

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.06

Комплексные исследования и диагностика оборудования

Учебный план: _____ ФГОС3++m150402-12_26-12.plx

Кафедра: 7 Машин автоматизированных систем

Направление подготовки:
(специальность) 15.04.02 Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки:
(специализация) Технологические процессы и оборудование целлюлозно-бумажного производства

Уровень образования: магистратура

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				
3	УП	17	17	73,75	0,25	3	Зачет
	РПД	17	17	73,75	0,25	3	
Итого	УП	17	17	73,75	0,25	3	
	РПД	17	17	73,75	0,25	3	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование, утверждённым приказом Минобрнауки России от 14.08.2020 г. № 1026

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Колычев
Владимирович

Михаил

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: Для повышения эффективности, надежности технологического оборудования и безопасности его работы необходимо изучать как вибрацию (колебания) отдельных деталей, так и всей рабочей машины в целом. Открытие основных зависимостей возникновения, распространения колебаний и развития вибрационных процессов в технологическом оборудовании позволяет оценивать его текущее техническое состояние и уровень надежности при эксплуатации. Также будет полезно учитывать эти сведения при проектировании, изготовлении и эксплуатации технологического оборудования. Шум и вибрация, генерируемые оборудованием негативно воздействуют на обслуживающий персонал. Разработка и внедрение методов и средств вибро- и шумо- защиты позволяет улучшить условия труда обслуживающего персонала.

1.2 Задачи дисциплины:

Рассмотреть источники вибрации исправного оборудования

Раскрыть принципы образования источников вибрации, возбуждаемой дефектами механизмов

Продемонстрировать особенности вибрации машин механизмов без дефектов, так и 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-4: Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов

Знать: документы, содержащие техническую информацию, необходимую для проведения вибрационного контроля, измерения и анализа вибрационного сигнала, физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к мониторингу технического состояния роторного оборудования; методы проведения функциональной и тестовой диагностики оборудования

Уметь: анализировать информацию, технические данные и показатели, необходимые для проведения мониторинга технического состояния оборудования; систематизировать результаты измерений параметров вибрации с целью использования их для прогноза технического состояния и планирования обслуживания; создавать маршруты измерений в программе DREAM

Владеть: навыками организации проведения измерений, передачи маршрутов измерений из компьютера в сборщик данных и результатов измерений из сборщика данных в программу DREAM на компьютере, методами анализа результатов измерений в терминах дефектов, их развитости и достоверности диагноза и прогноза технического состояния

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 вибрации	3				О
Тема 1. Физические основы вибрации механических систем. Механические колебания: вибросмещение, виброскорость и виброускорение. Роторный агрегат как колебательная система. Свойства и особенности распространения низкочастотной, среднечастотной, высокочастотной и ультразвуковой вибрации.		1		5	
Тема 2. 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	
Тема 3. Свободные, собственные и вынужденные колебания деталей и узлов машин		1	2	5	
Тема 4. Автоколебания и параметрические колебания деталей и узлов машин		2		5	
Раздел 2. Динамические воздействия на машины и оборудование					О
Тема 5. Динамические воздействия ротационных машин		1		4	
Тема 6. Силовые воздействия шарнирно-рычажных механизмов машин			2	2,75	
Тема 7. Групповые и случайные динамические воздействия		1		2	

Тема 8. Понятие о кинематических, параметрических и импульсных воздействиях	1		4	
Раздел 3. Виброакустические процессы в технологических машинах				
Тема 9. Виброакустические процессы в рубительных машинах	0,5		2	О
Тема 10. Колебания валов	1	2	3	
Тема 11. Виброактивность подшипников качения		1	2	
Раздел 4. Методы предотвращения и уменьшения резонансной вибрации конструкций машин				
Тема 12. Уравновешивание масс механизмов и балансировка роторов	1	2	5	О
Тема 13. Классификация вибродемпфирования и виброизоляциямм. Демпферы и амортизаторы	1	1	4	
Раздел 5. Вибродиагностика				
Тема 14. Вибрационные испытания. Тестовая диагностика оборудования. Испытания на удар, анализ вибрации в режиме выбега.	1		5	О
Тема 15. Входной (выходной) контроль состояния. Метод ударных импульсов, метод огибающей для поиска зарождающихся дефектов. Узкополосный спектральный анализ для определения неисправностей монтажа и для виброналадки.	1		5	
Тема 16. Тестовая диагностика. Анализ вибрации на выбеге. Поиск собственных частот оборудования импульсным возбуждением.	0,5		3	
Тема 17. Определение величины дефекта. Изменение частотных составляющей спектра в логарифмической единицах измерения параметров вибрации. Измерение глубины модуляции в спектре огибающей высокочастотной случайной вибрации.	1	3	5	

Раздел 6. Анализ и обработка сигналов вибрации				
Тема 18. Сигналы вибрации. Временной сигнал, спектр, спектр огибающей высокочастотной случайной вибрации, кепстр, Модели сигналов: Случайный. Гармонический, полигармонический. квазиполигармонический. Сигнал биений, амплитудно-моделированный, частотно-модулированный, пик-фактор, крест-фактор, куртоз		1		3
Тема 19. 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		1	2	4
Тема 20. Технические средства анализа вибрации. Виброметры, виброанализаторы (октавные, третьоктавные, узкополосные), переносные (offline) и стационарные (on-line). Виртуальные приборы. Основные требования к средствам анализа вибрации.		1	2	3
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	73,75
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		34,25		73,75

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-4	Правильно выбирает техническую литературу для проведения вибрационного контроля, измерения и анализа вибрационного сигнала. Имеет представления о методах диагностики оборудования. Анализирует информацию, технические данные и показатели, необходимые для проведения мониторинга технического состояния оборудования; формирует итоговые показатели вибрации с целью применения их для прогноза технического состояния и планирования обслуживания. Демонстрирует навыки организации и проведения измерений. Осуществляет анализ результатов измерений и описание их в терминах дефектов оборудования, оценку достоверности диагноза и прогноза технического состояния.

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 3	
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 аппаратными 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, СПбГТУРП. – СПб. : СПбГУРП	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
AutoCADDDesign

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