

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕХАНИКЕ

Направление/специальность подготовки	15.03.03 Прикладная механика
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровой инжиниринг высокотехнологичных систем и процессов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	Н Робототехника и инновационная инженерия
Выпускающая кафедра	Н3 Механика деформируемого твердого тела
Кафедра-разработчик рабочей программы	Н3 Механика деформируемого твердого тела

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
2	4	3	108	34	0	0	34	74	0	0	74	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

15.03.03 Прикладная механика

год набора группы: 2026

Программу составили:

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела
Санников Владимир Антонович, д.т.н., доцент, профессор

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела
Завьялов Дмитрий Сергеевич, ассистент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **НЗ Механика деформируемого твердого тела**

Заведующий кафедрой Крутова В.А., д.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

НЗ Механика деформируемого твердого тела

Заведующий кафедрой Крутова В.А., д.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕХАНИКЕ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

Основных соотношений механики сплошных сред и их конечно-элементного представления;

умения:

Применять конечно-элементные схемы к решению задач прочности стержней и стержневых систем;

навыки:

Решать задачи профессиональной деятельности в рамках прочности стержневых систем точными и численными методами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕХАНИКЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *15.03.03 Прикладная механика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **УСТОЙЧИВОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Практические занятия		ОПК-1
2	4	Раздел 1. Основные соотношения сопротивления материалов. Гипотезы сопротивления материалов. Стержень, оболочка, пластина, массив. Механика стержней. Внутренние силы и напряжения; их связь. Продольные деформации, поперечные деформации, сдвиговые деформации. Связь деформаций и напряжений. Закон Гука/.	7	0	0	7	20
2	4	Раздел 2. Основные понятия МКЭ. Метод конечных элементов (МКЭ). Основные определения. Функции формы. Количество степеней свободы. Узел. Сетка. Узловые перемещения. Основное уравнение МКЭ. Матрица жесткости. Вектор-столбцы узловых перемещений и узловых нагрузок.	11	4	4	7	20
2	4	Раздел 3. Стержни и фермы. МКЭ для решения задач прочности стержней и стержневых систем. Формирование матрицы жесткости и вектор-столбца узловых нагрузок. Учет граничных условий. Учет распределенной нагрузки. Решение основного уравнения МКЭ. Формирование поля перемещений. Определение деформаций и нормальных напряжений. Матрица поворота. Ферменный КЭ. Решение задачи для фермы. Реализация в Mathcad.	30	10	10	20	20
2	4	Раздел 4. Кручение стержней. МКЭ для решения задач прочности стержней при кручении. Формирование матрицы жесткости и вектор-столбца узловых нагрузок. Учет граничных условий. Учет распределенной нагрузки. Решение основного уравнения МКЭ. Формирование поля перемещений (углов закручивания). Определение сдвиговых деформаций и касательных напряжений. Реализация в Mathcad.	24	4	4	20	20
2	4	Раздел 5. Балки и рамы. МКЭ для решения задач прочности балок и рам. Формирование матрицы жесткости и вектор-столбца узловых нагрузок. Учет распределенных нагрузок. Учет граничных условий. Решение основного уравнения МКЭ. Матрица поворота. Рамный КЭ. Определение поля перемещений. Определение изгибающего момента и нормальных напряжений. Учет податливости опор. Реализация в Mathcad.	36	16	16	20	20
Всего за 4 семестр			108	34	34	74	100
Всего по дисциплине			108	34	34	74	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Основные понятия МКЭ.	Основы МКЭ	4
2	Раздел 3. Стержни и фермы.	Расчет фермы на прочность и жесткость МКЭ	6
3		Расчет стержня на прочность и жесткость МКЭ	4
4	Раздел 4. Кручение стержней.	Решение задачи о кручении стержня МКЭ	4
5	Раздел 5. Балки и рамы.	Решение задачи об изгибе балки МКЭ	6
6		Решение задачи о прочности плоской рамы	10
Всего за 4 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные соотношения сопротивления материалов.	Изучение литературы по тематике дисциплины	7
2	Раздел 2. Основные понятия МКЭ.	Изучение литературы по тематике дисциплины	7
3	Раздел 3. Стержни и фермы.	Решение индивидуального практического задания на тему "Расчет стержня на прочность и жесткость МКЭ"	20
4	Раздел 4. Кручение стержней.	Решение индивидуального практического задания на тему "Расчет стержня при кручении на прочность и жесткость МКЭ"	20

5	Раздел 5. Балки и рамы.	Решение индивидуального практического задания на тему "Решение задачи об изгибе балки МКЭ"	20
Всего за 4 семестр			74

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4						ДР		ИПЗ		ДР	ИПЗ				Вопр.Диф.Зач	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Санников, Т. В. Расчупкина, А. С. Воронов. . Математические методы в механике. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023, 47 экз.
2. В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Mathcad Education - University Edition Term.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Mathcad Education - University Edition Term.

6.2. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕХАНИКЕ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *15.03.03 Прикладная механика*. Дисциплина реализуется на факультете *Н Робототехника и инновационная инженерия* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *НЗ Механика деформируемого твердого тела*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с численным решением классических задач сопротивления материалов и механики деформируемого твердого тела.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Основные соотношения сопротивления материалов.		
Изучение литературы по тематике дисциплины	В. И. Феодосьев. Сопротивление материалов: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2018 (1-6) Р. Галлагер. . Метод конечных элементов. Основы: М.: Мир, 1984 (1-10) В. А. Санников, Т. В. Расчупкина, А. С. Воронов. . Математические методы в механике: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1-7)	7
Итого по разделу 1		7
Раздел 2. Основные понятия МКЭ.		
Изучение литературы по тематике дисциплины	Р. Галлагер. . Метод конечных элементов. Основы: М.: Мир, 1984 (1-10) Л. Сегерлинд. . Применение метода конечных элементов: М.: Мир, 1979 (1) В. А. Санников, Т. В. Расчупкина, А. С. Воронов. . Математические методы в механике: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1-7)	7
Итого по разделу 2		7
Раздел 3. Стержни и фермы.		
Решение индивидуального практического задания на тему "Расчет стержня на прочность и жесткость МКЭ"	В. А. Санников, Т. В. Расчупкина, А. С. Воронов. . Математические методы в механике: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1-7) Р. Галлагер. . Метод конечных элементов. Основы: М.: Мир, 1984 (1-10) Л. Сегерлинд. . Применение метода конечных элементов: М.: Мир, 1979 (1)	20
Итого по разделу 3		20
Раздел 4. Кручение стержней.		
Решение индивидуального практического задания на тему "Расчет стержня при кручении на прочность и жесткость МКЭ"	Р. Галлагер. . Метод конечных элементов. Основы: М.: Мир, 1984 (1-10) В. А. Санников, Т. В. Расчупкина, А. С. Воронов. . Математические методы в механике: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1-7) Л. Сегерлинд. . Применение метода конечных элементов: М.: Мир, 1979 (1)	20

Итого по разделу 4		20
Раздел 5. Балки и рамы.		
Решение индивидуального практического задания на тему "Решение задачи об изгибе балки МКЭ"	Р. Галлагер. . Метод конечных элементов. Основы: М.: Мир, 1984 (1-10) Л. Сегерлинд. . Применение метода конечных элементов: М.: Мир, 1979 (1) В. А. Санников, Т. В. Расчупкина, А. С. Воронов. . Математические методы в механике: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2023 (1-7)	20
Итого по разделу 5		20

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- индивидуальное практическое задание;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы к дифференцированному зачету

1. Понятие стержня. Внутренние силы и моменты, возникающие при растяжении-сжатии, кручении, изгибе.
2. Связь внутренних сил и моментов с механическими напряжениями. Уравнения равновесия;
3. Понятие деформации. Связь с перемещениями. Геометрические соотношения Коши;
4. Связь механических напряжений с деформациями. Закон Гука;
5. Понятие конечного элемента. Сущность МКЭ;
6. Основное уравнение МКЭ. Величины, которые в него входят;
7. Стержневой конечный элемент. Количество степеней свободы в узле. Матрица жесткости;
8. Составные стержни. Глобальная матрица жесткости;
9. Учет распределенной нагрузки при растяжении-сжатии МКЭ;
10. Определение деформаций и напряжений для стержневого КЭ;
11. Ферменный КЭ. Матрица поворота;
12. КЭ, работающий на кручение. Матрица жесткости;
13. Балочный КЭ. Модель балки Бернулли. Матрица жесткости;
14. Учет распределенной нагрузки для балочного КЭ;
15. Рамный КЭ. Матрица поворота рамного КЭ;
16. Расчет напряжений МКЭ для балок и рам.

Индивидуальное практическое задание

Индивидуальное практическое задание выдается обучающимся на практических занятиях.

Перечень тематик индивидуальных практических заданий:

1. Расчет стержня при растяжении-сжатии на прочность и жесткость МКЭ;
2. Расчет фермы на прочность и жесткость МКЭ;
3. Расчет балки на прочность и жесткость МКЭ;
4. Расчет рамы на прочность и жесткость МКЭ.

Практические задания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.32-2017 и предоставляются в электронном или печатном виде в установленные технологической картой сроки.

Для того, чтобы задание было засчитано, оно должно быть выполнено без существенных ошибок.

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет проходит в формате письменного ответа на вопросы. Каждому обучающемуся предлагается билет из 3-х вопросов.

Критерии оценивания:

Верный ответ на 1 вопрос - "Зачтено-удовлетворительно"

Верные ответы на 2 вопроса - "Зачтено-хорошо"

Верные ответы на все 3 вопроса - "Зачтено-отлично"

В течении семестра действует балльно-рейтинговая система, в соответствии с которой по результатам работы в семестре обучающийся имеет право на получение оценки без сдачи экзамена. Критерии перевода баллов в оценку в соответствии с БРС:

85 - 100 "Зачтено-отлично"

75 – 84 "Зачтено-хорошо"

60 - 74 "Зачтено-удовлетворительно"
менее 60 - «Не зачтено»

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Практические занятия		ОПК-1	
2	4	Раздел 1. Основные соотношения сопротивления материалов.	7	0	0	7	20	Вопросы к дифференцированному зачету
2	4	Раздел 2. Основные понятия МКЭ.	11	4	4	7	20	Вопросы к дифференцированному зачету
2	4	Раздел 3. Стержни и фермы.	30	10	10	20	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Индивидуальное практическое задание
2	4	Раздел 4. Кручение стержней.	24	4	4	20	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Индивидуальное практическое задание
2	4	Раздел 5. Балки и рамы.	36	16	16	20	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Индивидуальное практическое задание
Всего за 4 семестр			108	34	34	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	34	74	100	

ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Для чего нужна матрица жесткости?

№ 2 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите этапы решения задачи методом конечных элементов в правильном порядке:

1. Построение глобальной матрицы жесткости
2. Разбиение области на конечные элементы
3. Построение матрицы жесткости отдельных элементов
4. Задание граничных условий
5. Анализ результатов
6. Решение системы линейных алгебраических уравнений

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите этапы решения задачи динамики методом конечных элементов в правильном порядке:

1. Построение матрицы демпфирования
2. Задание начальных условий
3. Построение матрицы масс
4. Интегрирование по времени
5. Решение уравнения движения

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

По какой формуле вычисляются напряжения в элементе?

1.

$$\sigma = E\{B\}\{u\}$$

2.

$$\sigma = E[D]\{u\}$$

3.

$$\sigma = E[K]\{u\}$$

4.

$$\sigma = E\{F\}\{u\}$$

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор

ответа

Какой вид имеет матрица жёсткости для одного конечного элемента стержня длиной L , площадью сечения A и модулем упругости E ?

1.

$$\frac{EA}{L} \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

2.

$$\frac{EA}{L} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

3.

$$\frac{L}{EA} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

4.

$$\frac{L}{EA} \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

№ 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что такое метод конечных элементов?

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между типами элементов и их описанием

Стержневой элемент	Применяется для моделирования мембран, пластин, оболочек
Плоский элемент	Применяются для моделирования тел сложной формы
Объемный элемент	Одномерный элемент учитывающий изгиб
	Простейший элемент, работающий только на растяжение-сжатие

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между величинами и их названием:

$[K]$	Вектор-столбец сил
$\{F\}$	Матрица жесткости
$\{u\}$	Вектор-столбец узловых перемещений
	Матрица масс

- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Что такое "функции формы" в МКЭ?
1. Законы изменения напряжений в элементе
 2. Уравнения равновесия узлов
 3. Полиномы, аппроксимирующие перемещения внутри элемента
 4. Уравнения равновесия узлов
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из следующих утверждений о матрице жесткости в МКЭ верны?
1. Матрица жесткости всегда квадратная
 2. Матрица жесткости всегда симметричная
 3. Диагональные элементы матрицы жесткости всегда отрицательные
 4. Матрица жесткости элемента зависит от его формы и размеров
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие элементы используют в МКЭ для расчета стержней?
1. Плоские
 2. Стержневые
 3. Балочные
 4. Объемные
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из перечисленных величин являются результатом МКЭ-расчета?
1. Узловые перемещения
 2. Напряжения
 3. Коэффициент запаса прочности
 4. Граничные условия