Геометрические свойства поверхностных слоев, номинальный профиль Параметры шероховатости	12		12
Тема 2. Макроотклонения от номинального профиля, причины отклонения, геометрические характеристики, параметры кривой опорной поверхности. Кривая опорной поверхности. Площади контакта шероховатых тел	14		11
Тема 3 Модели шероховатой поверхности. Технологическая. Эксплуатационная	10		11
Текущий контроль 1. Опрос	2		
Учебный модуль 2. Трение в машинах и изнашивание деталей			
Тема 4. Виды и механизмы внешнего трения твердых тел. Теория внешнего трения. Переход от трения покоя к трению скольжения	14		12
Тема 5. Сила трения и коэффициент трения. Расчет коэффициента трения. Факторы, влияющие на коэффициент трения: нагрузка, температура в зоне контакта, микрогеометрия поверхности, физико-механические свойства твердых тел	15		11
Тема 6.Трение качения. Коэффициент трения качения, коэффициент сопротивления качению Факторы влияющие на сопротивление качению	10		8
Текущий контроль 2 Опрос	2		
Учебный модуль 3. Методы повышения износостойкости деталей машин			
Тема 7. Виды и механизмы изнашивания твердых тел. Классификация видов изнашивания. Разрушение поверхностей качения. Усталостное и абразивное изнашивание	14		11
Тема 8. Материаловедческие, технологические, конструкционные и эксплуатационные методы повышения износостойкости. Методы повышения износостойкости деталей машин целлюлозно-бумажного производства Методы и средства триботехнических испытаний	12		11
Текущий контроль 3. Опрос	2		
Учебный модуль 4. Смазка узлов трения			
Тема 9. Общие требования к смазочным материалам в целлюлозно-бумажной промышленности. Классификация смазочных материалов. Граничная смазка.	15		11

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Полужидкостная смазка. Твердая смазка			
Тема 10. Методы смазывания (подачи смазочного материала в место контакта) Циркуляционное смазывание, смазывание масляным туманом, смазывание погружением, смазывание кольцом. Смазывание твердым покрытием	14		14
Текущий контроль 4. Опрос	2		
Текущий контроль. Контрольная работа			28
Промежуточная аттестация по дисциплине Зачет	6		4
ВСЕГО:	144		144

3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	6	2			5	1
2	6	2			5	1
3	6	2			5	0,5
4	6	4			5	1,0
5	6	4			5	1,0
6	6	2			5	0,5
7	6	4			5	0,5
8	6	4			5	0,5
9	6	6			5	1,0
10	6	4			5	1,0
ВСЕГО:		34				8

3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
2	Расчет контактных деформаций. Оценка контактной поверхности в контакте	6	6				
5	Расчет коэффициента трения. Расчет сил трения в сухом контакте	6	10				
7	Расчет на усталостный износ. Расчет на абразивный износ	6	8				
8	Повышение износостойкости трибосопряжений	6	10				
ВСЕГО:			34				

3.3. Лабораторные занятия

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
3	Лабораторная работа №1. Изучение конструкции трибометра СМЦ2					5	2
7	Лабораторная работа №2. Исследование трибологических					5	6

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
	свойств материалов на трибометре СМЦ2						
ВСЕГО:							8

4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено.

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1, 2, 3, 4	Опрос	6	4				
1-4	Контрольная работа					5	1

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	6	52			5	76
Выполнение домашнего задания (контрольной работы)					5	28
Подготовка к практическим занятиям	6	18				
Подготовка к лабораторным работам					5	20
Подготовка к зачету	6	6			5	4
ВСЕГО:		76				124+4

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Не предусмотрены

7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Гура Г.С. Механика и трибология движения колесной пары в рельсовой колее [Текст]/ Гура Г.С.: монография – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 528 с. Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/173401/read> ЭБС ВШТЭ

б) дополнительная учебная литература

2. Ибатуллин И.Д. Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев [Текст]/ Ибатуллин И.Д. Самара: Самар. гос.техн. ун-т. 2008. – 387 с.

3. Третьяков С.Ю. Трение, износ и смазка в машинах [Текст]/ Третьяков С.Ю., Гаузе А.А. Учебное пособие СПбГТУРП. СПб., 2001. 105 с.

