

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.01.02 Трение, износ и смазка в машинах целлюлозно-бумажного
производства

Учебный план: _____ ФГОС3++b150302.07-1_22-14.plx

Кафедра: Машин автоматизированных систем

Направление подготовки:
(специальность) 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Машины и аппараты комплексной переработки возобновляемых
(специализация) ресурсов

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практ. занятия				
6	УП	34	34	39,75	0,25	Зачет
	РПД	34	34	39,75	0,25	
Итого	УП	34	34	39,75	0,25	
	РПД	34	34	39,75	0,25	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 09.08.2021 г. № 728

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Тотухов Ю.А.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой машин автоматизированных систем

Гаузе А.А.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Гаузе А.А.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 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, подвергающих 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.

1.2 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

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Основы надежности машин

Химия

Физика

Технология конструкционных материалов

Теоретическая механика

Сопrotивление материалов

Экология

Метрология, стандартизация и сертификация

Методологические основы научных исследований

Высшая математика

Механика жидкости и газов

Детали машин

Современные методы расчета технологических машин и оборудования ЦБП

Теория механизмов и машин

Гидродинамика волокнистых суспензий

Основы проектной деятельности

Основы технологии машиностроения

Основы проектирования

Основы трибологии и триботехники в оборудовании целлюлозно-бумажного производства

Теория конструкции и оборудования для производства целлюлозы

Технология целлюлозно-бумажного производства, ч.1

Процессы и аппараты химической технологии

Производственная практика, технологическая (проектно-технологическая) практика

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-3: Способен проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции; организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт технологических машин и оборудования

Знать: основные законы физики и химии, соответствующие процессу трения и износа

Уметь: проводить эксперименты по исследованию процессов трения и износа

Владеть: основными методами теоретического и экспериментального исследования процесса трения

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Свойства поверхностей деталей	6					О
Тема 1. Геометрические свойства поверхностных слоев, номинальный профиль Параметры шероховатости		2	2	3,75	ИЛ	
Тема 2. Макроотклонения от номинального профиля, причины отклонения, геометрические характеристики, параметры кривой опорной поверхности Кривая опорной поверхности Площади контакта шероховатых тел		2	2	4	ИЛ	
Тема 3. Модели шероховатой поверхности Технологическая Эксплуатационная		2	2	4	ИЛ	
Раздел 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		4	3	4	ИЛ	
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	4	3	4	ИЛ	О	
Тема 6. Трение качения. Коэффициент трения качения, коэффициент сопротивления качению Факторы влияющие на сопротивление качению	2	3	4	ИЛ		
Раздел 3. Методы повышения износостойкости деталей машин						О

Тема 7. Виды и механизмы изнашивания твердых тел. Классификация видов изнашивания Разрушение поверхностей качения Усталостное и абразивное изнашивание	4	8	4	ИЛ	
Тема 8. Материаловедческие, технологические, конструкционные и эксплуатационные методы повышения износостойкости. Методы повышения износостойкости деталей машин Методы и средства триботехнических испытаний	4	10	4	ИЛ	
Раздел 4. Смазка узлов трения					
Тема 9. Общие требования к смазочным материалам. Классификация смазочных материалов. Граничная смазка Полужидкостная смазка Твердая смазка	6	1	4	ИЛ	О
Тема 10. Методы смазывания (подачи смазочного материала в место контакта) Циркуляционное смазывание, смазывание масляным туманом, смазывание погружением, смазывание кольцом Смазывание твердым покрытием	4		4	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	34	34	39,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25			
Всего контактная работа и СР по дисциплине		68,25	39,75		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-3	Имеет представление об основных законах физики и химии, на основе, которых моделируются процессы трения и износа. Анализировать информацию системы мониторинга состояния основных фондов, принимать решения на основе использования прогностических моделей. Решает трибологические задачи по обслуживанию узлов трения основных фондов.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа

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.	

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 6	
1	Физическая природа трения. Адгезия и когезия.
2	Зависимость сил адгезии и когезии от чистоты (гладкости) сопрягаемых поверхностей. Макро - и микропогрешности поверхностей трения.
3	Понятие о волнистости и шероховатости поверхности. Шероховатость технологическая и эксплуатационная, равновесная и неравновесная.
4	Параметры, принимаемые для оценивания шероховатости.
5	Адсорбция поверхностно-активных веществ. Эффект П. А. Ребиндера.
6	Понятие о силе трения движения, неполной силе покоя, наибольшей силе покоя (сцеплении).
7	Понятие о сухом, жидкостном, граничном, полусухом, полужидкостном трении, а также трение со смазочным материалом и без смазочного материала.
8	Зависимости Амонтона - Кулона для определения сил трения скольжения и качения.
9	Основные положения закона трения скольжения.
10	Стадии и закономерности развития трения.
11	Понятие изнашивания, износа, интенсивности и скорости изнашивания, износостойкости, предельного износа.
12	Факторы, обуславливающие изнашивание.
13	Элементарные процессы изнашивания.
14	Сущность и виды абразивного изнашивания. Особенность абразивного изнашивания мягких материалов.
15	Пути повышения износостойкости при абразивном изнашивании.
16	Сущность окислительного изнашивания. Меры борьбы.
17	Виды коррозии коррозионно-механическое изнашивание. Пути уменьшения коррозии.
18	Кавитационное изнашивание, сущность и механизм проявления, пути уменьшения.
19	Схватывание, сущность, целевые проявления, формы схватывания: натир, зазор, заедание, прилипание.
20	Процессы, происходящие при усталостном выкрашивании.
21	Мера изнашивания. Факторы, влияющие на интенсивность изнашивания.
22	Природа граничной, жидкостной, полужидкостной смазки.
23	Закономерности жидкостного трения скорости потоков и давление в смазочном слое.
24	Зависимость приведенного коэффициента трения в подшипнике жидкостного трения от вязкости масла, скоростных и геометрических параметров подшипника.
25	Диаграмма Герси-Штенберга, определяющая области граничного, жидкостного и смешанного трения.

