

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Суслин А. В.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ЧИСЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Направление/специальность подготовки	15.04.03 Прикладная механика
Специализация/профиль/программа подготовки	Динамика, прочность машин, приборов, аппаратуры
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е7 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	
5	9	4	144	34	0	17	17	110	0	0	110	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

15.04.03 Прикладная механика

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
Санников Владимир Антонович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
Расчупкина Татьяна Вячеславовна, ассистент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ЧИСЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

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:

ПСК-1.2 — способность учитывать особенности функционирования машин, приборов и аппаратуры при динамических ударных, циклических, температурных нагружениях, механических, акустических, аэро- и гидродинамических, тепловых, электромагнитных и радиационных внешних воздействиях, высоком давлении и вакууме

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.2

знания:

Способен учитывать особенности функционирования машин, приборов и аппаратуры при динамических ударных, циклических, температурных нагружениях, механических, акустических, аэро- и гидродинамических, тепловых, электромагнитных и радиационных внешних воздействиях, высоком давлении и вакууме;

умения:

Использует модели поведения механических систем

Решает производственные проектно-конструкторские задачи;

навыки:

Владеет навыками проведения экспериментальных исследований по динамике и прочности материалов проектно- технологический.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ ЧИСЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.04.03 Прикладная механика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ И ПОЛЗУЧЕСТИ, САД/САЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 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	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.2
5	9	Раздел 1. Моделирование физических процессов. 1.1 Технологические процессы и физические явления в системах. Идеализация технологических процессов 1.2. Формирование численной физической модели. Эксперимент, теория и численная модель. Построение и верификация модели.	59	14	6	8	45	50
5	9	Раздел 2. Решение динамических задач. 2.1. Постановка задачи, типовая расчетная схема. 2.2. Поведение материалов при динамическом нагружении. 2.3. Критерии разрушения материалов при динамическом нагружении.	85	20	11	9	65	50
Всего за 9 семестр			144	34	17	17	110	100
Всего по дисциплине			144	34	17	17	110	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Моделирование физических процессов.	Холодная обработка металлов. Горячая обработка металлов.	8
2	Раздел 2. Решение динамических задач.	Постановка задачи, типовая расчетная схема. Поведение материалов при динамическом нагружении. Критерии разрушения материалов при динамическом нагружении.	9
Всего за 9 семестр			17

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Моделирование физических процессов.	Моделирование холодной гибки изделия	6
2	Раздел 2. Решение динамических задач.	Моделирование отклика изделия на динамическое воздействие	11
Всего за 9 семестр			17

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Моделирование физических	ЛР 1. Выполнение, оформление полученных результатов, защита ЛР. Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	25
2	процессов.	Изучение предусмотренных дидактических единиц	20
3	Раздел 2. Решение динамических	ЛР 2. Выполнение, оформление полученных результатов, защита ЛР. Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	35
4	задач.	Изучение предусмотренных дидактических единиц	30
Всего за 9 семестр			110

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
9			ВПЗ			ДР	ЛР			ДР			ВПЗ		ЛР	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ.

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- вопросы/задания по темам ПЗ.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Санников. . Решение уравнений математической физики методом конечных элементов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 98 экз.
2. В. А. Санников. . Решение уравнений математической физики методом конечных элементов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
3. Е. Г. Макаров. . Теория пластичности и ползучести. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 63 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

1. Деформация и разрушение материалов.

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

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

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:

не требуется.

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. Компьютерный комплект.

6.2. Лабораторные занятия:

1. Проектор;
2. Компьютерный комплект.

6.3. 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 **ОСНОВЫ ЧИСЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.04.03 Прикладная механика*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.2 способность учитывать особенности функционирования машин, приборов и аппаратуры при динамических ударных, циклических, температурных нагружениях, механических, акустических, аэро- и гидродинамических, тепловых, электромагнитных и радиационных внешних воздействиях, высоком давлении и вакууме.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением подходов при численном моделировании физических процессов различной природы, идеализации технологических систем, построении расчетных моделей при выполнении домашнего задания и этапов курсового проекта. Аналогии широко используются в практике проектирования и расчета элементов технологических систем в различных отраслях техники.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- вопросы/задания по темам ПЗ.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч**. Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**110 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 110 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. Моделирование физических процессов.		
ЛР 1. Выполнение, оформление полученных результатов, защита ЛР. Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	В. А. Санников. . Решение уравнений математической физики методом конечных элементов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1-2)	25
Изучение предусмотренных дидактических единиц	Е. Г. Макаров. . Теория пластичности и ползучести: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (2)	20
Итого по разделу 1		45
Раздел 2. Решение динамических задач.		
ЛР 2. Выполнение, оформление полученных результатов, защита ЛР. Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Е. Г. Макаров. . Теория пластичности и ползучести: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (4-5) В. А. Санников. . Решение уравнений математической физики методом конечных элементов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (3-4)	35
Изучение предусмотренных дидактических единиц		30
Итого по разделу 2		65

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- экзамен.

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.

Лабораторная работа

Критерии оценивания лабораторных работ.

Оценка "отлично"

Отчет по работе выполнен в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности.

Обучающиеся работали полностью самостоятельно, показали необходимые теоретические знания, практические умения и навыки. Отчет оформлен аккуратно, в оптимальной для фиксации результатов форме.

Оценка "хорошо"

Отчет по работе выполнен в полном объеме и самостоятельно. Допускается отклонение от необходимой последовательности выполнения, не влияющее на правильность конечного результата (перестановка пунктов типового плана, последовательность выполняемых заданий, ответы на вопросы). Отчет и защита показали знание основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Допускаются неточности и небрежность в оформлении результатов работы.

Оценка "удовлетворительно"

Отчет выполнен и оформлен с помощью преподавателя. На выполнение работы затрачено много времени (дана возможность доделать работу дома). Студент показал знания теоретического материала, но испытывал затруднения при самостоятельной работе.

Оценка "неудовлетворительно"

Выставляется в том случае, когда студент оказался не подготовленным к выполнению работы.

Полученные результаты не позволяют сделать правильных выводов и полностью расходятся с поставленной целью. Обнаружено плохое знание теоретического материала и отсутствие необходимых умений.

Вопросы к экзамену

Тестовые вопросы размещены в УМК дисциплины

Вопросы/задания по темам ПЗ

Тестовые вопросы размещены в УМК дисциплины

Экзамен

Экзамен проходит в тестовой форме и включает в себя ответы на теоретические вопросы (20 шт.). Каждый верный ответ оценивается в 5 баллов. Оценка складывается по количеству баллов, полученных за ответы на тестовые вопросы. Перевод балльной шкалы в традиционную систему оценивания:

85 - 100 "отлично"

75 – 74 "хорошо"

51 - 74 "удовлетворительно"

менее 51 "неудовлетворительно"

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	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.2	
5	9	Раздел 1. Моделирование физических процессов.	59	14	6	8	45	50	Вопросы к экзамену, Лабораторная работа
5	9	Раздел 2. Решение динамических задач.	85	20	11	9	65	50	Лабораторная работа, Вопросы/ задания по темам ПЗ
Всего за 9 семестр			144	34	17	17	110	100	
Всего по дисциплине			144	34	17	17	110	100	

Критерии оценивания

ПСК-1.2

Вопросы открытого типа:

№ 1 Что такое устойчивость конструкции ? Это способность обеспечивать....

1. Форму конструкции при продольном изгибе
2. начальную форму, размеры и конфигурацию положения тела в пространстве до определенного уровня нагрузки.
3. Неподвижность конструкции в пространстве

Соответствие применения уравнений статики

№ 2 Что такое остаточные или пластичные деформации?

Это...

1. деформации которые образуются в телах после снятия нагрузки (разгрузки), когда начальные размеры не полностью восстанавливаются
2. деформации которые образуются в телах при нагружении за пределом упругости
3. деформации которые образуются в телах до предела пропорциональности
4. деформации которые образуются в телах за пределом пропорциональности, но меньше предела упругости

№ 3

Механическая система нагружена обобщённым вектором нагрузок $[P]$ и перемещений $\{D\}$. Из условий равновесия выполняется закон равенства внешней энергии внутренней

$$\left| \frac{1}{2} [P] \{\Delta\} = \frac{1}{2} \int_V [\sigma] \{\varepsilon\} dV, \text{ где } \{\sigma\} \text{ и } \{\varepsilon\} \text{ векторы} \right.$$

напряжений и деформаций. Применяя аппроксимацию перемещений $\{U\}=[N]\{\Delta\}$ каким методом можно получить уравнение статического равновесия?

1. Методом интегральных преобразований
2. Методом решения статически неопределимых систем
3. Методом сил
4. Методом конечных элементов

№ 4 Под эквивалентным (приведенным) напряжением при сложном напряженном состоянии следует понимать...

1. предел текучести
2. предел прочности при растяжении или сжатии в момент разрушения
3. напряжение, которое следует создать в растянутом (сжатом) образце, чтобы оно соответствовало напряжению сложного напряженного состояния в момент разрушения
4. напряжение, при котором происходит разрушение образца

№ 5 Что будет, если внешние силы создадут явление резонанса??

1. При резонансе на совпадающих частотах возможен неограниченный рост перемещений
2. Возможны разрушения...

3. Ничего серьезного не будет..

4. Произойдет постепенное снижение нагружения конструкции

№ 6 Что такое постпроцессинг?

1. Определение физических условий моделирования

2. Разработка модели

3. Настройка решателя и решение

4. Обработка результатов

№ 7 Уравнения метода конечных элементов $[K]\{R\}=\{Q\}$ включает $\{Q\}$ – вектор узловых тепловых нагрузок, тогда ...

1. ... $\{R\}$ -вектор температур, матрица $[K]$ -коэффициентов податливости

2. ... $\{R\}$ -вектор перемещений, матрица $[K]$ -коэффициентов жесткости

3. ... $\{R\}$ -вектор температур, матрица $[K]$ -коэффициентов теплопроводности

4. ... $\{R\}$ -вектор температур, матрица $[K]$ -коэффициентов теплоемкости

№ 8 При численном решении уравнений мат. физики искомая функция в пределах исследуемой подобласти пространства среды заменяется приближенной аппроксимирующей функцией типа $\{u\}=$

$$\{u\} = \begin{Bmatrix} u_X \\ u_Y \\ 2 \times 1 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} [N]_X \{\Delta\}_X \\ 1 \times Nu \quad Nu \times 1 \\ [N]_Y \{\Delta\}_Y \\ 1 \times Nu \quad Nu \times 1 \\ 2 \times 1 \end{Bmatrix}$$

В основе выбора таких функций лежат условия....

1. дифференцируемости и интегрируемости

2. Соответствие равенства степени полинома количеству узлов элемента пространства

3. Непрерывности функций

4. лежат два условия: допустимости и полноты.

№ 9 Что показывают изолинии напряжений?

1. Уровни распределения поля напряжений в пространстве материала элемента или конструкции

2. Область распределения величины искривления формы

3. Величину деформации пластичности

4. Позволяют оценить максимальные значения напряжений, выполнить оценку условия прочности

№ 10 Какая информация требуется для оценки деформирования конструкции?

1. Поле распределения деформаций с уровнями изолиний

2. Минимальное перемещение точек элемента конструкции

3. Уровень деформации пластичности

4. Положение точек с максимальными значениями перемещений

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Изолинии отношения м/м на деформированном элементе показывают _____ деформацию конструкции.

№ 2 Массовые силы это коэффициент перегрузки _____ на вес материала

№ 3 Решение системы линейных алгебраических уравнений вида

$$[A]\{X\}=\{R\},$$

где $[A]$ – матрица коэффициентов системы уравнений порядка $M \times M$; $\{R\}$ – вектор правых частей системы размером $1 \times N$ выполняется методом _____ с выбором главного элемента матрицы (Гаусса)

- № 4 Полнота задания функции в методе конечных элементов определяется _____ её значений в узлах области и наличием всех производных в области
- № 5 Основной причиной усталостного контактного разрушения является _____ действие контактных напряжений
- № 6 Отклонение формы колебаний от начального положения тела при собственных колебаниях измеряется в _____ единицах длины (метрах), найденных с точностью до произвольной постоянной
- № 7 Определяющие уравнения

$$\begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \\ \sigma_4 \\ \sigma_5 \\ \sigma_6 \end{Bmatrix}_{6 \times 1} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46} \\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56} \\ C_{61} & C_{62} & C_{63} & C_{64} & C_{65} & C_{66} \end{bmatrix}_{6 \times 6} \begin{Bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \\ \varepsilon_6 \end{Bmatrix}_{6 \times 1}$$

для упругих и упруго-пластических тел содержат _____ константы связи напряжений с деформациями

- № 8 Уравнения статики метода конечных элементов $[K]\{U\}=\{P\}$ включает $\{P\}$ – вектор узловых нагрузок (сил), $\{U\}$ -вектор перемещений и матрицу $[K]$ коэффициентов _____
- № 9 Допустимость использования функции в методе конечных элементов обеспечивается _____ функции и её производных, требуемых для решения задачи.
- № 10 Что такое жесткость конструкции ?

Жесткость – это способность тела _____ при росте нагрузок, без изменения исходной формы и размеров