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Гура Г.С. Механика и трибология движения колесной пары в рельсовой колее [Текст]/ Гура Г.С.: монография – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. – 528 с. Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/173401/read> - ЭБС ВШТЭ

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. www.knigafond.ru – ЭБС «Книгафонд»
2. www.twirpx.com – ЭБС «Все для студентов»

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

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

1. Аудитория с мультимедийным учебным комплексом

8.6. Иные сведения и (или) материалы

Демонстрационные, раздаточные материалы, каталоги фирм, пр.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины.
Практические занятия	Решение задач по темам изучаемой дисциплины, использование программных продуктов для выбора управляющих устройств
Лабораторные занятия	Предварительно изучить методические указания к лабораторным работам, по рекомендациям преподавателя подготовить пункты отчета
Самостоятельная работа	При подготовке к зачету необходимо проработать конспекты лекций, рекомендуемую литературу и проанализировать результаты практических занятий

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

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

10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ДПК-1(3)	1. Излагает базовые физические законы и имеет представление о физических явлениях в трибопарах 2. Демонстрирует применение базовых физических законов к решению задач трибологии 3. Использует теоретические знания по трибологии для решения практических	1. Устное собеседование 2. Практическое типовое задание	1. Перечень вопросов к зачету (38 вопросов) 2. Практические типовые задания (10 задач)

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
	задач		
ПК-1 (2)	1. Обладает навыками систематической работы с отечественными зарубежными источниками информации в области трибологии. 2. Способен применять техническую информацию при проектировании оборудования и оценки его состояния во время функционирования 3. Научно-техническую информацию постоянно обновляет	1. Устное собеседование 2. Практическое типовое задание	1. Перечень вопросов к экзамену (зачету) (38 вопросов) 2. Практические типовые задания (5 задач)

10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
Зачтено	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание основных законов трибологии, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь законов трения и износа и их значение для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности в использовании учебного материала.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные законы процессов трения и износа; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя.

10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Физическая природа трения. Адгезия и когезия.	1
2	Зависимость сил адгезии и когезии от чистоты (гладкости) сопрягаемых поверхностей. Макро - и микропогрешности поверхностей трения.	1
3	Понятие о волнистости и шероховатости поверхности. Шероховатость технологическая и эксплуатационная, равновесная и неравновесная.	2
4	Параметры, принимаемые для оценивания шероховатости.	3
5	Адсорбция поверхностно-активных веществ. Эффект П. А. Ребиндера.	4
6	Понятие о силе трения движения, неполной силе покоя, наибольшей силе покоя (сцеплении).	4
7	Понятие о сухом, жидкостном, граничном, полусухом, полужидкостном трении, а также трение со смазочным материалом и без смазочного материала.	5
8	Зависимости Амонтона - Кулона для определения сил трения скольжения и качения.	5
9	Основные положения закона трения скольжения.	6
10	Стадии и закономерности развития трения.	6
11	Понятие изнашивания, износа, интенсивности и скорости изнашивания, износостойкости, предельного износа.	7
12	Факторы, обуславливающие изнашивание в машинах целлюлозно-бумажного	7

	производства.	
13	Элементарные процессы изнашивания.	7
14	Сущность и виды абразивного изнашивания. Особенность абразивного изнашивания мягких материалов.	7
15	Пути повышения износостойкости при абразивном изнашивании.	8
16	Сущность окислительного изнашивания. Меры борьбы.	8
17	Виды коррозии коррозионно-механическое изнашивание. Пути уменьшения коррозии.	8
18	Кавитационное изнашивание, сущность и механизм проявления, пути уменьшения.	8
19	Схватывание, сущность, целевые проявления, формы схватывания: натир, зазор, заедание, прилипание.	8
20	Процессы, происходящие при усталостном выкрашивании.	8
21	Мера изнашивания. Факторы, влияющие на интенсивность изнашивания.	8
22	Природа граничной, жидкостной, полужидкостной смазки.	9
23	Закономерности жидкостного трения скорости потоков и давление в смазочном слое.	9
24	Зависимость приведенного коэффициента трения в подшипнике жидкостного трения от вязкости масла, скоростных и геометрических параметров подшипника.	9
25	Диаграмма Герси-Штенберга, определяющая области граничного, жидкостного и смешанного трения.	9
26	Общие требования к смазочным материалам. Классификация смазочных материалов.	9
27	Выбор типа смазочного материала в зависимости от условий работы узлов трения.	10
28	Структура жидких смазочных материалов (масел), основа масел, функциональные присадки и антифрикционные добавки.	10
29	Влияние вязкости на функциональные свойства масел. Зависимость вязкости от температуры.	10
30	Моторные, трансмиссионные, промышленные масла. Масла для силовых гидравлических передач	10
31	Пластичные смазки. Свойства. Классификация по составу и по назначению.	10
32	Структура пластичных смазок, ее формирование и регулирование.	10
33	Требование к свойствам и характеристикам пластических смазок. Принцип подбора и применения пластических смазок.	10
34	Методы смазывания (подачи смазочного материала в место контакта).	10
35	Циркулирующая смазка. Назначение, конструкция и принцип работы систем циркуляционной смазки.	10
36	Системы нейтрализованной смазки пластичными и жидкими смазочными материалами.	10
37	Системы смазки масляным туманом.	10
38	Роль трибологии и триботехники в решении проблем безопасности, экологии и экономики.	10

