

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ЧАСТОТНЫЙ И ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки: 15.04.02 Технологические машины и оборудование

Направленность: Инновации и рынок машин и оборудования

Квалификация выпускника: Магистр

**Кострома  
2023**

Рабочая программа дисциплины Частотный и временной анализ механических процессов разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению 15.04.02 Технологические машины и оборудование, № 1026 от 14.08.2020 г.

Разработал: Рудовский П.Н. профессор кафедры ТММ, ДМ и ПТМ, д.т.н., профессор

Рецензент: Громова Е.И., к.т.н., доцент каф. ТММ, ДМ и ПТМ

ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ

Протокол заседания кафедры № 5 от 31.01 2023 г.

Заведующий кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ

Корабельников Андрей Ростиславович, д.т.н., профессор

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

### **Цель дисциплины:**

Дать обучающемуся необходимые знания о современных методах диагностики, основанных на спектральном анализе процессов.

### **Задачи дисциплины:**

- дать обучающемуся необходимые сведения о назначении и математических принципах спектрального анализа, о видах анализаторах и требованиях к ним;
- научить обучающихся приемам и методам спектрального анализа механических процессов, оценки результатов;
- научить обучающегося приемам выбора метода анализа и отбора значимых подпроцессов в зависимости от конкретного процесса и задач исследования.

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

### **В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

#### **знать:**

- классификацию методов частотного и временного анализа процессов;
- математические основы каждого метода;
- области применения и ограничения каждого из методов анализа;
- методы статистической оценки результатов анализ.

#### **уметь:**

- выбирать рациональный метод анализа процесса и обосновывать свой выбор;
- оценивать погрешности анализа с учетом имеющихся ограничений;
- наглядно демонстрировать результаты анализа с использованием соответствующих программных продуктов;
- интерпретировать результаты анализа с выделением значимых факторов.

#### **владеть:**

- методами и средствами подготовки данных к анализу;
- методами и средствами наглядного представления результатов анализа;
- методами и средствами статистической обработки результатов анализа.

#### **освоить компетенции:**

ПК-3 Способен исследовать, анализировать, проектировать, внедрять, совершенствовать процессы и производственные системы при производстве технологического оборудования.

### **Код и содержание индикаторов компетенции:**

ИПК-3.1 Способен проводить исследования и анализ процессов предприятия и производственных систем.

ИПК-3.2 Умеет проектировать, совершенствовать и внедрять, новые процессы предприятия и производственные системы.

ИПК-3.2 Владеет методами проектирования процессов на предприятии

## **3. Место дисциплины в структуре ОП ВО**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана (блок Б1.В.06). Изучается в 3 семестре обучения.

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах естественно-математического цикла бакалавриата и следующих дисциплинах магистратуры:

— динамика механико-технологических систем;

— основы научных исследований, организация и планирование эксперимента.

Изучение дисциплины является основой для выполнения диссертации магистра.

## **4. Объем дисциплины (модуля)**

### **4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы**

Виды учебной работы	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	2
Общая трудоемкость в часах	72
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	34
Лекции	
Практические занятия	
Лабораторные занятия	34
Самостоятельная работа в часах	38
Форма промежуточной аттестации	зачет

#### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	0
Практические занятия	
Лабораторные занятия	34
Консультации	
Зачет/зачеты	0,25
Экзамен/экзамены	
Курсовые работы	
Курсовые проекты	
Всего	34,25

#### 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

##### 5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самост. работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1	Временное и частотное представление процессов. Спектр процесса				6	4
2	Ряды Фурье				4	4
3	Анализ Фурье и его виды				6	4
4	Оконный анализ Фурье					4
5	Анализаторы и фильтры. Общие требования к анализаторам. Вейвлеты				6	4
6	Классификация и свойства вейвлетов				6	4
7	Вейвлет-преобразования				6	4
	Подготовка к зачету					10
	Итого:	72			34	38

##### 5.2. Содержание:

Временное и частотное представление процессов, спектр процесса:

- процессы как математические функции времени;
- подпроцессы как составляющие процессов;
- способы объединения подпроцессов процесс;
- периодичность и цикличность процессов;
- периодический процесс как сумма гармонических подпроцессов;
- спектр процесса.

Ряды Фурье:

- ряд Фурье для непрерывной функции;
- ряд Фурье для дискретной функции;
- остаток ряда;
- использование теоремы Котельникова для определения количества членов ряда Фурье.

Анализ Фурье и его виды:

- сущность анализа Фурье;
- методика анализа Фурье;
- непрерывный анализ Фурье;
- быстрый анализ Фурье;
- применение анализа Фурье.

Оконный анализ Фурье:

- понятия окна и масштаба;
- методы оконного анализа Фурье;
- применение оконного анализа Фурье.

Анализаторы и фильтры:

- принципы фильтрации сигналов;
- роль анализатора при делении сигнала.

Общие требования к анализаторам:

- четыре требования к анализаторам;
- критерии выбора параметров анализатора.

Вейвлеты:

- понятие вейвлет-функции;
- возможности применения вейвлетов в качестве анализаторов.

Классификация и свойства вейвлетов:

- категории вейвлетов;
- основные типы вейвлетов (FHAT, MHAT, Wave, Морле, Добеши);
- генерация вейвлетов;
- свойства вейвлетов и их особенности.

Вейвлет-преобразования:

- методика вейвлет-преобразования;
- ошибки вейвлет-преобразования;
- выбор типа вейвлета и его параметров;
- возможности использования вейвлет-преобразований для диагностики процессов и объектов.

