

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям



_____ О.Г. Прохоренко

«05» июля 2023 г.

Регистрационный № УД - 12875/уч.

Вычислительная механика

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 03 02 Механика и математическое моделирование

Минск, 2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 03 02-2021, типового учебного плана, регистрационный №G31-1-025/пр-тип. от 30.06.2021 г., учебного плана БГУ: №G31-1-029/уч.-СИБД от 30.06.2021 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Мармыш Денис Евгеньевич – доцент кафедры теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

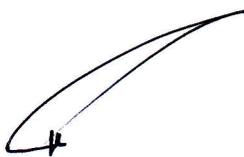
Желткович Андрей Евгеньевич – доцент кафедры «Прикладная механика» машиностроительного факультета Брестского государственного технического университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической и прикладной механики
механико-математического факультета БГУ
(протокол № 12 от 17.05.2023)

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

Заведующий кафедрой



М.А. Журавков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Настоящая программа по учебной дисциплине разработана и утверждена для студентов Совместного института Белорусского государственного университета и Даляньского политехнического университета обучающихся по специальности 1-31 03 02 «Механика и математическое моделирование».

В настоящее время средства вычислительной техники, компьютеры и программные комплексы (пакеты программ) стали неотъемлемой частью работы механика-исследователя и механика-прикладника. Решение прикладных задач всех разделов механики не представляется возможным без использования современных вычислительных инструментов.

Проблемы и задачи актуальных фундаментальных и прикладных исследований, а также инженерных расчетов, связанных с изучением поведения и состояния сложных механических систем и конструкций, невозможно эффективно решать без интенсивного использования вычислительных техник и численных методов. Численные подходы охватывают различные аспекты механико-математического моделирования: от формулировки и постановки модельных задач до вычислений, интерпретаций и анализа результатов расчетов, а также верификации данных экспериментальных исследований.

Сегодня практически все производственные предприятия, научно-исследовательские и проектные организации, конструкторские бюро и технологические компании разрабатывают собственные алгоритмические подходы к численному анализу сложного напряженно-деформированного состояния тел и систем твердых тел. В наши дни численное моделирование физических процессов активно применяется в машиностроении, судостроении, авиастроении, промышленном и гражданском строительстве, биоинженерии, геотехнике и других высокотехнологичных и наукоемких отраслях промышленности. Так, например, классические концепции механики сплошных и дискретных сред совместно с современными вычислительными программными комплексами используются для расчётов прочности, устойчивости и долговечности различных механических систем.

С развитием науки и техники узкоспециальные знания довольно быстро устаревают. В связи с этим, для решения возникающих принципиально новых актуальных прикладных задач научные работники и инженеры должны не только обладать хорошей подготовкой в области фундаментальных наук и иметь высокую способность к самообразованию, но и владеть современными вычислительными средствами и информационными технологиями. Это требует постоянного всестороннего совершенствования вузовского образования. В области прикладной механики наиболее популярным вычислительным методом является метод конечных элементов и его модификация для многоэлементных стержневых систем, который изучается в данном курсе. Наиболее перспективный путь лежит именно в повышении значимости общенаучных и

прикладных дисциплин в учебных планах подготовки будущих научных работников и инженеров, в совершенствовании преподавания таких фундаментальных дисциплин, как физика, математика и механика, их приложений.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины «Вычислительная механика» – формирование у студентов знаний по эффективному численному анализу плоских и пространственных стержневых конструкций, работающих в сложных эксплуатационных условиях.

Задачи учебной дисциплины:

- а) формировать у студентов представление о методах численного решения задач сопротивления материалов и механики сплошных сред;
- б) выработать у студентов навыки расчета напряженно-деформированного состояния стержневых систем методом конечных элементов;
- в) сформировать у студентов навыки анализа численных результатов решения задач сопротивления материалов;
- г) научить студентов применять современные информационные технологии к решению прикладных и исследовательских задач инженерной механики.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Численные методы. Пакеты прикладных программ» компонента учреждения высшего образования.

Как прикладная дисциплина «Вычислительная механика» является приложением таких дисциплин как «Сопротивление материалов и основы строительной механики», «Теория упругости». Она также служит средством формирования у будущих специалистов необходимых творческих навыков к построению математических моделей происходящих в природе и технике процессов, а также помогает совершенствованию способностей к научным обобщениям и выводам.

Требования к компетенциям

В результате изучения дисциплины «Вычислительная механика» студент должен обладать следующими компетенциями:

универсальные компетенции:

УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

УК-2. Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий;

УК-4. Работать в команде, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные, культурные и иные различия;

УК-5. Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;

УК-6. Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности.

базовые профессиональные компетенции:

БПК-1. Применять основные законы и методы естественнонаучных дисциплин для решения теоретических и практических задач в профессиональной деятельности;

БПК-5. Применять современные технологии и базовые конструкции языков программирования для реализации алгоритмических прикладных задач;

БПК-8. Использовать основные аналитические и численные методы теоретической механики, механики сплошных сред, сопротивления материалов к исследованию механических процессов;

БПК-9. Применять теоретические знания и навыки в самостоятельной исследовательской деятельности;

специализированные компетенции:

СК-1. Осуществлять обоснованный выбор рациональной численной методики для решения типовых задач механики, проводить ее реализацию с использованием современных программных средств компьютерных вычислений, оценивать корректность полученных результатов и анализировать возможности альтернативных подходов.

В результате изучения дисциплины «Вычислительная механика» обучающийся должен:

знать:

- математические инструменты тензорного анализа для анализа линейной и нелинейной кинематики деформирующихся конструкций;
- показатели напряженно-деформированного состояния и их взаимосвязь с упругой энергией и работой внешних сил;
- основные принципы численного моделирования стержневых механических систем, а также этапы решения соответствующих задач;
- основные математические модели, описывающие механическое поведение стержневых систем при различных условиях нагружения силовыми факторами;
- алгоритмы, методы, принципы создания численных моделей и порядок решения задач в системах компьютерной математики;
- основные элементы общего назначения для реализации вычислительных алгоритмов построения сложных моделей деформирования материалов.

уметь:

- проектировать детали, элементы и узлы машин и механизмов, а также более сложные многокомпонентные механические системы;
- составлять матрицу жесткости и формировать систему разрешающих уравнений для определения напряженно-деформированного состояния;
- объяснять большие нелинейные деформации сплошных сред с помощью локального лагранжева анализа деформационных процессов;
- формулировать принцип виртуальных перемещений для деформируемых сплошных сред;
- оценивать погрешность в расчетах задач теории упругости с известными аналитическими решениями.

владеть:

- методами построения расчетных моделей;
- навыками анализа механических процессов, протекающих в сплошных средах.

Структура учебной дисциплины

Учебная дисциплина «Вычислительная механика» изучается в 5 семестре.

Всего на изучение учебной дисциплины отведено:

– в очной форме получения высшего образования: 108 часов, в том числе 70 аудиторных часов, их них: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 32 часа, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема I. Матричный анализ

Основные операции с матрицами. Свойства матриц. Системы линейных алгебраических уравнений. Точные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Определитель. Норма матрицы. Численные методы в матричном анализе.

Тема II. Системы разрешающих уравнений механики сплошной среды

Основные допущения механики сплошной среды. Основные виды деформирования: осевое растяжение/сжатие, кручение, изгиб. Упругая энергия деформирования. Принцип виртуальной работы. Уравнения равновесия, уравнения неразрывности. Типы соединения стержневой системы. Плоские стержневые системы: фермы и рамы. Граничные условия.

Тема III. Метод сил

Матрица податливости. Основные концепции метода сил. Метод сил в приложении к исследованию задачи плоского изгиба балки. Метод податливости с учетом температурного нагрева среды, наличия связей и начальных перемещений. Метод сил для плоских стержневых систем. Уравнения сдвига для плоских стержневых систем при наличии жестких соединений. Построение системы разрешающих уравнений.

Тема IV. Метод перемещений

Матрица жесткости. Соотношения между матрицей жесткости и матрицей податливости. Метод перемещений. Метод перемещений к исследованию задачи плоского изгиба балки. Метод перемещений с учетом температурного нагрева среды, наличия связей и начальных перемещений. Матрица жесткости для жесткого соединения стержней. Метод перемещений для плоских стержневых систем. Жесткость шарнирного соединения. Метод перемещений для плоских ферм.