10.2.2. Вариант типовых заданий (задач), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых задач	Ответ
1	Рассчитать радиус кривизны вершин выступов для случая, когда поперечная профилограмма имеет горизонтальное увеличение $\gamma_r=400$ и вертикальное $\gamma_b=1000$. Расстояние между линией вершин и линией впадин $R_{max}=42$ мм. Для семи наиболее высоких выступов находим ширину их сечения на расстоянии $0,06R_{max}=2,5$ мм от вершин $d_{pi}=6;8;5,5;6;12;7,5;6,3$ мм	883 мкм
2	Рассчитать величину контурной площади контакта двух стальных поверхностей Исходные данные: $R_{a1}=R_{a2}=1,6$ мкм; $H_{v1}=10$ мкм; $H_{v2}=20$ мкм; $R_{v1}=100$ мкм; $R_{v2}=150$ мкм; $E_1=E_2=2 \cdot 10^4$ кгс/мм ² ; $A_a=2500$ мм ² ; $\mu_1=\mu_2=0,3$; $H_1=H_2=100$ кгс/мм ² ; $P_a=1$ кгс/мм ² .	420 мм ²
3	Рассчитать ресурс (гамма-процентный ресурс T_γ) изнашивающейся детали при заданной вероятности безотказной работы изделия $P(t)$ для значений $P(t)$ от 0,9 до 0,9999. Исходные данные. 1. Износ детали U подчиняется линейным закономерностям изнашивания (1). 2. Номинальные (средние) режимы работы: $p_{cp}=16$ кгс/см ² и $v_{cp}=2$ м/с. Из анализа спектров нагрузок, которые могут иметь место при эксплуатации, известно, что они подчиняются нормальному закону распределения и в пределах	315 ч.

	<p>зоны ба имеют колебания: $p = 16 \pm 4,5$, т. е. $\sigma_p = 1,5$ кгс/см²; $v=2 \pm 0,6$, т. е. $\sigma_v = 0,2$ кгс/см².</p> <p>3. Испытания образцов при средних режимах эксплуатации показали, что за 100 ч работы средний износ был 2 мкм, т. е. $\gamma_{cp} = 2 \cdot 10^{-2}$ мкм/ч.</p> <p>Следует подчеркнуть, что эти данные могут быть получены и расчетным путем, например по формулам проф. И. В. Крагельского (см. гл. 3). При испытаниях достаточно получить только средние значения,</p> <p>4. Среднее значение k получим из условия $\gamma_{cp} = k \rho_{cp} \gamma_{cp}$; $2 \cdot 10^{-2} = k \cdot 16 \cdot 2$, откуда $k = 6,25 \cdot 10^{-4}$</p> <p>5. Размер детали a_0 выполняется с точностью ± 3 мкм, т. е. $\sigma_0 = 1$ мкм.</p> <p>6. Из условия функционирования изделия определен максимальным допустимый износ $U_{max} = 10$ мкм. Этот износ рассчитан по отношению к номинальному размеру a_0, поэтому при определении T_{cp} следует принимать $a_0 = 0$.</p>	
4	<p>Оценить, скорость изнашивания зубьев зубчатой передачи с эвольвентным зацеплением $z_1=z_2=18$; $m=6$ мм; $a_w=20$; $d_{a1}=d_{a2}=120$ мм; $d_{b1}=d_{b2}= 101,5$ мм; $a_w=108$ мм (изнашивается при содержании $q_0 = 1\%$ абразива в смазке); кварцевая пыль $R= 0,03$ мм; $\sigma = 25$ кгс/мм² Материал сталь 40X; $HВ_1= HВ_2 = 300 - 320$; $\delta_1=\delta_2=12\%$ $t = 1,5$.</p> <p>Частота вращения 300 об/мин.</p>	3,66 мкм/ч

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная письменная компьютерное тестирование иная

10.3.3. Особенности проведения зачета

Возможность пользоваться конспектом, справочными таблицами, калькулятором.