26	Общие требования к смазочным материалам. Классификация смазочных материалов.
27	Выбор типа смазочного материала в зависимости от условий работы узлов трения.
28	Структура жидких смазочных материалов (масел), основа масел, функциональные присадки и антифрикционные добавки.
29	Влияние вязкости на функциональные свойства масел. Зависимость вязкости от температуры.
30	Моторные, трансмиссионные, промышленные масла. Масла для силовых гидравлических передач
31	Пластичные смазки. Свойства. Классификация по составу и по назначению.
32	Структура пластичных смазок, ее формирование и регулирование.
33	Требование к свойствам и характеристикам пластических смазок. Принцип подбора и применения пластичных смазок.
34	Методы смазывания (подачи смазочного материала в место контакта).
35	Циркулирующая смазка. Назначение, конструкция и принцип работы систем циркуляционной смазки.
36	Системы нейтрализованной смазки пластичными и жидкими смазочными материалами.
37	Системы смазки масляным туманом.
38	Роль трибологии и триботехники в решении проблем безопасности, экологии и экономики.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Рассчитать радиус кривизны вершин выступов для случая, когда поперечная профилограмма имеет горизонтальное увеличение $\gamma_g=400$ и вертикальное $\gamma_v=1000$. 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.

2. Рассчитать величину контурной площади контакта двух стальных поверхностей

Исходные данные: $Ra_1=Ra_2=1,6$ мкм; $Hv_1=10$ мкм; $Hv_2=20$ мкм; $Rv_1=100$ мкм; $Rv_2=150$ мкм; $E_1=E_2=2 \cdot 10^4$ кгс/мм²; $Aa=2500$ мм²; $\mu_1=\mu_2=0,3$; $H_1=H_2=100$ кгс/мм²; $P_a=1$ кгс/мм².

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: $v_{ср}=16$ кгс/см² и $v_{ср}=2$ м/с.

Из анализа спектров нагрузок, которые могут иметь место при эксплуатации, известно, что они подчиняются нормальному закону распределения и в пределах зоны ба имеют колебания: $\rho = 16 \pm 4,5$, т. е. $\sigma_\rho = 1,5$ кгс/см²; $v = 2 \pm 0,6$, т. е. $\sigma_v = 0,2$ кгс/см².

3. Испытания образцов при средних режимах эксплуатации показали, что за 100 ч работы средний износ был 2 мкм, т. е. $u_{ср} = 2 \cdot 10^{-2}$ мкм/ч.

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,

4. Среднее значение k получим из условия $u_{CP} = k v_{ср}$; $2 \cdot 10^{-2} = k \cdot 16$, откуда

$$k = 6,25 \cdot 10^{-4}$$

5. Размер детали a_0 выполняется с точностью ± 3 мкм, т. е. $\sigma_0 = 1$ мкм.

6. Из условия функционирования изделия определен максимально допустимый износ $U_{\max} = 10$ мкм. Этот износ рассчитан по отношению к номинальному размеру a_0 , поэтому при определении $T_{ср}$ следует принимать $a_0 = 0$.

4. 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; $Hv_1=Hv_2=300-320$; $\delta_1=\delta_2=12\%$ $t = 1,5$.

Частота вращения 300 об/мин.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная Письменная Компьютерное тестирование Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Возможность пользоваться конспектом, справочными таблицами, калькулятором.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
А.В.Александров, А.А. Гаузе, В.Н. Гончаров	Оборудование ЦБП. [Текст]. Ч. I. Основное оборудование для производства целлюлозы : учеб. пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2014	http://www.nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/1.pdf
А.В. Александров, Ю.Д. Алашкевич	Оборудование ЦБП. [Текст]. Часть II. Бумагоделательные машины	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2018	http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/2018_10_12_01.pdf
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Елагина, О. Ю.	Технологические методы повышения износостойкости деталей машин	Москва: Логос, Университетская книга	2009	http://www.iprbookshop.ru/9101.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>

Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>

Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

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

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска