

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\_22-12.plx

Кафедра: 7 Машин автоматизированных систем

Направление подготовки:  
(специальность) 15.04.02 Технологические машины и оборудование

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

Уровень образования: магистратура

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

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 Министерства образования и науки Российской Федерации от 14.08.2020 г. № 1026

Составитель (и):

ассистент

Артамонов И.С.

Кандидат технических наук, профессор

Гаузе А.А.

От кафедры составителя:

Гаузе А.А.

Заведующий кафедрой машин автоматизированных систем

От выпускающей кафедры:

Гаузе А.А.

Заведующий кафедрой

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 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

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:

Анализ производственно-хозяйственной деятельности

Защита интеллектуальной собственности

Учебная практика, научно-исследовательская работа

Математические методы в инженерии

Динамический анализ конструкций, механизмов и машин

Компьютерные технологии в машиностроении

## 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 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	3					К
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.		1		4		
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.		1	2	4,75		
Тема 3. Классификация методов неразрушающего контроля и диагностики. Пассивные методы неразрушающего контроля и диагностики. Перспективные методы неразрушающего контроля.		1		4		
Раздел 2. Основы вибрации						
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.		1		5		К

<p>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</p>	1	2	4		
<p>Раздел 3. Измерение вибрации, сбор данных</p>					
<p>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.</p>	1	2	5		К
<p>Тема 7. Сбор данных. Виды баз данных. Менеджер баз данных.</p>	1	1	4		
<p>Раздел 4. Анализ и обработка сигналов вибрации</p>					
<p>Тема 8. 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</p>	1		3		К

<p>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</p>	1	2	4		
<p>Тема 10. Технические средства анализа вибрации. Виброметры, виброанализаторы (октавные, третьоктавные, узкополосные), переносные (offline) и стационарные (online). Виртуальные приборы. Основные требования к средствам анализа вибрации.</p>	1	2	3		
<p>Раздел 5. Особенности вибрации машин и их узлов, Контроль и мониторинг состояния</p>					
<p>Тема 11. Технические средства анализа вибрации. Виброметры, виброанализаторы (октавные, третьоктавные, узкополосные), переносные (offline) и стационарные (online). Виртуальные приборы. Основные требования к средствам анализа вибрации.</p>	1		5		
<p>Тема 12. Технические и программные средства вибрационного контроля и мониторинга. Виброметры, виброанализаторы (октавные, третьоктавные, узкополосные), переносные (off-line) и стационарные (online). 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.</p>	1		5		К
<p>Раздел 6. Обнаружение, анализ и идентификация неисправностей</p>					К

Тема 13. Вибрационные испытания. Тестовая диагностика оборудования. Испытания на удар, анализ вибрации в режиме выбега.	1		5		
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.	1		5		
Тема 15. Тестовая диагностика. Анализ вибрации на выбеге. Поиск собственных частот оборудования импульсным возбуждением.	0,5		3		
Тема 16. Определение величины дефекта. Изменение частотных составляющей спектра в логарифмических единицах измерения параметров вибрации. Измерение глубины модуляции в спектре огибающей высокочастотной случайной вибрации.	1	3	5		
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.	0,5		2		К
Тема 18. Практический мониторинг. Диагностика и прогноз технического состояния на стендах с применением программно-аппаратного комплекса. Уточнение результатов диагностики.	1	3	3		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	73,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>	34,25		73,75		

#### 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-4	<p>Правильно выбирает техническую литературу для проведения вибрационного контроля, измерения и анализа вибрационного сигнала. Имеет представления о методах диагностики оборудования.</p> <p>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; составляет маршруты измерений в программе DREAM.</p> <p>Демонстрирует навыки организации проведения измерений, передачи маршрутов измерений из ПК в программу DREAM. Осуществляет анализ результатов измерений и терминах дефектов, достоверности диагноза и прогноза технического состояния.</p>	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 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 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

### 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.

### 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

45 минут на подготовку

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
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	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/2.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafmavsys/2.pdf</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
	Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона [Текст]; Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям	М.: Бюро НДТ	2015	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kaftzkm//17.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kaftzkm//17.pdf</a>

### 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
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска