

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Знаменский Е.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

Направление/специальность подготовки	15.03.01 Машиностроение
Специализация/профиль/программа подготовки	Машины и технология обработки металлов давлением
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Заочная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
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	
3	5	3	108	8	4	0	4	100	0	0	100	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

15.03.01 Машиностроение

год набора группы: 2025

Программу составили:

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

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
Воронов Алексей Сергеевич, преподаватель

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

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

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Заведующий кафедрой Нестеров Н.И., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

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:

Методы расчета на прочность и жесткость деформируемых твердых тел в общем случае нагружения;

умения:

Интерпретировать полученные результаты с точки зрения профессиональной деятельности;

навыки:

Давать заключение по прочности, жесткости и устойчивости различных конструкций в стандартных и нестандартных условиях эксплуатации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *15.03.01 Машиностроение*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ДЕТАЛИ МАШИН, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ, ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ.**

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
- ОПК-13 — Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения

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	Лекции	Практические занятия		ОПК-1
3	5	Раздел 1. Теория напряжений. Введение. Понятие внутренних напряжений. Тензор напряжений. Главные напряжения. Шаровый тензор, тензор-девиатор. Круг Мора. Типы напряженных состояний: линейное, плоское и объемное напряженные состояния. Интенсивность напряжений.	4	4	2	2	0	50
3	5	Раздел 2. Теория деформаций. Понятие деформаций. Тензор малых деформаций. Главные деформации. Шаровый тензор деформаций, тензор-девиатор деформаций. Связь между напряжениями и деформациями. Обобщенный закон Гука. Интенсивность деформаций. Теории прочности.	104	4	2	2	100	50
Всего за 5 семестр			108	8	4	4	100	100
Всего по дисциплине			108	8	4	4	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Теория напряжений.	Расчет главных напряжений для разных типов напряженного состояния	2
2	Раздел 2. Теория деформаций.	Анализ напряженно-деформированного состояния в окрестности точки деформируемого тела	2
Всего за 5 семестр			4

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 2. Теория деформаций.	Анализ напряженно-деформированного состояния в окрестности точки деформируемого твердого тела	100
Всего за 5 семестр			100

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
5		ИПЗ			ТекК	ДР			ТекК	ДР					ТекК	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. М. Мишин, С. И. Арсеньев, К. С. Билибин. . Численные методы в сопротивлении материалов и основах теории упругости. Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1989, 62 экз.
2. В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. . Теория упругости и пластичности. Санкт-Петербург: Лань, 2022, 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:

не требуется.

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. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced.

5.6. Информационные технологии:

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

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced.

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 **МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *15.03.01 Машиностроение*. 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*:

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

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с аналитическим и численным решением основных задач 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 для текущего контроля;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**4 ч.**), практические занятия (**4 ч.**), самостоятельная работа студента (**100 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 8 ч. аудиторных занятий, и 100 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 2. Теория деформаций.		
Анализ напряженно-деформированного состояния в окрестности точки деформируемого твердого тела	Р. Галлагер. . Метод конечных элементов. Основы: М.: Мир, 1984 (1-13) А. М. Мишин, С. И. Арсеньев, К. С. Билибин. . Численные методы в сопротивлении материалов и основах теории упругости: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1989 (1-5) В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. . Теория упругости и пластичности: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (1-3)	100
Итого по разделу 2		100

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к экзамену;
- индивидуальное практическое задание;
- 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.

Вопросы для текущего контроля

Вопросы для текущего контроля успеваемости обучающихся размещены в УМК дисциплины

Вопросы к экзамену

Вопросы к экзамену размещены в УМК дисциплины

Индивидуальное практическое задание

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 были засчитано, оно должно быть выполнено без существенных ошибок.

Экзамен

Экзамен проводится в виде дистанционного тестирования обучающихся. Вопросы для экзамена размещены в УМК дисциплины. Результаты тестирования переводятся в 100-бальную шкалу.

Критерии:

85-100 баллов - отлично

75-84 баллов - хорошо

51-74 баллов - удовлетворительно

менее 51 - неудовлетворительно

Паспорт фонда оценочных средств

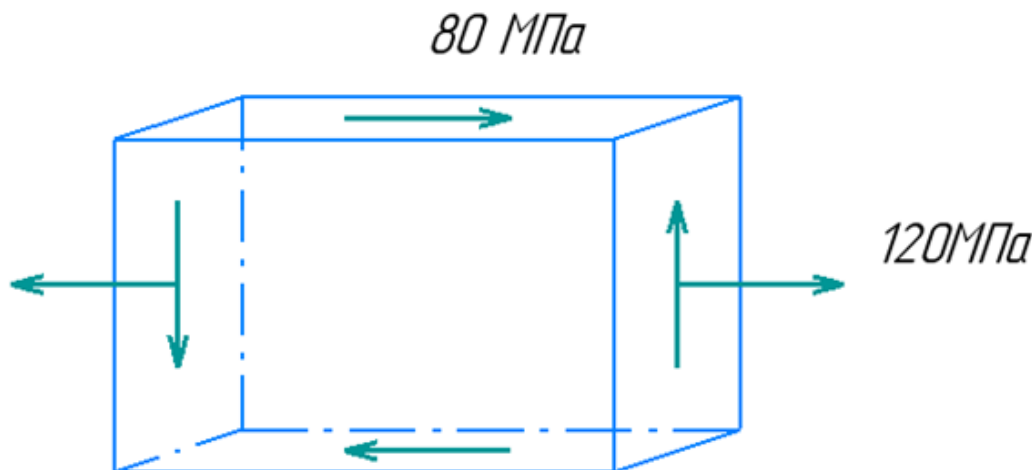
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-1	
3	5	Раздел 1. Теория напряжений.	4	4	2	2	0	50	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
3	5	Раздел 2. Теория деформаций.	104	4	2	2	100	50	Вопросы для текущего контроля, Индивидуальное практическое задание
Всего за 5 семестр			108	8	4	4	100	100	
Всего по дисциплине			108	8	4	4	100	100	

Оценочные материалы по дисциплине МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

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

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Определить первое главное напряжение для указанного напряженного состояния. Ответ дать в мегапаскалях без указания размерности



№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Чему равен первый инвариант тензора напряжений? Ответ привести без указания размерности

$$T_{\sigma} = \begin{pmatrix} 100 & -10 & 20 \\ -10 & 40 & 50 \\ 20 & 50 & -50 \end{pmatrix}$$

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Сопоставьте формулировку гипотезы и ее название

Гипотеза сплошности	Свойства материала одинаковы в каждой точке тела
Гипотеза упругости	Объем тела заполнен материалом без пор и пустот
Гипотеза изотропности	Конструкция восстанавливает исходные размеры и форму после снятия внешних нагрузок
Гипотеза однородности	Свойства материала одинаковы во все стороны
	Вдали от мест приложения сосредоточенных нагрузок характер распределения напряжений равномерный

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Сопоставьте формулировку гипотезы прочности и ее описание

Первая гипотеза прочности	Предельное состояние возникает тогда, когда максимальные продольные деформации достигают критического значения
Вторая гипотеза прочности	Предельное состояние возникает тогда, когда удельная потенциальная энергия формоизменения достигает критического значения
Третья гипотеза прочности	Предельное состояние возникает тогда, когда максимальные продольные напряжения достигают критического значения
Четвертая	Предельное состояние возникает тогда, когда максимальные

гипотеза
прочности

касательные напряжения достигают критического значения

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие деформации можно выводить в ANSYS при численном решении задачи механики деформируемого твердого тела?

1. Осевые;
2. Сдвиговые;
3. Окружные;
4. Радиальные;
5. Температурные.

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите последовательность этапов численного решения задачи термпрочности

1. Анализ результатов;
2. Создание геометрической модели;
3. Создание конечно-элементной модели;
4. Решение температурной задачи;
5. Решение структурной задачи;
6. Импорт результатов решения температурной задачи как граничных условий для структурной задачи;

№ 7 Прочитайте текст и установите последовательность

Укажите последовательность этапов численного решения задачи о прочности болтового соединения

1. Создание конечно-элементной модели;
2. Задание шага расчета с предзатяжкой болтов;
3. Задание шага с внешними силами;
4. Создание геометрической модели;
5. Анализ результатов;
6. Вывод результатов по контактной паре;
7. Формирование контактной пары и типа контакта;

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

Какой тип напряженного состояния реализуется, если $\sigma_1 \neq 0$, $\sigma_2 = 0$, $\sigma_3 \neq 0$?

1. Плоское;
2. Одноосное (линейное);
3. Объемное;
4. Всестороннее сжатие

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

По своему физическому смыслу шаровый тензор отвечает за...

1. Изменение объема;
2. Изменение формы;
3. Изменение объема и формы;
4. Физический смысл отсутствует

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

Основное уравнение МКЭ имеет вид...

$$[K]\{\delta\} = \{P\}$$

$$[K]\{P\} = \{\delta\}$$

$$([T_\sigma] - sE)\{v\} = 0$$

$$[K]^{-1}\{\delta\} = \{P\}$$

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие упругие характеристики можно использовать для решения задачи механики деформируемого твердого тела?

1. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона;
2. Коэффициент Пуассона и модуль объемной упругости;
3. Модуль сдвига и модуль Юнга;
4. Модуль Юнга и коэффициент линейного температурного расширения;
5. Предел текучести и модуль объемной упругости

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие физико-механические свойства материала необходимо задать в ANSYS для численного решения структурной задачи с учетом сил инерции?

1. Модуль Юнга;
2. Предел текучести;
3. Предел прочности;
4. Плотность;
5. Коэффициент Пуассона.