Тема V. Пространственные конструкции

Метод сил для пространственных стержневых систем с жесткими соединениями. Метод перемещений для пространственных стержневых систем с жесткими соединениями. Метод сил для пространственных стержневых систем с шарнирными соединениями. Метод перемещений для пространственных стержневых систем с шарнирными соединениями.

Тема VI. Специальные вопросы метода сил и метода перемещений

Выбор системы координат. Упругий тип закреплений. Учет симметрии при расчете напряженно-деформированного состояния стержневых систем. Криволинейные стержневые элементы.

Тема VII. Метод конечных разностей и его применение в численном анализе стержневых систем

Граничная задача. Основные концепции метода конечных разностей. Аппроксимация системы дифференциальных уравнений системой конечно-разностных уравнений. Применение метода конечных разностей к задаче для балки на упругом основании.

Тема VIII. Приближенные методы решения задач механики сплошной среды

Метод Рэлея-Ритца. Метод коллокаций. Метод Галеркина. Интегральный метод наименьших квадратов.

Тема IX. Метод конечных разностей для систем уравнений в частных производных и его применение в вычислительной механике

Аппроксимация системы дифференциальных уравнений в частных производных системой конечно-разностных уравнений. Построение конечно-разностной сетки. Применение метода конечных разностей для решения задачи об изгибе плиты.

Тема X. Проблема собственных значений

Постановка задачи о собственных значениях. Геометрическая интерпретация проблемы собственных значений. Проблема собственных значений для действительных симметричных и несимметричных матриц. Численные подходы к вычислению собственных значений матрицы.

Тема XI. Системы разрешающих уравнений для динамических задач дискретных систем

Гармонический осциллятор. Дискретная система с произвольным числом степеней свободы. Собственные колебания дискретных систем. Вынужденные колебания дискретных систем. Резонанс. Затухающие колебания дискретных систем. Амплитудно-частотная характеристика системы.

Тема XII. Колебания дискретных систем

Гармонический анализ. Нормальные моды колебаний. Применение метода конечных разностей к решению систем динамических уравнений. Коэффициенты влияния. Матрица жесткости колебательной системы.

Тема XIII. Колебания сплошных сред

Постановка начально-граничных задач для продольных колебаний стержней и валов. Поперечные колебания балок.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия: перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов						Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия	семинарские занятия	лабораторные занятия	иное	Количество часов УСП	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Матричный анализ	4			2			Вопросы для самопроверки, устный опрос
2	Системы разрешающих уравнений механики сплошной среды	2			2			Вопросы для самопроверки, устный опрос
3	Метод сил	4			4			Вопросы для самопроверки, устный опрос
4	Метод перемещений	4			4		2	Вопросы для самопроверки, устный опрос, отчет по индивидуальному заданию
5	Пространственные конструкции	2			4			Вопросы для самопроверки, устный опрос
6	Специальные вопросы метода сил и метода перемещений	2			2			Вопросы для самопроверки, устный опрос, контрольная работа по темам 2-5

7	Метод конечных разностей и его применение в численном анализе стержневых систем	2			2			Вопросы для самопроверки, устный опрос
8	Приближенные методы решения задач механики сплошной среды	2			2		2	Вопросы для самопроверки, устный опрос, отчет по индивидуальному заданию
9	Метод конечных разностей для систем уравнений в частных производных и его применение в вычислительной механике	2			2			Вопросы для самопроверки, устный опрос
10	Проблема собственных значений	2			2			Вопросы для самопроверки, устный опрос
11	Системы разрешающих уравнений для динамических задач дискретных систем	2			2			Вопросы для самопроверки, устный опрос
12	Колебания дискретных систем	2			2			Вопросы для самопроверки, устный опрос
13	Колебания сплошных сред	4			2			Вопросы для самопроверки, устный опрос
	Всего	34			32		4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Алдошин, Г. Т. Аналитическая динамика и теория колебаний : учебное пособие для студентов и аспирантов машиностроительных и физико-технических вузов / Г. Т. Алдошин. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2023. - 253 с. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/213161#1>.
2. Босьяков, С. М. Сопротивление материалов и основы строительной механики [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс для специальности: 7-06-0533-06 «Механика и математическое моделирование» / С. М. Босьяков ; БГУ, Механико-математический фак., Каф. био- и наномеханики. - Минск : БГУ, 2023. - URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/309960>.
3. Журавков, М. А. Современные численные методы в механике [Электронный ресурс] : курс лекций / М. А. Журавков ; БГУ, Механико-математический фак., Каф. теоретической и прикладной механики. - Минск : БГУ, 2022. - URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/286556>.
4. Смиловенко, О. О. Техническая механика : учебник для студентов учреждений высшего образования по техническим специальностям / О. О. Смиловенко, Т. М. Мартыненко, С. А. Лосик. - Минск : РИВШ, 2021. - 517 с.
5. Юдин, М. Н. Прикладные методы гармонического анализа : учебное пособие / М. Н. Юдин, Н. А. Севостьянов, О. М. Юдин. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2022. - 253 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/187583>.

Перечень дополнительной литературы

1. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. – М.: Мир 1986. – 318 с.
2. Демидович Б.П. Основы вычислительной математики / Б.П. Демидович, И.А. Марон. – М.: Физматгиз, 1963. – 659 с.
3. Демидович Б.П. Численные методы анализа / Б.П. Демидович, И.А. Марон, Э.З. Шувалова. – М.: Физматгиз, 1963. – 400 с.
4. Ghaboussi J., Wu X.S. Numerical methods in computational mechanics. – CRC Press, 2017. – 313 p.
5. Hoffman J.D. Numerical methods for engineers and scientists. 2nd edition. – Marcel Dekker, 2001. – 822 p.
6. Kassimali A. Matrix analysis of structures, 2nd ed. – Cengage Learning, 2012. – 643 p.
7. Meirovitch L. Computational methods in structural dynamics. – Sijthoff and Noordhoff, 1980. – 439 p.
8. Zohdi T. A finite element primer for beginners. The basics, 2nd ed. – Springer, 2018. – 135 p.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Диагностика результатов учебной деятельности по дисциплине «Вычислительная механика» проводится, как правило, во время аудиторных занятий. Для диагностики используются:

- вопросы для самопроверки;
- устный опрос;
- контрольная работа;
- отчет по индивидуальному заданию.

Оценка за ответы на лекциях (опрос) лабораторных занятиях включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Контрольная работа выполняется по темам 2–5. Перечень вопросов и заданий для подготовки к контрольной работе преподаватель размещает заранее на образовательном портале факультета в Moodle.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Вычислительная механика» учебным планом предусмотрен **зачет**.

Для студентов, пропустивших контрольные мероприятия или получивших неудовлетворительную отметку, решение о повторном проведении контрольного мероприятия выносится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в Белорусском государственном университете.

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 в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации:

Формирование отметки за текущую аттестацию:

- ответы на устный опрос – 10 %;
- контрольная работа – 40 %;
- отчет по индивидуальным заданиям – 50 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) - 40% и отметки на зачете - 60%.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Основной вклад в формирование отметки за текущую аттестацию вносят отметки по индивидуальным заданиям.

Тема 4. Метод перемещений. (2 ч)

Задание. Для заданной кинематически неопределимой рамы составить системы канонических уравнений. Определить все коэффициенты системы уравнений найти неизвестные усилия. Построить эпюры внутренних усилий в раме.

Форма контроля - отчет по индивидуальному заданию

Тема 8. Приближенные методы решения задач механики сплошной среды. (2 ч)

Задание. Балка конечной балки расположена на упругом однопараметрическом основании. Применить метод коллокаций и метод Галеркина для решения граничной задачи о нахождении функции упругого прогиба балки. Для аппроксимации решения выбрать не менее пяти расчетных узлов.

Форма контроля - отчет по индивидуальному заданию

Примерная тематика лабораторных заданий

Лабораторное занятие 1. Тема 1. Матричный анализ (2 ч.)

Для заданной системы линейных алгебраических уравнений получить решение используя один из точных методов и один из численных методов. Провести сравнительный анализ полученных результатов.

Лабораторное занятие 2. Тема 2. Системы разрешающих уравнений механики сплошной среды (2 ч.)

Для заданного случая твердой деформируемой среды сформулировать ее механико-математическую модель, включая все необходимые разрешающие уравнение. Поставить соответствующие начальные и граничные условия.

Лабораторное занятие 3. Тема 3. Метод сил (4 ч.)

Применить метод сил к раскрытию статической неопределимости дважды статически неопределимой плоской рамы. Составить систему канонических уравнений и определить все ее коэффициенты. Определить неизвестные опорные реакции. Составить эпюры продольных и поперечных сил, изгибающих моментов.

Лабораторное занятие 4. Тема 4. Метод перемещений (4 ч.)

Применить метод перемещений к дважды кинематически неопределимой плоской рамы. Составить систему канонических уравнений и определить все ее коэффициенты. Определить неизвестные опорные реакции. Составить эпюры продольных и поперечных сил, изгибающих моментов. Сформулировать систему разрешающих уравнений для заданной рамы используя метод конечных элементов.

Лабораторное занятие 5. Тема 5. Пространственные конструкции (4 ч.)

Методом конечных элементов определить внутренние продольные усилия в пространственной стержневой системе при шарнирном соединении стержней. Составить матрицу жесткости системы, сформулировать граничные условия и составить систему разрешающих линейных алгебраических уравнений.

Лабораторное занятие 6. Тема 6. Специальные вопросы метода сил и метода перемещений (2 ч.)

Для плоской рамы сформулировать систему разрешающих уравнений используя метод конечных элементов. При формулировке уравнений учесть наличие симметрии в системе, а также наличие криволинейных стержней.

Лабораторное занятие 7. Тема 7. Метод конечных разностей и его применение в численном анализе стержневых систем (2 ч.)

Для заданной стержневой системы сформулировать систему разрешающих дифференциальных уравнений. Используя метод конечных разностей получить конечно-разностную аппроксимацию механико-математической модели.

Лабораторное занятие 8. Тема 8. Приближенные методы решения задач механики сплошной среды (2 ч.)

Применить метод Рэлея-Ритца, метод коллокаций, метод Галеркина и интегральный метод наименьших квадратов для решения граничной задачи для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка. Провести сравнительный анализ полученных результатов разными методами.

Лабораторное занятие 9. Тема 9. Метод конечных разностей для систем уравнений в частных производных и его применение в вычислительной механике (2 ч.)

На выбранной конечно-разностной схеме начально-граничную задачу для дифференциального уравнения второго порядка в частных производных аппроксимировать системой конечно-разностных уравнений. Определить порядок аппроксимации.

Лабораторное занятие 10. Тема 10. Проблема собственных значений (2 ч.)

Для заданной динамической системы сформулировать задачу поиска собственных значений. Применить один из численных методов приближенного поиска собственных значений матрицы.

Лабораторное занятие 11. Тема 11. Системы разрешающих уравнений для динамических задач дискретных систем (2 ч.)

Для заданной дискретной динамической системы сформулировать систему разрешающих уравнений. Поставить соответствующие начальные условия.

Лабораторное занятие 12. Тема 12. Колебания дискретных систем (2 ч.)

Для заданной дискретной динамической системы сформулировать систему разрешающих дифференциальных уравнений. Получить значения собственных частот колебаний и найти моды колебаний.

Лабораторное занятие 13. Тема 13. Колебания сплошных сред (2 ч.)

Сформулировать начально-граничную задачу для продольных колебаний стержня. Сформулировать начально-граничную задачу для поперечных колебаний шарнирно опертой балки.

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

1. Самостоятельная работа в процессе работы с литературой.

Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания.

Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу.

Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.

Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

2. Самостоятельная работа по составлению конспекта.

1. Соберите литературу по теме. Изучите тот источник, где она изложена наиболее полно и на современном уровне.

2. По этому источнику составьте подробный план с указанием страниц книги, относящихся к определенному пункту плана.

3. Изучите другие источники. Если в них встречается материал по уже имеющемуся пункту плана, запишите в плане и новый источник с указанием

страниц. Если же в другом источнике материал раскрывает тему с другой стороны, добавьте еще пункт плана.

4. Проанализировав всю литературу, собранную по теме, вы получите окончательный план, по которому можно писать конспект, объединяя по пунктам материал из разных источников.

5. Отредактируйте составленный вами конспект, внимательно прочтите его и подумайте: - удовлетворяет ли вас его общий план; - хорошо ли воспринимается смысловая, логическая связь между отдельными элементами содержания.