**6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

**6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Временное и частотное представление процессов. Спектр процесса	Изучить виды процессов, их представление в зависимости от типа аргумента и способы формирования на основе простых подпроцессов.	4	Изучение литературных источников 1, 2, 5.	Устный опрос
2	Ряды Фурье	Изучить представление рядов Фурье в непрерывной и дискретной форме, определение четных и нечетных коэффициентов ряда, комплексной амплитуды и фазового сдвига.	4	Изучение литературных источников 1, 2, 4, 5.	Устный опрос
3	Анализ Фурье и его виды	Изучить виды и методику анализа Фурье, критерии и способы отбора значимых гармоник, методику оценки значимых гармоник по	4	Изучение литературных источников 1 – 5.	Устный опрос

		результатам восстановления исходного процесса.			
4	Оконный анализ Фурье	Изучить назначение, особенности и виды оконного анализа Фурье.	4	Изучение литературных источников 1 – 5.	Устный опрос
5	Анализаторы и фильтры. Общие требования к анализаторам. Вейвлеты	Изучить общие требования к анализаторам, применение анализаторов в качестве фильтров, единство гармонических функций и вейвлет-функций.	4	Изучение литературных источников 3, 5, 6, 7, 10.	Устный опрос
6	Классификация и свойства вейвлетов	Изучить основные виды и свойства вейвлетов.	4	Изучение литературных источников 6, 7, 9, 10.	Устный опрос
7	Вейвлет-преобразования	Изучить сущность и методику вейвлет-анализа на основе вейвлет-преобразований.	4	Изучение литературных источников 6 –10.	Устный опрос

### 6.2. Тематика и задания для практических занятий

### 6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

1. Разложение в ряд Фурье произвольной периодической функции и ее восстановление с графическим представлением результатов.
2. Анализ Фурье дискретной периодической функции с отбором значимых гармоник, оценкой результатов отбора и графическим представлением спектрограмм разложения и результатов отбора.
3. Изучение зависимости точности анализа в зависимости от ширины окна и масштаба.
4. Генерация основных типов вейвлетов и изучение их свойств.
5. Вейвлет-анализ произвольной функции.

### 7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература		
	<i>Эдвардс Р. Ряды Фурье в современном изложении</i> : В 2-х т.: Пер. с англ. Т. 1. -3 Москва : Мир, 1985. - 260 с. - ЕН. - 1.30.	
	<i>Эдвардс Р. Ряды Фурье в современном изложении</i> : В 2-х т.: Пер. с англ. Т. 2. -3 Москва: Мир, 1985. - 399 с. - ЕН. - 2.10.	
	<i>Кристалинский Р. Е. Преобразование Фурье и Лапласа в системах компьютерной математики</i> : учеб. пособие для вузов по спец. 351400 "Приклад. информатика". - Москва : Горяч. Линия-Телеком, 2006. - 216 с.: ил. - УМО спец. 351400 - Прикладная информатика. - ЕН. - ISBN 5-93517-250-X :	10
Дополнительная литература		
1	<b>Малашкевич, И.А. Вейвлет-анализ сигналов: от теории к практике</b> : учебное пособие / И.А. Малашкевич ; Поволжский государственный технологический университет. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2016. - 276 с. : схем., табл., ил. - Библиогр.: с. 219225. - ISBN 978-5-8158-1745-6 ; То же [Электронный ресурс]. -	

2	<b>Патюков, В.Г. Основы частотно-временных измерений</b> : монография / В.Г. Патюков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2014. - 166 с. : граф., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7638-3136-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=435723">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=435723</a>	
3	<b>Вейвлеты в нейродинамике и нейрофизиологии</b> : монография / А.А. Короновский, В.А. Макаров, А.Н. Павлов и др. - Москва : Физматлит, 2013. - 272 с. : схем., ил. - Библиогр.: с. 244-269. - ISBN 978-5-9221-1498-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275576">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275576</a>	

#### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

##### **Информационные ресурсы:**

1. Федеральный портал «Российское образование»; <http://www.edu.ru/>
2. Официальный сайт министерства образования и науки Российской Федерации [http://www.edu.ru/db/portal/org-sci/org\\_zapros.php](http://www.edu.ru/db/portal/org-sci/org_zapros.php)
3. Электронный каталог библиотеки КГУ <http://library.ksu.edu.ru/>

##### **Информационно-образовательные ресурсы:**

1. Академическая справочная библиотека <https://dic.academic.ru/>
2. Энциклопедический справочный ресурс [https://bigenc.ru/technology\\_and\\_technique/text/](https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/)
3. Ресурс «Файловый архив студентов» <https://studfiles.net/>

##### **Электронные библиотечные системы:**

1. ЭБС «Лань» <http://lib.kemsu.ru/userfiles/file/>
2. ЭБС «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru/>
3. ЭБС «Znanium» <http://znanium.com/>

#### **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**Лекционные** аудитории Б–106 и Б–315 на 36 посадочных мест каждая, оснащенные аудиовизуальными средствами, используются для лекций, практических занятий, проведения семинаров и конференций, групповых консультаций, промежуточного и итогового контроля.

**Компьютерные** классы Б–108 и Б–302 (13 и 11 компьютеров соответственно), объединенные в локальные сети и имеющие доступ к глобальной сети Internet, используются для проведения лабораторных работ, практических занятий, групповых консультаций, курсового и дипломного проектирования.

##### **Лицензионное программное обеспечение:**

ANSYS поставщик ЗАО КАДФЕРМ Си-Ай-Эс Договор № 2022-Т/2017-ЦФО от 19.12.2017

MathCAD Education Поставщик ООО ЮнитАльфаСОФТ Договор № 208/13 от 10.06.2013

Windows Pro 8.1 Поставщик ООО Софт-Лайн Проекты Договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014

Обновление Компас 3D Поставщик ООО Точка Комп Договор № 2-ЭА-2014 от 29.05.2014

MS Office Std Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд Договор №50156/ЯР4393 от 11.12.2014