

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++b150302.07-34_26-14.plx

Кафедра: 7 Машин автоматизированных систем

Направление подготовки:
(специальность) 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки:
(специализация) Машины и аппараты комплексной переработки возобновляемых 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				
7	УП	34	34	39,75	0,25	3	Зачет
	РПД	34	34	39,75	0,25	3	
Итого	УП	34	34	39,75	0,25	3	
	РПД	34	34	39,75	0,25	3	

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 Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 728

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Колычев Михаил
Владимирович

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой машин автоматизированных систем

Тотухов Ю.А.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Тотухов Ю.А.

Методический отдел:

Фахретдинова А. Р.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области контроля состояния и диагностики машин (в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 18436-2-2005 «Контроль состояния и диагностика машин. Требования к обучению и сертификации персонала. Часть 2. Вибрационный контроль состояния и диагностика»).

1.2 Задачи дисциплины:

Рассмотреть источники вибрации исправного оборудования

Раскрыть принципы образования источников вибрации, возбуждаемой дефектами механизмов

Продemonстрировать 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:

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 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Основы диагностики	7				О
Тема 1. Техническая диагностика. Назначение и задачи вибрационного мониторинга и диагностики. Основной принцип технической диагностики. Диагностический признак и диагностический параметр. Диагностический симптом. Алгоритмы распознавания, диагностические модели, правила принятия решений.		2		2	
Тема 2. Вибродиагностика. Вибрация как основной вид диагностического сигнала для роторных машин и оборудования. Функциональная и тестовая диагностика. Вибрационный контроль. Основные методы прогноза технического состояния.		2	4	2,75	
Тема 3. Классификация методов неразрушающего контроля и диагностики. Пассивные методы неразрушающего контроля и диагностики. Перспективные методы неразрушающего контроля.		2		2	
Раздел 2. Основы вибрации					О
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.		2		3	

Тема 5. Нормативная база по вибрационному контролю машин и оборудования. Единицы измерения вибрации. ГОСТ Р ИСО 10816 1-97 Вибрация. Контроль состояния машины по результатам измерения вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования. ГОСТ Р ИСО 10816 – 3-2002 Вибрация. Контроль состояния машины по результатам измерения вибрации на невращающихся частях. Часть 3 Промышленные машины номинальной мощностью более 15 кВт и номинальной скоростью от 120 до 15000 мин в ст. минус 1		2	4	2	
Раздел 3. Измерение вибрации, сбор данных					
Тема 6. Методы и технические средства измерения вибрации. Кинематический и динамический принципы измерения. Понятия "абсолютных" и "относительных" значений вибрации. Датчики вибрации: проксиметры, велосиметры, акселерометры. Их основные характеристики и свойства. Области их применения. Погрешности измерения. Калибровка датчиков. Контроль их функционирования. Способы крепления датчиков. Основные требования к средствам измерения вибрации.		2	5	2	О
Тема 7. Сбор данных. Виды баз данных. Менеджер баз данных.		2	5	2	
Раздел 4. Анализ и обработка сигналов вибрации					
Тема 8. Сигналы вибрации. Временной сигнал, спектр, спектр огибающей высокочастотной случайной вибрации, кепстр, Модели сигналов: Случайный. Гармонический, полигармонический. квазиполигармонический. Сигналы биений, амплитудно-моделированный, частотно-модулированный, пик-фактор, крест-фактор, куртоз		2		1,5	О
Тема 9. Анализ сигналов. 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		2	5	2	

