

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

*Динамика механизмов и машин*

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Направленность «Цифровое проектирование машин и холодильных систем»

Квалификация выпускника: *Бакалавр*

**Кострома 2023**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 9 августа 2021 г. № 728 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 7 сентября 2021 г., регистрационный № 64910), в соответствии с учебным планом направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата).

Разработал: Титов С.Н., профессор кафедры ТММ, ДМ и ПТМ, д.т.н., доцент

Рецензент: Смельский Валерий Витальевич, профессор кафедры ТММ, ДМ и ПТМ, д.т.н.

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ  
Протокол заседания кафедры №10 от 24.05.2018 г.  
Заведующий кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ  
Корабельников Андрей Ростиславович, д.т.н., профессор

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ  
Протокол заседания кафедры №3 от 11.11.2021 г.  
Заведующий кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ  
Корабельников Андрей Ростиславович, д.т.н., профессор

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

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 базовые знания о динамических процессах в машинах и механизмах, методах и средствах их моделирования и анализа.

### Задачи дисциплины:

- дать обучающемуся базовые знания о динамике систем материальных объектов применительно к механизмам и машинам;
- дать обучающемуся базовые знания о динамике механизмов с деформируемыми звеньями;
- обеспечить обучающегося базовыми знаниями в части динамического взаимодействия рабочих органов машин с перерабатываемым материалом;
- усилить подготовку обучающегося в части грамотного применения знаний, полученных при изучении теоретической механики, ТММ и других дисциплин, связанных с проектированием и исследованием машин;
- научить обучающегося методам составления динамических моделей механизмов и приведения их параметров к выбранному звену;
- научить обучающегося приемам и методам анализа динамических моделей механизмов и машин с учетом режимов их функционирования.

Научно-образовательное, профессионально-трудовое воспитание обучающихся посредством содержания дисциплины и актуальных воспитательных технологий.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

#### знать:

- основные понятия и определения динамики;
- классификацию видов и параметров динамических объектов;
- методы динамического анализа объектов и процессов;
- методы диагностики машин и процессов по динамическим характеристикам.

#### уметь:

- разрабатывать динамические модели;
- определять динамические характеристики объектов моделирования;
- осуществлять приведение параметров динамических моделей;
- рассчитывать и строить динамические характеристики объектов исследования.

#### владеть:

- методами определения массово-инерционных характеристик звеньев механизмов;
- методами разработки динамических моделей;
- методами приведения параметров динамических моделей к отдельным звеньям;
- методами графического представления результатов динамического анализа.

### ОСВОИТЬ КОМПЕТЕНЦИИ:

ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных и общинженерных дисциплин. ИОПК-1.2. Умеет применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности. ИОПК-1.3: Имеет навыки теоретического и экспериментального исследования в
---	--

	профессиональной деятельности.
--	--------------------------------

<p>ПК-2. Способен моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готов проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов</p>	<p>ИПК-2.1. Знать: исследований и опытно-конструкторских разработок; методики проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации; системы автоматизированного проектирования технических объектов и технологических процессов; средства программного обеспечения и программирования для проектирования технических объектов и технологических процессов; основы методов графического моделирования; основы методов математического моделирования.</p> <p><i>ИПК-2.2. Уметь:</i> проводить эксперименты по заданным методикам; обрабатывать и анализировать результаты экспериментов; моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования.</p> <p><i>ИПК-2.3. Владеть:</i> навыками сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; навыками подготовки предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок; навыками проведения экспериментов в соответствии с установленными полномочиями; навыками проведения наблюдений и измерений, составления их описаний и формулировки выводов; навыками твердотельного моделирования, выполнения технических чертежей, сборочных чертежей и детализовки, а также чертежей общего вида в соответствии с ЕСКД.</p>
---	--

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана. Изучается в 4-м семестре обучения.

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах:

- высшая математика;
- физика;
- основы алгоритмизации и программирования;
- свойства материалов;
- сопротивление материалов;
- теоретическая механика;
- теория механизмов и машин;
- системы цифрового моделирования.

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин:

- основы конструирования и проектирования машин;
- колебания в машинах;

- методы и средства научных исследований;
- пневмо- и гидросистемы в машинах.

#### 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	4
Общая трудоемкость в часах	144
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	72
Лекции	34
Практические занятия	16
Лабораторные занятия	16
Самостоятельная работа в часах	77,75
ИКР	0,25
Форма промежуточной аттестации	зачет

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

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	34
Практические занятия	16
Лабораторные занятия	16
Консультации	
Зачет/зачеты	
Экзамен/экзамены	
Курсовые работы	
Курсовые проекты	
<b>Всего</b>	<b>66</b>

#### 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	Теоретические основы динамики машин и механизмов	20	6	2	2	10
2	Собственные колебания в линейных системах с одной степенью свободы	22	6	2	4	10
3	Собственные колебания нелинейной консервативной системы.	14	2	2	2	8
4	Вынужденные колебания в одномассовой системе	22	6	2	2	12
5	Элементы теории регистрирующих приборов	16	4	2	2	8
6	Спектральные методы	20	4	2	2	12
7	Параметрические колебания	16	4	2	2	8

8	Автоколебания	8	2	2		4
	Подготовка к зачету	5,75				5,75
	ИКР	0,25				
	<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>77,75</b>

## 5.2. Содержание:

### **Теоретические основы динамики машин и механизмов.**

Задачи динамики машин и механизмов.

