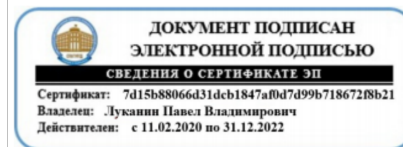


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и
дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.09

Комплексные исследования и диагностика оборудования

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 ресурсов
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практ. занятия				
7	УП	34	34	75,75	0,25	Зачет
	РПД	34	34	75,75	0,25	
Итого	УП	34	34	75,75	0,25	
	РПД	34	34	75,75	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, профессор
ассистент

Гаузе А.А.
Артамонов И.С.

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 контроля состояния и диагностики машин в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования.

1.2 Задачи дисциплины:

Рассмотреть источники вибрации исправного оборудования

Раскрыть принципы образования источников вибрации, возбуждаемой дефектами механизмов

Продемонстрировать особенности вибрации механизмов при образовании различных видов дефектов

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Основы проектирования

Учебная практика, научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)

Метрология, стандартизация и сертификация

Производственная практика, технологическая (проектно-технологическая) практика

Учебная практика, ознакомительная практика

Основы механизации целлюлозно-бумажного производства

Теория и конструкция оборудования для подготовки бумажной массы

Технология целлюлозно-бумажного производства, ч.2

Основы надежности машин

Основы проектной деятельности

Защита от коррозии машин и оборудования

Основы технологии машиностроения

Основы трибологии и триботехники в оборудовании целлюлозно-бумажного производства

Процессы и аппараты химической технологии

Теория конструкции и оборудования для производства целлюлозы

Технология целлюлозно-бумажного производства, ч.1

Детали машин

Современные методы расчета технологических машин и оборудования ЦБП

Теория механизмов и машин

Высшая математика

Основы компьютерного проектирования

Теоретическая механика

Технология конструкционных материалов

Физика

Материаловедение

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-2: Способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов и во внедрении результатов исследований и разработок; участвовать в работе над инновационными проектами

Знать: порядок проведения исследований и оформление отчетов по научным исследованиям

Уметь: анализировать полученные результаты исследований, составлять отчеты, формулировать рекомендации по внедрению

Владеть: методиками по составлению отчетов и внедрению рекомендаций в производство

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: современные способы диагностики технологических машин и оборудования

Уметь: проводить диагностику используемого оборудования

Владеть: современными методиками диагностики технологических машин и оборудования

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. Основы диагностики	7					О
Тема 1. Техническая диагностика оборудования ЦБП Назначение и задачи вибрационного мониторинга и диагностики. Техническая диагностика - основа перехода на обслуживание и ремонт машин и оборудования по фактическому состоянию. Методика перехода с обслуживания машин ЦБП по регламенту на их обслуживание и ремонт по фактическому состоянию.		2		4		
Тема 2. Вибродиагностика оборудования ЦБП Вибрация как основной вид диагностического сигнала для роторных машин и оборудования. Экономическая эффективность внедрения средств вибродиагностики		2	4	4,75		
Тема 3. Пассивные методы неразрушающего контроля и диагностики Обоснование вибрационного контроля как самого эффективного из 12 видов неразрушающего контроля для диагностики роторного оборудования		2		4	ГД	
Раздел 2. Основы вибрации					О	

<p>Тема 4. Физические основы вибрации механических систем. Механические колебания: вибросмещение, виброскорость и виброускорение. Величины механических колебаний: пиковое, среднеквадратическое, среднее значения, размах, пик-пик, пикфактор. Роторный агрегат как колебательная система. Собственные и вынужденные колебания. Явление резонанса. Критические частоты вращения оборудования. Синхронные и несинхронные колебания. Свойства и особенности распространения низкочастотной, среднечастотной, высокочастотной и ультразвуковой вибрации. Вибрация механического, электромагнитного и аэрогидродинамического происхождения. Методология обнаружения зарождающихся и развитых дефектов. Возможные состояния оборудования. Отказы и дефекты, их связь с вибрацией. Основные правила вибрационной диагностики.</p>	2	5			
<p>Тема 5. Нормативная база по вибрационному контролю машин и оборудования. Единицы измерения вибрации. ГОСТ ИСО 10816-3-2002 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях</p>	2	4	4	ГД	
<p>Раздел 3. Измерение вибрации, сбор данных</p>					
<p>Тема 6. Методы и технические средства измерения вибрации. Виброметры, виброанализаторы (октавные, третьоктавные, узкополосные), переносные (off-line) и стационарные (on-line). Виртуальные приборы</p>	2	5	5	ГД	О
<p>Раздел 4. Анализ и обработка сигналов вибрации</p>					
<p>Тема 7. Сигналы вибрации. Вибрация абсолютная и относительная. Фаза вибрации. Гармонические, полигармонические, квазиполигармонические сигналы. Амплитудно-модулированные сигналы и сигналы с угловой модуляцией. Импульсные сигналы, биения, случайные сигналы. Случайные амплитудно-модулированные сигналы.</p>	2	5	4		О