Тема 10. Технические средства анализа вибрации. Виброметры, виброанализаторы (октавные, третьоктавные, узкополосные), переносные (offline) и стационарные (on-line). Виртуальные приборы. Основные требования к средствам анализа вибрации.	2	5	1,5	
Раздел 5. Особенности вибрации машин и их узлов, Контроль и мониторинг состояния				
Тема 11. Технические средства анализа вибрации. Виброметры, виброанализаторы (октавные, третьоктавные, узкополосные), переносные (offline) и стационарные (on-line). Виртуальные приборы. Основные требования к средствам анализа вибрации.	3		3	
Тема 12. Технические и программные средства вибрационного контроля и мониторинга. Виброметры, виброанализаторы (октавные, третьоктавные, узкополосные), переносные (off-line) и стационарные (on-line). Виртуальные приборы. Основные требования к средствам анализа вибрации. Структура систем превентивной диагностики и программного обеспечения для автоматической диагностики машин и их узлов. Особенности программного обеспечения объединенных систем мониторинга и превентивной диагностики. Стационарные системы вибрационного мониторинга. Оптимизация числа точек контроля вибрации.	2		3	О
Раздел 6. Обнаружение, анализ и идентификация неисправностей				
Тема 13. Вибрационные испытания. Тестовая диагностика оборудования. Испытания на удар, анализ вибрации в режиме вы бега.	2		3	
Тема 14. Входной (выходной) контроль состояния. Метод ударных импульсов, метод огибающей для поиска зарождающихся дефектов. Узкополосный спектральный анализ для определения неисправностей монтажа и для виброналадки.	2		3	О
Тема 15. Тестовая диагностика. Анализ вибрации на вы бега. Поиск собственных частот оборудования импульсным возбуждением.	1,5		1,5	

Тема 16. Определение величины дефекта. Изменение частотных составляющей спектра в логарифмический единицах измерения параметров вибрации. Измерение глубины модуляции в спектре огибающей высокочастотной случайной вибрации.		1	3	3	
Раздел 7. Отчетная документация					
Тема 17. Виды отчетов. Отчет по результатам измерений по маршрутной карте, отчет по диагностике узла дерева оборудования, отчет по истории развития дефектов узла оборудования, отчет по состоянию всех контролируемых узлов оборудования структуры предприятия.		1		1	О
Тема 18. Практический мониторинг. Диагностика и прогноз технического состояния на стендах с применением программно-аппаратного комплекса. Уточнение результатов диагностики.		1,5	3	1,5	
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 БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

Использование балльно-рейтинговой системы не предусмотрено.

6. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

6.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ПК-2	Имеет представление о порядке проведения эксперимента и навыки оформления отчетов по научным исследованиям. Оценивает полученные результаты исследований, составляет по ним отчеты, формулирует рекомендации по внедрению. Показывает различные способы составления отчетов и внедряет заявленные рекомендации в промышленность.
ПК-3	Разбирается в современных способах диагностики технологических машин и оборудования. Способен самостоятельно идентифицировать вид всех дефектов машин и оборудования, определять степень развития каждого дефекта. Применяет современные средства контроля, мониторинга, диагностики и прогноза изменения технического состояния машин и оборудования.

6.2 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	

6.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

6.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 7	
1	Вибрационная диагностика подшипников качения. Основные подшипниковые частоты вибрации. Особенности узкополосного спектрального анализа огибающей высокочастотной вибрации
2	Процесс оценки технического состояния машин и оборудования. Функциональное и тестовое диагностирование
3	Функциональное диагностирование и тестовое диагностирование.
4	Реализация спектрального анализа аппаратурными средствами (их структурная схема) и виртуальными приборами
5	Эффект алайзинга и особенности построения антиалайзингового фильтра
6	Преобразование Фурье и понятие «БПФ» (Быстрое Преобразование Фурье)
7	Понятия «динамический диапазон», «граничная частота спектра», «разрешающая способность анализатора спектра», «время измерения спектра с усреднением
8	Особенности использования параметров высокочастотной случайной вибрации для диагностики узлов машин и оборудования
9	Спектральный анализ периодических и непериодических сигналов в технической диагностике
10	Особенности использования и области применения в технической диагностике частотных методов: общий уровень, октавный, и третьоктавный анализ, узкополосный спектральный анализ низкочастотных сигналов
11	Особенности использования фильтрации с постоянной абсолютной полосой пропускания частот и с постоянной относительной полосой пропускания частот анализируемого сигнала
12	Октавный и третьоктавный спектральный анализ
13	Последовательный и параллельный спектральный анализ.
14	Особенности спектрального анализа периодических и непериодических сигналов
15	Амплитудно-частотная характеристика акселерометра. Рабочий диапазон частот. Его чувствительность и понятие «поперечная чувствительность»
16	Частота резонанса закрепленного на объекте акселерометра и экспериментальное определение ее действительного значения
17	Уравнение свободных колебаний акселерометра. Резонансная частота вибропреобразователя
18	Измерительные преобразователи виброускорения. Области их применения, принцип действия, конструкция и особенности использования преобразователей, работающих на сжатие-растяжение и на срез
19	Измерительные преобразователи виброскорости. Области их применения, принцип действия, конструкция и особенности использования
20	Вихретоковые преобразователи вибросмещения. Области их применения, принцип действия, конструкция и особенности использования и установки
21	Измерительные преобразователи вибросмещения. Тензометрические и дифференциальные конденсаторные. Области их применения
22	Единицы измерения вибрации
23	Свойства и особенности высокочастотной вибрации
24	Природа сил, возбуждающих вибрацию в разных диапазонах частот. Особенности среднечастотной вибрации
25	Особенности низкочастотной вибрации
26	Функциональная схема технического диагностирования. Понятие диагностического симптома