Характеристика сил, действующих на звенья механизма.

Режимы движения механизмов, их энергетическая характеристика.

Приведение сил и масс.

Одномассовая динамическая модель.

Определение моментов сил в установившемся режиме.

Режим пуска.

Режим торможения.

Задачи динамики машин с учетом сил упругости звеньев.

### **Собственные колебания в линейных системах с одной степенью свободы.**

Определение числа степеней свободы систем.

Собственные колебания в консервативной системе с одной степенью свободы.

Основные элементы гармонического колебания и колебания энергии.

Собственные колебания неконсервативной системы с одной степенью свободы.

Изображение колебаний в системе с одной степенью свободы на «фазовой плоскости».

Собственные колебания системы с «отрицательным» затуханием.

### **Собственные колебания нелинейной консервативной системы.**

Колебания нелинейной консервативной системы.

Колебания физического маятника.

Определение периода колебаний.

### **Вынужденные колебания в одномассовой системе.**

Действие гармонической внешней силы на линейную систему без трения.

Явление резонанса.

Действие гармонической упругой силы на линейную систему без трения.

Вид колебаний при резонансе.

Вынужденные колебания в системе, обладающей затуханием.

Анализ резонансных законов.

Резонансные кривые при постоянной частоте и переменном параметре системы.

Вынужденные колебания в простейших системах с нелинейными элементами.

Колебания «нелинейной» пружины.

Основы теории виброизолирующих устройств (амортизация).

### **Элементы теории регистрирующих приборов.**

Основные сведения о регистрирующих приборах.  
 Квазистатические приборы.  
 Резонансные приборы.  
 Приборы, работающие по принципу сейсмографа.  
 Баллистические приборы.

#### **Спектральные методы.**

Спектр периодической функции (ряд Фурье).  
 Сплошной спектр.  
 Сравнение ряда и интеграла Фурье.

#### **Параметрические колебания.**

Раскачивание качелей.  
 Схематический расчет параметрических колебаний.  
 Области параметрического резонанса.  
 Некоторые сведения из математической теории параметрических колебаний.

#### **Автоколебания.**

Общие сведения об автоколебаниях.  
 Разрывные (релаксационные) автоколебания.

### **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	Теоретические основы динамики машин и механизмов	Изучение режимов работы машин и механизмов с точки зрения динамики	10	Изучение литературных источников 2, 3, 6, 7, 11.	Устный опрос
2	Собственные колебания в линейных системах с одной степенью свободы	Изучение методов определения параметров линейной системы при собственных колебаниях	10	Изучение литературных источников 1, 3, 5, 7	Устный опрос
3	Собственные колебания нелинейной консервативной системы	Аналитический обзор регистрирующих приборов и датчиков, основанных на принципах динамики, машин и механизмов, приводимых к нелинейным колебательным системам	8	Изучение литературных источников 1, 4, 9 Поиск в интернете	Реферат
4	Вынужденные колебания в одномассовой системе		12		
5	Элементы теории регистрирующих приборов		8		
6	Спектральные методы	Сравнение ряда и интеграла Фурье	12	Изучение литературных источников 1, 8	Устный опрос
7	Параметрические колебания	Области параметрического резонанса	8	Изучение литературных источников 1, 6	Устный опрос
8	Автоколебания	Релаксационные автоколебания	4	Изучение литературных источников 1, 4	Устный опрос

#### **6.2. Тематика и задания для практических занятий**

1. Расчет инерционных характеристик звеньев механизмов и приведенных инерционных параметров механизмов.
2. Решение динамических уравнений для одномассовых колебательных систем при различных видах возмущающей силы.
3. Решение динамических уравнений для одномассовых колебательных систем при различных видах возмущающих воздействий.
4. Разработка математической модели нелинейной колебательной системы.
5. Приведение параметров механизма, как колебательной системы, к ведущему звену.
6. Расчет параметров упругого элемента датчика для измерителя сосредоточенной силы.
7. Подготовка исходных данных для выполнения спектрального анализа заданной функции.
8. Расчет собственных частот одномассовой системы при изменении приведенной массы и жесткости.
9. Расчет критических параметров одномассовой системы для возникновения автоколебаний.

### **6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий**

1. Определение инерционных характеристик деталей по чертежам.
2. Исследование свободных колебаний математического маятника.
3. Исследование свободных колебаний физического маятника.
4. Разработка алгоритма и программы для решения нелинейных уравнений динамических моделей.
5. Исследование одномассовых колебательных систем при различных видах возмущающих воздействий с построением АЧХ и фазовых портретов
6. Изучение конструкций акселерометров и виброизмерителей.
7. Выполнение спектрального анализа заданной функции с отбором значимых гармоник при различных сочетаниях критериев отбора.
8. Анализ одномассовой системы при изменении приведенной массы и жесткости путем построения АЧХ.
9. Исследование крутильных колебаний.