<p>Тема 8. Анализ сигналов Фильтрация, интегрирование, синхронное накопление сигналов вибрации. Форма сигнала, ее статистический анализ. Спектральный анализ периодических и непериодических сигналов. Последовательный и параллельный анализ сигналов. Особенности цифровых методов анализа сигналов. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Алайзинг. Преобразование Гильберта. Спектральный анализ огибающей высокочастотной вибрации. Кепстральный анализ сигналов вибрации. Графическое отображение сигналов и результатов их анализа. Орбиты движения валов</p>						
<p>Тема 9. Технические средства анализа вибрации. Основные требования к средствам анализа вибрации.</p>	2	5	4	ГД		
<p>Раздел 5. Особенности вибрации машин ЦБП и их узлов. Контроль и мониторинг состояния оборудования ЦБП</p>						
<p>Тема 10. Методы контроля и мониторинга. Зоны технического состояния</p>	2	5	4			
<p>Тема 11. Технические и программные средства вибрационного контроля и мониторинга. Вибропреобразователи, сборщики данных типа СД-11, СД-12, СД-21. Программное обеспечение анализа и диагностики дефектов машин и механизмов DREAM for Windows</p>	3		4	ГД		О
<p>Раздел 6. Обнаружение, анализ и идентификация неисправностей оборудования ЦБП</p>						
<p>Тема 12. Вибрационные испытания и тестовая диагностика оборудования</p>	2		5			
<p>Тема 13. Входной (выходной) контроль состояния. Определение технического состояния до и после монтажа узлов и механизмов.</p>	2		5			О
<p>Тема 14. Тестовая диагностика Тестовые испытания на разгоне и выбеге Определение собственных частот методом тестовой диагностики</p>	2		5			

Тема 15. Определение величины дефекта. Определение глубины дефекта в спектральном анализе и анализе глубины модуляции в спектре огибающей высокочастотной случайной вибрации.		2		5	ГД	
Раздел 7. Отчетная документация						
Тема 16. Виды отчетов Результаты измерений по маршруту История развития дефекта История технического состояния узла		1		4		
Тема 17. Практический мониторинг, диагностика и прогноз технического состояния на стендах с применение программно-аппаратного комплекса. Построение дерева оборудования. Составление маршрута и передача его в сборщик данных. Проведение измерений вибрации. Передача результатов измерения в компьютерную программу. Анализ результатов измерений в терминах контроля, мониторинга, диагностики и прогноза технического состояния.		2	6	5	ГД	О
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	34	75,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
Всего контактная работа и СР по дисциплине		68,25		75,75		

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-2	Имеет представление о порядке проведения эксперимента и об оформлении отчетов по научным исследованиям. Оценивает полученные результаты исследований, составляет по ним отчеты, формулирует рекомендации по внедрению. Показывает способы составления отчетов и внедряет заявленные рекомендации в производство.	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания
ПК-3	Разбирается в современных способах диагностики технологических машин и оборудования. Способен самостоятельно идентифицировать вид всех дефектов машин и оборудования и определять степень развития каждого дефекта. Применяет современные программно-технические средства контроля, мониторинга, диагностики и прогноза изменения технического состояния машин и оборудования.	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 твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответах на вопросы, способен правильно применять основные методы решения практических задач, владеет необходимыми навыками и приемами решения	
Не зачтено	Обучающийся не может изложить значительной части программного материала, допускает существенные ошибки и неточности в формулировках, нарушения в последовательности изложения программного материала, не уверенно, с большими затруднениями выполняет практические задачи	