3. Подготовка к лабораторным занятиям

Назначение лабораторных занятий - углубление и проработка теоретического материала предмета путем регулярной и планомерной самостоятельной работы студентов на протяжении всего курса. Непосредственное проведение лабораторного занятия предполагает: решение задач и упражнений по образцу; проведение анализа результатов; систематизацию материала и подготовка отчета о проведенной работе.

Инструкция:

Изучите нормативные документы, обязательную и дополнительную литературу по рассматриваемому вопросу.

прочтите конспект лекции по теме.

Внимательно изучите порядок выполнения индивидуальной практической работы или алгоритм, представленный преподавателем.

4. Подготовка к зачету

Внимательно прочитайте материал по конспекту, составленному на учебном занятии.

Прочитайте тот же материал по учебнику, учебному пособию.

Постарайтесь разобраться с непонятными, в частности новыми терминами. Часто незнание терминологии мешает студентам воспринимать материал на занятиях на должном уровне.

Ответьте на контрольные вопросы для самопроверки, имеющиеся в учебнике.

Кратко перескажите содержание изученного материала «своими словами».

Заучите «рабочие определения» основных понятий, законов.

Освоив теоретический материал, приступайте к выполнению заданий, упражнений; решению задач, расчетов по индивидуальным заданиям и т.д.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Математическое описание обобщенного стержневого конечного элемента.
2. Матрица жесткости элемента и способы ее формирования.
3. Матрица преобразования и ее построение.

4. Способы задания эквивалентных узловых нагрузок по граничным условиям.
5. Способы формирования глобальной матрицы жесткости для всех конструкции.
6. Функции формы и их задание.
7. Математическая модель решения динамической задачи методом конечных элементов.
8. Дискретизация решения динамической задачи по времени и контроль решения на каждом из временных этапов.
9. Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
10. Численные методы оценки собственных значений матрицы.
11. Метод перемещений и его применение к решению задач для кинематических неопределимых стержневых систем.
12. Численные методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений.
13. Математическое описание плоских трехузловых и четырехузловых конечных элементов.
14. Математическое описание пространственных конечных элементов.
15. Модальный анализ стержневой системы.
16. Понятие нелинейной задачи. Типы нелинейностей.
17. Метод Рунге-Кутты и его применение к решению граничной задачи для обыкновенного дифференциального уравнения.
18. Метод коллокаций и его применение к решению граничной задачи для обыкновенного дифференциального уравнения.
19. Метод Галеркина и его применение к решению граничной задачи для обыкновенного дифференциального уравнения.
20. Интегральный метод наименьших квадратов и его применение к решению граничной задачи для обыкновенного дифференциального уравнения.
21. Основные концепции метода конечных разностей.
22. Аппроксимация систем дифференциальных уравнений конечными разностями.
23. Колебания дискретных и сплошных сред. Собственные частоты и моды колебаний.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
Теория упругости	Кафедра теоретической и прикладной механики	нет	Изменений не требуется (протокол № 12 от 17.05.2023)

Вср. М.

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

на 2024 / 2025 учебный год

№№ п/п	Дополнения и изменения	Основание
1.	Учебная дисциплина может быть проведена на английском языке для студентов Совместного института БГУ и ДПУ.	Решение кафедры теоретической и прикладной механики, протокол № 12 от 28.05.2024 г.
2.	Учебная программа УД – 12875/уч. верна и остается без изменений для учебного плана G 31-1-209/уч. – СИБД от 28.03.2022 г.	

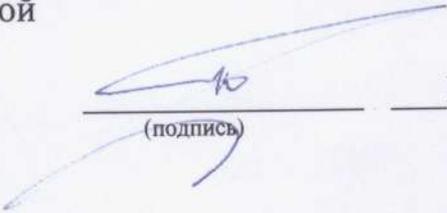
Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № 12 от 28.05 2024 г.)

Заведующий кафедрой

д-р физ.-мат. наук,

профессор

(степень, звание)


(подпись)

М.А. Журавков

(И.О. Фамилия)

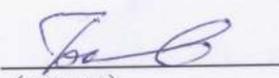
УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

д-р физ.-мат. наук,

профессор

(степень, звание)


(подпись)

С.М. Босяков

(И.О. Фамилия)