27	Различия понятий «мониторинг» и «диагностика» машин и оборудования по сравнению с понятием «контроль по ГОСТу ИСО»
28	Методы технического обслуживания машин и оборудования
29	Структура технической диагностики
30	Вибрация как информативный сигнал. Вибросмещение, виброскорость и виброускорение

6.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

6.3.3 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.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

6.4.1 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»

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

В рамках контролируемых тем аудитории задаются вопросы:

а) при наличии желающих дать ответ – опрашиваются обучающиеся до момента получения правильного ответа, включающего необходимые понятия, определения и формулы;

б) в случае отсутствия желающих ответить – опрашиваются по усмотрению преподавателя, до получения правильного ответа.

Время опроса ограничено – 20-25 минут (2-3 минуты на вопрос) на практических занятиях.

6.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + Письменная ☐ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

6.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Зачет проводится в форме компьютерного тестирования на платформе moodle. Время тестирования - 30 мин, количество вопросов - 30 шт. Шкала оценивания (процент правильно выполненных тестовых заданий):

85% - отлично, 70 - хорошо, 60 - удовлетворительно, менее 60% - неудовлетворительно

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
7.1.1 Основная учебная литература				
Колобов, А. Б.	Вибромониторинг промышленных машин	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия	2021	http://www.iprbookshop.ru/115112.html
Устинов, Ю. Ф.	Механические колебания и виброакустическая защита транспортно-технологических строительных машин	Москва: Ай Пи Ар Медиа	2021	http://www.iprbookshop.ru/108307.html
Колобов, А. Б.	Вибродиагностика. Теория и практика	Москва: Инфра-Инженерия	2019	http://www.iprbookshop.ru/86578.html

А.В. Александров, М.В. Ванчаков, В.П. Сиваков	Основы теории и расчета оборудования целлюлозного производства	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД	2020	http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/1601660913.pdf
сост.: А. А. Гаузе, М. В. Колычев	ТЕОРИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ БУМАЖНОЙ МАССЫ КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ БУМАЖНОЙ МАССЫ. Самостоятельная работа: методические указания для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 15.03.02 — Технологические машины и оборудование	М -во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. — Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2026	http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/1772794154.pdf
Ю. И. Беленький, В. А. Марков, В. А. Соколова	Технология первичной переработки сырья. Переработка древесного сырья. Системный анализ: учебное пособие	М- во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. — Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2025	http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/1750453305.pdf
Г. З. Шульман, А. В. Тверитина	ТЕОРИЯ И КОНСТРУКЦИЯ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН. Часть II: Текст лекций для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 15.03.02 — Технологические машины и оборудование	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологии и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.- Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2023	http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/1684114247.pdf
Г. З. Шульман, А. В. Тверитина	ТЕОРИЯ И КОНСТРУКЦИЯ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН. Часть I: текст лекций для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 15.03.02 — Технологические машины и оборудование	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологии и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.- Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2023	http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/1682569554.pdf
7.1.2 Дополнительная 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, СПбГУПТД. — СПб. : СПбГУПТД	2014	http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/2.pdf

7.2 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/>

7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

PTC Mathcad 15

AutoCADDesign

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

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