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 7	
1	Вибрация как информативный сигнал. Вибросмещение, виброскорость и виброускорение
2	Структура технической диагностики
3	Методы технического обслуживания машин и оборудования
4	Различия понятий «мониторинг» и «диагностика» машин и оборудования по сравнению с понятием «контроль по ГОСТу ИСО»
5	Функциональная схема технического диагностирования. Понятие диагностического симптома.
6	Особенности низкочастотной вибрации
7	Природа сил, возбуждающих вибрацию в разных диапазонах частот. Особенности среднечастотной вибрации
8	Свойства и особенности высокочастотной вибрации
9	Единицы измерения вибрации
10	Измерительные преобразователи вибросмещения. Тензометрические и дифференциальные конденсаторные. Области их применения
11	Вихретоковые преобразователи вибросмещения. Области их применения, принцип действия, конструкция и особенности использования и установки
12	Измерительные преобразователи виброскорости. Области их применения, принцип действия, конструкция и особенности использования
13	Измерительные преобразователи виброускорения. Области их применения, принцип действия, конструкция и особенности использования преобразователей, работающих на сжатие-растяжение и на срез
14	Уравнение свободных колебаний акселерометра. Резонансная частота вибропреобразователя
15	Частота резонанса закрепленного на объекте акселерометра и экспериментальное определение ее действительного значения
16	Амплитудно-частотная характеристика акселерометра. Рабочий диапазон частот. Его чувствительность и понятие «поперечная чувствительность»
17	Особенности спектрального анализа периодических и непериодических сигналов
18	Последовательный и параллельный спектральный анализ.
19	Октавный и третьоктавный спектральный анализ
20	Особенности использования фильтрации с постоянной абсолютной полосой пропускания частот и с постоянной относительной полосой пропускания частот анализируемого сигнала
21	Особенности использования и области применения в технической диагностике частотных методов: общий уровень, октавный, и третьоктавный анализ, узкополосный спектральный анализ низкочастотных сигналов
22	Спектральный анализ периодических и непериодических сигналов в технической диагностике

23	Особенности использования параметров высокочастотной случайной вибрации для диагностики узлов машин и оборудования
24	Понятия «динамический диапазон», «граничная частота спектра», «разрешающая способность анализатора спектра», «время измерения спектра с усреднением»
25	Преобразование Фурье и понятие «БПФ» (Быстрое Преобразование Фурье)
26	Эффект алайзинга и особенности построения антиалайзингового фильтра
27	Реализация спектрального анализа аппаратурными средствами (их структурная схема) и виртуальными приборами
28	Функциональное диагностирование и тестовое диагностирование.
29	Процесс оценки технического состояния машин и оборудования. Функциональное и тестовое диагностирование
30	Вибрационная диагностика подшипников качения. Основные подшипниковые частоты вибрации. Особенности узкополосного спектрального анализа огибающей высокочастотной вибрации

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. При анализе вибрации двухполюсного асинхронного двигателя под нагрузкой необходимо разделить по частоте вторую гармонику вибрации ротора и электромагнитную составляющую вибрации на двойной частоте электрического тока. Какие параметры анализатора спектра необходимо выбрать, чтобы решить эту задачу за минимальное время измерений при скорости вращения двигателя 2950 об/мин.?

2. Редуктор с подшипниками скольжения, числом зубцов 23 на ведущей шестерне и 67 зубцами на ведомой шестерне приводится двигателем с частотой вращения 25 Гц. Какое минимальное частотное разрешение (ширина одной полосы спектра) должно быть у анализатора с шириной полосы из ряда Гц при диагностических измерениях вибрации на входной и выходной осях?

3. Какое физическое время (без учета времени на настройку прибора) требуется для измерения усредненного спектра вибрации в частотном диапазоне 0 - 400 Гц, при числе частотных полос в спектре -400, и 10 усреднениях.

4. Сигнал пропускается через полосовой фильтр с центральной частотой $f=100$ Гц и шириной полосы фильтра $\Delta f=10$ Гц. Через какое время после начала измерения выделяемая компонента сигнала на выходе фильтра практически не будет иметь искажений?

5. При измерении общего уровня вибрации виброметром с аналоговым фильтром с полосой частот 2-1000 Гц сколько времени необходимо накапливать сигнал после включения прибора?

6. Какая минимальная частота дискретизации сигнала с верхней граничной частотой 100 Гц достаточна для восстановления его формы по данным оцифровки?

7. Какая частота дискретизации сигнала будет оптимальной с точки зрения минимизации времени измерения и объема памяти прибора при необходимости анализировать спектр огибающей вибрации до частоты 200 Гц при средней частоте третьоктавного фильтра 5000 Гц?

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				
Ю.А. Азовцев, Н.А. Баркова, А.А. Гаузе	Вибрационная диагностика роторных машин и оборудования целлюлозно-бумажных комбинатов [Текст] : учеб. пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГУРП. – СПб. : СПбГУРП	2014	http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavysyst/2.pdf
6.1.2 Дополнительная учебная литература				

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
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

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