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

### *а) основная:*

1. *Стрелков С. П. Введение в теорию колебаний* : учеб. - 3-е изд., испр. - Москва : Лань, 2005. - 440 с. - (Лучшие классические учебники. Физика). - 3-500. - ЕН. - ISBN 5-8114-0614-2 : 239.00.
2. *Комаров М. С. Динамика механизмов и машин.* - Москва : Машиностроение, 1969. - 296 с. - ОПД, СД. - 1.17.
3. *Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин* : [учеб. для втузов] : допущено Госкомитетом СССР. - Изд. 4-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1988. - 639 с. : ил. - Предм. указ.: с. 636-639. - ISBN 5-02-013810-X : 1.50.
4. *Вульфсон И. И. Колебания машин с механизмами циклового действия.*

- Л. : Машиностроение, 1990. - 310 с.: ил. - ОПД, СД. - 3.20.

*б) дополнительная:*

5. *Стрелков С. П. Механика* : учеб. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2005. - 560 с.: ил. - (Лучшие классические учебники. Физика). - ЕН, ОПД. - ISBN 5-8114-0622-3 : 359.00.
6. *Вульфсон И. И. Динамические расчеты цикловых механизмов.* - Л. : Машиностроение, 1976. - 328 с.: ил. - ОПД, СД. - 1.23.
7. *Левитский Н. И. Теория механизмов и машин* : учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1990. - 592 с. - ISBN 5-02-014188-7 : 1.60.
8. *Эдвардс Р. Э. Ряды Фурье в современном изложении:* В 2-х т.: Пер. с англ. Т. 1. - Москва : Мир, 1985. - 260 с. - ЕН. - 1.30.
9. *Логинов В. Н. Электрические измерения механических величин.* - Москва : Энергия, 1970. - 80 с. - (Массовая радиоб-ка; Вып.744). - ОПД. - 0.23.
10. *Левшина Е. С. Электрические измерения физических величин:* Измерительные преобразователи : Учеб. пособие для вузов. - Л. : Энергоатомиздат, 1983. - 320 с. - ОПД. - 1.10.
11. *Титов С. Н. Инерционные характеристики звеньев механизмов:* Метод. пособие по курсам РКТМ и ПрТМ. - Кострома: КГТУ, 2001. - 27 с. - ОПД, СД. - 15.00.

## **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. Библиотека стандартов «Все ГОСТы» <http://vsegost.com/>
4. 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/>
4. Федеральный ресурс «Теория механизмов и машин» <http://www.teormach.ru/>

### **Электронные библиотечные системы:**

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

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для**

### осуществления образовательного процесса по дисциплине

Учебный корпус «Б», ауд. № Б-106. (лекции, текущий контроль и промежуточная аттестация).	Посадочных мест – 48, рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий, проектор.	Специальное программное обеспечение не используется
Учебный корпус «Б», ауд. № Б-302. (лабораторные работы, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль и промежуточная аттестация).	Посадочных мест – 26, , рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий, компьютеры Intel Pentium Dual-Core E5200 2.50 GHz Socket 775800 MHz BOX – 10 шт. Сетевые ПЭВМ с набором необходимого программного обеспечения и выходом в Internet.	Windows 8.1. Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд. Договор № 50156/ЯР4393 от 11.12.2014. Microsoft Office Std. Поставщик ЗАО Софт Лайн Трейд. Договор № 50156/ЯР4393 от 11.12.2014. ПО Kaspersky Endpoint Security. Поставщик ООО Системный интегратор. Договор № СИ0002820 от 31.03.2017. MathCAD Education. Поставщик ООО ЮнитАльфаСОФТ. Договор № 208/13 от 10.06.2013. Обновление Компас 3D. Поставщик ООО Точка Комп. Договор № 2-ЭА-2014 от 29.05.2014.
Учебный корпус «Б», ауд. № Б-109. (лабораторные работы, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль и промежуточная аттестация).	Посадочных мест – 16, рабочее место преподавателя, рабочая доска, комплект учебно-методических пособий, персональный компьютер. Батаннные механизмы. Виброизмерительная аппаратура. Стенд ВЭДС-10А. Стенд для испытания эластичных покрытий. Прядильная машина. Стенд привода веретен. Стенд кулачкового механизма. Вибростенды. Стенды ткацкого оборудования. Наборы измерительных инструментов, датчики измерения перемещений, ускорений, усилий, деформаций, вибраций и др., измерительный комплекс ZetLab на базе АЦП с программным обеспечением, аналого-цифровые преобразователи на базе ЭВМ.	Специальное программное обеспечение не используется
Учебный корпус «Б», ауд. № Б-312. (помещение для ремонта и обслуживания оборудования).		Специальное программное обеспечение не используется
Читальный зал главного корпуса, ауд.119 (самостоятельная работа).	17 посадочных мест; 6 компьютеров (5 для читателей, 1 для сотрудника); 2 принтера; 1 копировальный аппарат.	Специальное программное обеспечение не используется