

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по учебной работе и
Образовательным инновациям

О.Г. Прохоренко

30 июня 2023

Регистрационный № УД-13584/уч.

МЕХАНИКА КОЛЕБАНИЙ

**Учебная программа учреждения высшего образования
для студентов Совместного института БГУ и ДПУ
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 03 02 Механика и математическое моделирование

2023 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 02-2021 и учебных планов G31-1-029/уч.-СИБД от 30.06.2021.

СОСТАВИТЕЛИ:

Н.А. Докукова, доцент кафедры теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

Fang Nan, 韩放, доцент Даляньского политехнического университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Ю.В. Василевич, профессор кафедры теоретической механики и механики материалов машиностроительного факультета Белорусского национального технического университета, доктор физико-математических наук, профессор;

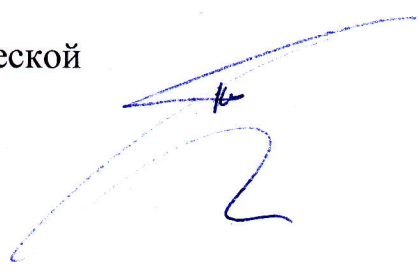
В.В. Видякин, директор Научно-производственного общества с ограниченной ответственностью «ГЕОСПЛАЙН», кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической и прикладной механики БГУ
(протокол № 12 от 17.05.2023)

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 9 от 29.06.2023)

Зав. кафедрой теоретической
и прикладной механики



М.А. Журавков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является: формирование у студентов знаний по вопросам применения основных законов механики для расчета колебаний машиностроительных устройств, транспортной мобильной техники, строительных конструкций; проектирования эффективных виброизолирующих амортизаторов машин и аппаратов.

При изучении дисциплины вырабатываются навыки практического использования методов, предназначенных для математического моделирования движения систем твёрдых тел.

Задачами дисциплины являются: формирование у студентов представления о предмете механики колебаний, возможностях её аппарата и границах применимости её моделей.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина «Механика колебаний» относится к модулю «Прикладная механика» компонента учреждения высшего образования.

Учебная программа составлена с учетом межпредметных **связей** и программ по дисциплинам: «Математический анализ», «Теория функций комплексного переменного», и модулям: «Физика», «Дифференциальные уравнения», «Уравнения математической физики», «Теоретическая механика», «Аналитическая механика», «Сопротивление материалов и основы строительной механики», «Теория упругости», «Механика жидкости и газов», «Алгебра», «Аналитическая геометрия», «Информационные технологии и программирование», «Численные методы. Пакеты прикладных программ», «Вариационное исчисление и методы оптимизации», «Интегральные уравнения».

Изучение дисциплины «Механика колебаний» необходимо для дальнейшего изучения таких дисциплин, как: «Экспериментальная механика», «Теория пластин и оболочек».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Механика колебаний» должно обеспечить формирование следующих **компетенций**:

СК-5. Проводить сравнительный анализ экспериментальных и теоретических данных.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать: основы государственного компонента и компонента учреждения высшего образования модулей «Основы управления интеллектуальной собственностью», «Основы анализа», «Физика», «Дифференциальные уравнения», «Теоретическая механика», «Механика сплошных сред»,

«Алгебра», «Аналитическая геометрия», «Информационные технологии и программирование», «Численные методы. Пакеты прикладных программ».

уметь: использовать междисциплинарные системные связи наук, самостоятельно выделять и решать основные методологические естественнонаучные проблемы с целью получения точных решений технических задач.

владеть: выбором наиболее актуальных направлений научных исследований, возможностью определения наиболее целесообразной постановки задач исследований и нахождения их наиболее эффективных способов решения, самостоятельного приобретения и использования в практической деятельности новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 5 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Механика колебаний» отведено:

– для очной формы получения высшего образования: 135 часов, в том числе 90 аудиторных часов, из них: лекции – 54 часа, лабораторные занятия – 32 часа, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Basic concepts

Тема 1.1. Introduction of Vibration Mechanics.

Chapter 1 is introduction. Introducing vibration mechanics development, reviewing concepts such as dynamics, so that students are familiar with the terminology and procedures.

Тема 1.2. Modeling of Single Degree-of-Freedom (SDOF) Systems.

From Chapter 2, the students should understand the working mechanism of basic components of a mechanical system, such as inertia, stiffness, damping and a source of work or energy.

Раздел 2. Free oscillations

Тема 2.1. Free Vibration of Single Degree-of-Freedom (SDOF) Systems.

From this course, the students should master the concepts of vibration modal, natural frequency, etc., hand on the methods, such as Energy method, Rayleigh method, etc., and do the vibration analysis of SDOF system by hand computation.

Тема 2.2. Single-mass oscillating systems.

From this course, the students should master the principle of virtual work, understand the mechanic mechanism of several kinds of free vibration, such as underdamped free vibrations, critically damped free vibrations, overdamped free vibrations, etc.

Раздел 3. Harmonic Excitation Mechanical Systems

Тема 3.1. Harmonic Excitation of SDOF Systems.

From this course, the students should understand the concepts and mechanism of harmonic vibration, master the analysis process of forced harmonic vibration, and do the vibration analysis of SDOF system by hand computation.

Тема 3.2. Harmonic Excitation of rotary Systems.

From this course, the students should understand the working mechanism of rotor systems, including rotor unbalance, whirling of rotating shafts, etc., master the linear analysis process of rotor systems.

Раздел 4. Transition processes

Тема 4.1. Harmonic Excitation of SDOF Systems.

From this course, the students should understand the mechanism of energy dissipated by damping, some vibration isolation methods, and vibration-measuring instruments for testing.

Тема 4.2. Transient Vibration of SDOF systems.

From chapter 5, the students should understand the concept and mechanism of transient vibration, master the process and some numerical methods to deal with transient vibration.

Раздел 5. Dynamic transients and oscillations

Тема 5.1. Concept and mechanism of transient vibration, the process and some numerical methods to deal with transient vibration.

From chapter 5, the students should understand the concept and mechanism of transient vibration, master the process and some numerical methods to deal with transient vibration.

By summarizing and solving the problems of Chapter 2-4, the students can understand the concepts and mechanisms more solid and deeply, which can help them to apply the theories into the engineering problem.

Раздел 6. Two Degree-of-Freedom Systems

Тема 6.1. Study of systems with two degrees of freedom.

From Chapter 6, the students should master the derivation of the equations of motion for natural frequencies and mode shapes, and harmonic response of two degree-of-freedom systems. The students can do the modal analysis of two degree of freedom systems by hand computation.

Раздел 7. Modeling of MDOF Systems.

Тема 7.1. Modeling of MDOF Systems.

From Chapter 7, the students should master derivation of differential equations using the free-body diagram method, Lagrange's equations, matrix formulation of differential equations for linear systems, lumped-mass modeling of continuous systems.

Раздел 8. Free Vibration of MDOF Systems

Тема 8.1. Modelling methods and techniques.

From Chapter 8, the students should master the concept and analysis process of natural frequencies and mode shapes of different kinds of systems.

Раздел 9. Forced Vibration of MDOF Systems

Тема 9.1. Forced Vibration of MDOF Systems.

From Chapter 9, the students should master the harmonic excitations, Laplace transform solutions and the process of harmonic analysis of complex systems.

Раздел 10. Properties of Vibrating Systems

Тема 10.1. Properties of Vibrating Systems.

From Chapter 10, the students should understand some of the properties of vibrating systems, such as flexibility influence coefficients, stiffness influence coefficients, orthogonality of Eigenvectors, modal matrix, etc.

Раздел 11. Finite Element Method in Vibration

Тема 11.1. Finite Element Method in Vibration.

From Chapter 8, the students should master the concept and analysis process of natural frequencies and mode shapes of different kinds of systems.

Раздел 12. Summary and Problem Set Solutions of Chapter 6 and 7

Тема 12.1. Summary and Problem Set Solutions of Chapter 6 and 7.

By summarizing and solving the problems of Chapter 6-11, the students can understand all the contents and mechanism more solid and deeply, which can help them to apply the theories into the engineering problem.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Basic concepts							
1.1	Introduction of Vibration Mechanics.	2			2			экспресс-опрос
1.2	Modeling of Single Degree-of-Freedom (SDOF) Systems.	2			2			экспресс-опрос
2	Free oscillations.							
2.1	Free Vibration of Single Degree-of-Freedom (SDOF) Systems.	2			2			отчет
2.2	Single-mass oscillating systems.	2			2			экспресс-опрос
3	Harmonic Excitation Mechanical Systems.							
3.1	Harmonic Excitation of SDOF Systems.	4			2			отчет
3.2	Harmonic Excitation of rotary Systems.	4			2			проверка индивидуальных заданий
4	Transition processes.							
4.1	Harmonic Excitation of SDOF Systems.	4			2			проверка индивидуальных заданий

4.2	Transient Vibration of SDOF systems.	4			2			отчет
5	Dynamic transients and oscillations.							
5.1	Concept and mechanism of transient vibration, the process and some numerical methods to deal with transient vibration.	4			2			проверка индивидуальных заданий
6	Two Degree-of-Freedom Systems.							
6.1	Study of systems with two degrees of freedom.	4			2			отчет
7	Modeling of MDOF Systems.							
7.1	Modeling of MDOF Systems.	4			2			отчет
8	Free Vibration of MDOF Systems.							
8.1	Modelling methods and techniques.	4			2			отчет
9	Forced Vibration of MDOF Systems.							
9.1	Forced Vibration of MDOF Systems.	4			2		4	проверка индивидуальных заданий
10	Properties of Vibrating Systems.							
10.1	Properties of Vibrating Systems.	4			2			проверка индивидуальных заданий
11	Finite Element Method in Vibration.							
11.1	Finite Element Method in Vibration.	4			2			отчет

12	Summary and Problem Set Solutions of Chapter 6 and 7.							
12.1	Summary and Problem Set Solutions of Chapter 6 and 7.	2			2			контрольная работа
	Итого	54			32		4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Стрелков, С. П. Введение в теорию колебаний: учебник / С. П. Стрелков. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург; Москва ; Краснодар : Лань, 2021. - 437 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/158954>.
2. Цивильский В. Л. Теоретическая механика: учебник для студентов высших учебных заведений / В.Л. Цивильский. - Изд. 5-е, перераб. и доп. - Москва: Курс: ИНФРА-М, 2020. - 368 с. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=427285>.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Контроль работы студента проходит в форме опроса на лекциях, во время устной защиты отчета по домашним практическим упражнениям, при решении студентом у доски упражнений, во время контрольной работы. Оценка за ответы на лекциях и практических занятиях включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики, глубину понимания терминов, используемых студентом при ответе на вопросы. При опросах на практических занятиях ценится знание студентом теоретических сведений, полученных на лекции, поэтому студенту перед практическим занятием необходимо почитать и разобраться с лекционным материалом, чтобы он был готов пробовать применять его на практических занятиях.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Механика колебаний» учебным планом предусмотрен экзамен в пятом семестре. Экзамен по дисциплине проходит в устной форме.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине. Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в итоговую отметку: Формирование отметки за текущую успеваемость:

- отчеты по практическим работам – 10 %;
- проверка индивидуальных заданий – 30 %;
- контрольная работа – 60%.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационной отметки – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 9.1. Forced Vibration of MDOF Systems.

From Chapter 9, the students should master the harmonic excitations, Laplace transform solutions and the process of harmonic analysis of complex systems.

Принцип Даламбера для расчёта многоэлементной механической системы. Условия равновесия. Силы упругости, силы сопротивления, демпфирующие силы, внешние гармонические активные силы. Основное уравнение динамики. Общий план решения многокомпонентной задачи динамики.

Задание 1. Используя принцип Даламбера составить шесть уравнений вынужденных колебаний составной машиностроительной конструкции с учетом сил трения и получить её решения операторным методом Лапласа. (4ч)

Форма контроля – проверка индивидуального задания.

Примерная тематика лабораторных занятий

Раздел 1. Basic concepts.

Тема 1.1. Introduction of Vibration Mechanics.

Тема 1.2. Modeling of Single Degree-of-Freedom (SDOF) Systems.

Раздел 2. Free oscillations.

Тема 2.1. Free Vibration of Single Degree-of-Freedom (SDOF) Systems.

Тема 2.2. Single-mass oscillating systems.

Раздел 3. Harmonic Excitation Mechanical Systems.

Тема 3.1. Harmonic Excitation of SDOF Systems.

Тема 3.2. Harmonic Excitation of rotary Systems.

Раздел 4. Transition processes.

Тема 4.1. Harmonic Excitation of SDOF Systems.

Тема 4.2. Transient Vibration of SDOF systems.

Раздел 5. Dynamic transients and oscillations.

Тема 5.1. Concept and mechanism of transient vibration, the process and some numerical methods to deal with transient vibration.

Раздел 6. Two Degree-of-Freedom Systems.

Тема 6.1. Study of systems with two degrees of freedom.

Раздел 7. Modeling of MDOF Systems.

Тема 7.1. Modeling of MDOF Systems.

Раздел 8. Free Vibration of MDOF Systems.

Тема 8.1. Modelling methods and techniques.

Раздел 9. Forced Vibration of MDOF Systems.

Тема 9.1. Forced Vibration of MDOF Systems.

Раздел 10. Properties of Vibrating Systems.

Тема 10.1. Properties of Vibrating Systems.

Раздел 11. Finite Element Method in Vibration.

Тема 11.1. Finite Element Method in Vibration.

Раздел 12. Summary and Problem Set Solutions of Chapter 6 and 7.

Тема 12.1. Summary and Problem Set Solutions of Chapter 6 and 7.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- использование процедур, способов оценивания, фиксирующих формирование профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины организация самостоятельной работы студентов должна представлять единство трех взаимосвязанных форм:

- 1) внеаудиторная самостоятельная работа;
- 2) аудиторная самостоятельная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя;
- 3) творческая, в том числе научно-исследовательская работа.

На лекционных занятиях по дисциплине «Механика колебаний» рекомендуется контролировать усвоение учебного материала студентов путем проведения экспресс-опросов по темам дисциплины. При этом необходимо фиксировать внимание на использование изученных характеристик устойчивости колебательных процессов, коэффициентов влияний, динамики движений соответствующих моделей.

На практических занятиях по дисциплине «Механика колебаний» рекомендуется применять вариативные индивидуальные, в том числе исследовательские задания для студентов с целью приобретения навыков самостоятельного решения практических задач.

В силу различного уровня готовности студентов к восприятию новых понятий на практических занятиях по дисциплине рекомендуется проводить регулярные самостоятельные работы и при необходимости проводить дополнительные консультации для объяснения и закрепления сложного материала.

Условия для самостоятельной работы студентов, в частности, для развития навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса, обеспечиваются наличием и полной доступностью электронных вариантов курсов лекций, учебно-методических пособий и сборников задач по основным разделам дисциплины.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Введение в вибрационную механику.
2. Моделирование систем с одной степенью свободы (SDOF).

3. Свободные колебания систем с одной степенью свободы (SDOF).
4. Одномассовые колебательные системы.
5. Гармоническое возбуждение SDOF-систем.
6. Гармоническое возбуждение поворотных систем.
7. Гармоническое возбуждение SDOF-систем.
8. Переходные процессы. Переходные колебания SDOF-систем.
9. Динамические переходные процессы и колебания.
10. Понятие и механизм переходных колебаний, процесс и некоторые численные методы расчёта механических систем с переходными колебаниями.
11. Системы с двумя степенями свободы. Исследование систем с двумя степенями свободы.
12. Моделирование MDOF-систем.
13. Свободные колебания MDOF-систем.
14. Методы и способы моделирования.
15. Вынужденные колебания MDOF-систем.
16. Свойства вибрационных систем.
17. Метод конечных элементов для задач вибрации.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы УВО по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

На _____/_____/_____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № _____ от _____ 202_ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, ученое звание)

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(ученая степень, ученое звание)

(И.О.Фамилия)