

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины**

Динамика конструкций с подвижными нагрузками

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика деформируемого твердого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Якушев Р.С. (Кафедра теоретической механики, отделение механики), Rinat.Yaqushev@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4	Способен применять методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные положения динамики конструкций, взаимодействующих с движущимися нагрузками, применяемые модели учета сил инерции,

основные методы аналитических, численных и экспериментальных приемов исследования воздействия подвижных воздействий

Должен уметь:

по конструктивно-компоновочной схеме механизма и конструкций выбирать расчетную модель, определять их динамические характеристики и рассчитать параметры колебаний инженерных конструкций и сооружений при воздействии движущихся нагрузок.

Должен владеть:

теоретическими знаниями о понятиях, применяемых законах и используемых теориях взаимодействия элементов инженерных объектов;

знаниями об истории развития, о роли и месте динамике систем с подвижными нагрузками в общем процессе проектирования конструкций, сооружений и технологий;

навыками расчета и анализа конструкций, сооружений, процессов и явлений для выбора пути целенаправленного изменения параметров в сторону улучшения динамических характеристик динамической системы в целом.

Должен демонстрировать способность и готовность:

применения способов математического описания, методологии и логики моделирования:

- состояния изучаемого объекта или явления.
  - величин, характеризующих объекты, их взаимодействие со средой и т. п.
  - уравнений эволюции изучаемой природной системы
- в динамике конструкций взаимодействующих с подвижными нагрузками

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Механика деформируемого твердого тела)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 1 курсе в 1 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 32 часа(ов), в том числе лекции - 16 часа(ов), практические занятия - 16 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 76 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 1 семестре.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Основные понятия, постановка задачи о действии подвижных нагрузок на сооружения и методы их решения	1	2	0	4	0	0	0	16
2.	Тема 2. Балки и трубопрооводы	1	3	0	3	0	0	0	22
3.	Тема 3. Комбинированные арочные системы	1	3	0	4	0	0	0	22
4.	Тема 4. Тонкие пластинки и оболочки, взаимодействующие с подвижными нагрузками	1	4	0	3	0	0	0	22
	Итого		12	0	14	0	0	0	82

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Основные понятия, постановка задачи о действии подвижных нагрузок на сооружения и методы их решения

Цели и задачи курса. Основные понятия.

История и современное состояние решения задачи о динамике инженерных сооружений, испытывающих действие подвижных нагрузок.

Математическая формулировка задачи о поведении конструкций и ее элементов при взаимодействии с движущимися нагрузками. Основные модели и методы решения задач.

Инженерные ошибки и катастрофы. Такомский и Волгоградские мосты.

##### Тема 2. Балки и трубопрооводы

Бесконечная балка на упругом основании под действием локальной подвижной нагрузки. Бегущая изгибная волна и ее динамические характеристики.

Балка на шарнирных опорах, взаимодействующая с бесконечной полосой равномерной распределенной нагрузки. квазистатический изгиб балки.

Изгибные колебания трубопроводов на неподвижных опорах. Влияние свойств материала трубопровода на ее динамическое поведение.

Нелинейный изгиб балок с учетом продольных сил, цепных усилий, инерции поворотов и сдвигов.

##### Тема 3. Комбинированные арочные системы

Мосты с арочными подкреплениями. Виды комбинированных арочных систем (КАС) и их классификация. Основные характеристики КАС и их динамического проведения.

Применение метода Шалленкампа для решения задачи о собственных и вынужденных колебаниях КАС под действием подвижной безинерционной нагрузки.

Использование метода Инглиса-Болотина для решения задачи о колебаниях КАС под действием подвижной инерционной нагрузки.

##### Тема 4. Тонкие пластинки и оболочки, взаимодействующие с подвижными нагрузками

Постановка задачи о динамике пластин и оболочек при действии подвижных нагрузок.

Колебания и устойчивость пластин и оболочек под действием подвижной распределенной инерционной нагрузки.

Квазистатическая устойчивость цилиндрической оболочки, взаимодействующей с подвижной массивной нагрузкой.

Применение метода Горошко О.А. для решения задачи о колебаниях цилиндрической оболочки при действии подвижной нагрузки. Двухволновой характер осесимметричных колебаний цилиндрической оболочки.

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

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

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Галабурда, М. А. Расчет ферм при подвижных нагрузках [Электронный ресурс] / Учебное пособие / М. А. Галабурда. - М. : МГАВТ, 2006. - 24 с. : ил - <http://znanium.com/bookread2.php?book=402940>

Магнитолевитационный транспорт: научные проблемы и технические решения [Электронный ресурс] / под ред. Ю.Ф. Антонова, А.А. Зайцева. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2015. ? 628 с. - <https://e.lanbook.com/book/71998>  
Светлицкий В. А. Механика гибких стержней и нитей. ? М.: Машиностроение, 1978. ? 222 с. - [http://books.alnam.ru/book\\_mgs.php](http://books.alnam.ru/book_mgs.php)

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	На лекциях излагается основное содержание курса. Студенту рекомендуется готовиться к каждой предстоящей лекции по конспектам, учебным пособиям, указанным преподавателем, и, в случае необходимости, обращаясь к лектору за консультацией. Конспект служит как для повторения материала перед каждым практическим занятием, так и для подготовки к экзамену. Записи на лекции студент должен проверять и дополнять по учебнику.
практические занятия	Важной составной частью учебного процесса являются практические занятия. Практические занятия должны быть использованы студентом для усвоения методов и навыков в решении конкретных задач и для закрепления теоретического содержания курса. К очередному практическому занятию необходимо повторить соответствующий материал и решить домашние задачи. Задачи подбираются так, что при твердом усвоении теоретического материала, изложенного на лекции, их решения потребуют 1-1,5 часа.
самостоятельная работа	К лекциям и практическому занятию необходимо повторить соответствующий материал и решить домашние задачи. Задания подбираются таким образом, что при условии твердого усвоения теоретического материала, изложенного на лекции, для их решения требуется, в среднем, 1-2 часа. Студенту рекомендуется готовиться к каждой предстоящей лекции, лабораторному занятию по конспектам, учебным пособиям, указанным преподавателем, и, в случае необходимости, обращаясь к лектору за консультацией.
зачет	Данное на лекциях и практических занятиях основное содержание курса необходимо самостоятельно проработать. Для зачета студенту рекомендуется повторить материал, используя конспекты, учебные пособия, рекомендованную литературу и обращаясь за консультацией к преподавателю. Во время самостоятельных занятий своевременно повторно проработать вопросы, вынесенные на зачет.

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

## 12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:



- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.04.03 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе "Механика деформируемого твердого тела".

*Приложение 2*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
**Б1.В.02 Динамика конструкций с подвижными нагрузками**

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика деформируемого твердого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

**Основная литература:**

Нигматуллин, Роберт Искандерович. Механика сплошной среды, кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 010701 'Фундаментальная механика и механика' и направлению подготовки 010800 'Механика и математическое моделирование' / Р.И.Нигматуллин. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. -639 с.

Якушев, Р. С. Динамика конструкций под действием подвижных нагрузок / Р.С.Якушев. - Казань : Центр инновац. технологий, 2004. - 127 с

Коноплев Ю.Г., Якушев Р.С. Лекции по динамике сооружений с подвижными нагрузками / Ю.Г. Коноплев, Р.С. Якушев. - Казань : Отечество, 2003. - 205 с.

**Дополнительная литература:**

Ганиев, Ривнер Фазылович. Нелинейная волновая механика и технологии: волновые и колебательные явления в основе высоких технологий/Р.Ф. Ганиев, Л.Е. Украинский. Изд. 2-у, доп. -М.: Институт компьютерных исследований: [Регулярная и хаотическая динамика], 2011. - 780 с.



*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
**Б1.В.02 Динамика конструкций с подвижными нагрузками**

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика деформируемого твердого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.