

4180

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«БАЛТИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ВОЕНМЕХ»  
им. Д.Ф. УСТИНОВА»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор -  
проректор по образовательной  
деятельности

Бородавкин В.А.

11 2020



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.04 Численные методы решения задач прикладной механики**

|  |  |
|--|--|
| Направление подготовки                   | 15.04.03 Прикладная механика                               |
| Квалификация                             | Магистр  |
| Профиль                                  | Механика процессов обработки давлением                     |
| Форма обучения                           | Очная  |
| Факультет                                | Е «Оружие и системы вооружения»                            |
| Выпускающая кафедра                      | Е4 – Высокоэнергетические устройства автоматических систем |
| Кафедра-разработчик<br>рабочей программы | Е4 – Высокоэнергетические устройства автоматических систем |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ<br>(ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (ПО НАЛИЧИЮ ВИДОВ ЗАНЯТИЙ) |                       |        |                         |                        |                        |         |                        |                    |                               | Вид ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ |            |
|------|---------|---|---------------------------------|-----------------------|--------|-------------------------|------------------------|------------------------|---------|------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------|------------|
|      |         |   | ОБЩАЯ<br>ТРУДОЁМКОСТЬ           | АУДИТОРНЫЕ<br>ЗАНЯТИЯ |        |                         |                        | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА |         |                        |                    |                               |                        |            |
|      |         |   |                                 | ВСЕГО                 | ЛЕКЦИИ | ПРАКТИЧЕСКИЕ<br>ЗАНЯТИЯ | ДРУГИЕ ВИДЫ<br>ЗАНЯТИЙ | ВСЕГО                  | РЕФЕРАТ | ЛАБОРАТОРНАЯ<br>РАБОТА | КУРСОВАЯ<br>РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ<br>САМОСТ. РАБОТЫ |                        | СЕССИЯ     |
| 1    | 1       | 3                                       | 108                             | 34                    | -      | 34                      | -                      | 74                     |         |                        |                    | 74                            | -                      | Диф. ЗАЧЕТ |

Начальник отдела основных  
образовательных программ  
\_\_\_\_\_/ А.А.Русина

2020

mm

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ  
*/оборотная сторона титульного листа/*

Рабочая программа составлена в соответствии с:  
требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика, утвержденного приказом Минобрнауки от 21.11.2014 № 1490 (зарегистрирован Минюстом России 16.12.2014, регистрационный № 35191);

Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденным приказом Минобрнауки России от 05.04.2017 № 301 (зарегистрирован Минюстом России 14.07.2017, регистрационный № 47415);

Положением об образовательных программах бакалавриата, специалитета и магистратуры в БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, утвержденным приказом от 01.09.2017 № 319-О.

Программу составили: кафедра Е4 Высокоэнергетические устройства автоматических систем,

Филин Д.С., доцент, к.т.н.



Сидоренко Т.В., ассистент



Эксперт: советник Президента Санкт-Петербургской  
торгово-промышленной палаты, к.т.н., доцент Ревин Н.Н.



Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры Е4 Высокоэнергетические устройства автоматических систем «10» 11 2020 г.

Заведующий кафедрой, к.т.н. Игнатенко В.В.



Согласовано:

Декан факультета Е «Оружие и системы вооружения»  
д.т.н. Шашурин А.Е.



Дисциплина обеспечена основной учебной литературой

Директор библиотеки БГТУ Сесина Н.В.



## **Б1.В.04 Численные методы решения задач прикладной механики**

---

### Разделы рабочей программы

|   |    |
|---|----|
| 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ _____   | 3  |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО _____  | 4  |
| 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ _____  | 4  |
| 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ _____   | 6  |
| 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ<br>ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ _____                                   | 7  |
| 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ<br>ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ _____  | 7  |
| Приложения к рабочей программе дисциплины   |    |
| Приложение 1. Аннотация рабочей программы _____   | 8  |
| Приложение 2. Технологии и формы преподавания _____   | 9  |
| Приложение 3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы _____                                | 11 |
| Приложение 4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины _____                          | 13 |
| Приложение 5. Фонды оценочных средств _____   | 14 |
| Приложение 6. Справка о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ»<br>им. Д.Ф. Устинова учебной литературы _____ | 16 |
| Приложение 7. Лист изменений, вносимых в рабочую программу _____  | 17 |

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

**общепрофессиональной:**

ОПК-02 – способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;

**профессиональных:**

ПК-10 – способность разрабатывать и оптимизировать современные наукоемкие технологии в различных областях приложения прикладной механики с учетом экономических и экологических требований;

ПК-11 – готовность самостоятельно адаптировать и внедрять современные наукоемкие компьютерные технологии прикладной механики с элементами мультидисциплинарного анализа для решения сложных научно-технических задач создания техники нового поколения: машин, конструкций, композитных структур, сооружений, установок, агрегатов, оборудования, приборов и аппаратуры.

Формированию указанных компетенций служит достижение следующих результатов образования:

**знания:**

на уровне представлений: применение специализированных расчетных программных модулей для оценки изделий и процессов в области проектирования изделий (ОПК-02; ПК-10);

на уровне воспроизведения: использование информационных и компьютерных технологий при проектировании образцов изделий машиностроения и разработки технологий их изготовления (ОПК-2; ПК-10; ПК-11);

на уровне понимания: разработка методик расчета, оптимизации и структурно-параметрического синтеза технологий изготовления элементов изделий машиностроения, а также их конструкций (ОПК-2; ПК-10; ПК-11);

**умения:**

теоретические: аналитическая оценка получаемых результатов расчёта, построение графических и математических зависимостей для их оценки результатов (ОПК-2; ПК-10; ПК-11);

практические: построение расчётных алгоритмов и программных модулей для определения основных параметров технологических процессов и построение взаимных связей, получаемых результатов (ОПК-2; ПК-10; ПК-11);

**навыки:**

корректное составление алгоритмов расчёта требуемых величин (технологических параметров), позволяющих быстро получать итоговые значения при изменении исходных данных (ОПК-2; ПК-10; ПК-11);

разработка, обоснование и использование теоретических моделей, позволяющих исследовать динамические процессы и прогнозировать уровень тактико-технических характеристик разрабатываемых образцов боеприпасов и технологий их изготовления (ОПК-2; ПК-10; ПК-11);

подготовка научно-технических отчетов по результатам выполненных расчётов (ОПК-2; ПК-10; ПК-11).



## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Численные методы решения задач прикладной механики» является дисциплиной **вариативной части 1-го блока** дисциплин.

Содержание дисциплины необходимо для освоения дисциплин «Проектирование выстрелов», «Перспективные технологии холодноштамповочного производства», «Технология производства выстрелов» и для выполнения магистерской диссертации. Дисциплина читается одновременно с дисциплинами «Материалы в пружинном производстве», «Экспериментальные исследования в обработке металлов давлением», «Методы исследования напряженно-деформированного состояния в процессах обработки металлов давлением» и «Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением».

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

(с распределением общего бюджета времени в часах)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

| КУРС | СЕМЕСТР | НОМЕРА РАЗДЕЛОВ | НАИМЕНОВАНИЕ<br>РАЗДЕЛОВ И<br>ДИДАКТИЧЕСКИХ<br>ЕДИНИЦ  | ВСЕГО | АУДИТОРНЫЕ<br>ЗАНЯТИЯ В<br>КОНТАКТНОЙ<br>ФОРМЕ |        |                         |                           | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ<br>РАБОТА СТУДЕНТОВ | ФОРМИРУЕМАЯ<br>КОМПЕТЕНЦИЯ |       |       |
|------|---------|-----------------|--|-------|--|--------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------|-------|
|      |         |                 |  |       | ВСЕГО  | ЛЕКЦИИ | АУДИТОРНЫЙ<br>ПРАКТИКУМ | ЛАБОРАТОРНЫЙ<br>ПРАКТИКУМ |                                     | ОПК-02                     | ПК-10 | ПК-11 |
| 1    | 1       | 1               | <b>Раздел 1. «Общее представление о численных методах»</b><br>1.1 Основные понятия численного моделирования<br>1.2 Базовые основы работы в программном комплексе Ansys | 12    | 4  | -      | 4                       | -                         | 8                                   | 10                         | 10    | 10    |

|  |                            |  |            |           |          |           |          |           |      |      |      |
|--|----------------------------|--|------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|------|------|------|
|  | 2                          | <b>Раздел 2. Основы моделирования методом конечных элементов</b><br>2.1 Общее представление о методе конечных элементов<br>2.2 Классы решаемых задач и виды анализа<br>2.3 Геометрическое моделирование и построение конечно-элементной сетки<br>2.4 Задание граничных условий<br>2.5 Задание характеристик материала.<br>2.6 Постпроцессинг и анализ напряжённо-деформированного состояния<br>2.7 Решение задач в динамической постановке<br>2.8 Использование подмоделирования<br>2.9 Общее представление о механике разрушения<br>2.10 Основы моделирования задач гидрогазодинамики<br>2.11 Основы APDL | 52         | 12        | -        | 12        | -        | 40        | 50   | 50   | 50   |
|  | 3                          | <b>Раздел 3. Моделирование процессов обработки металлов давлением</b><br>3.1 Моделирование процесса гибки листового материала<br>3.2 Моделирование процесса осадки цилиндрической заготовки<br>3.3 Моделирование процесса вытяжки без утонения<br>3.4 Моделирование процесса обжима  | 44         | 18        | -        | 18        | -        | 26        | 40   | 40   | 40   |
|  | <b>ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> |  | <b>108</b> | <b>34</b> | <b>-</b> | <b>34</b> | <b>-</b> | <b>74</b> | 100% | 100% | 100% |

### 3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины                        | Тема практических занятий  | Объем, ауд. часов |
|-------|--|--|-------------------|
| 1     | Раздел 1. «Общее представление о численных методах»            | Общее представление о структуре программного комплекса Ansys. Основы работы с интерфейсом. Основные модели. Базовые основы работы в программном комплексе Ansys.   | 4                 |
| 2     | Раздел 2. Основы моделирования методом конечных элементов      | Основы моделирования методом конечных элементов. Геометрическое моделирование. Построение сетки. Виды граничных условий. Моделирование контактных взаимодействий. Моделирование задач в статической и динамической постановке. Анализ результатов. | 12                |
| 3     | Раздел 3. Моделирование процессов обработки металлов давлением | Моделирование процессов обработки металлов давлением: гибка листового материала, осадка цилиндрической заготовки, вытяжки без утонения. Анализ результатов и напряженно-деформированного состояния.  | 18                |
| Итого |  |  | 34                |

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| Номер и наименование раздела дисциплины                        | СОДЕРЖАНИЕ<br>УЧЕБНОГО ЗАДАНИЯ   | СРС<br>(час) |
|--|--|--------------|
| Раздел 1. Общее представление о численных методах              | Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 8            |
| Раздел 2. Основы моделирования методом конечных элементов      | Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 40           |
| Раздел 3. Моделирование процессов обработки металлов давлением | Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе | 26           |
| <b>ВСЕГО:</b>  |  | 74           |

Варианты домашних заданий включены в состав УМК дисциплины.

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### ГРАФИК КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

| СЕМЕСТР | НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА |   |   |      |   |   |   |      |   |    |    |    |    |      |    |    |             |
|---------|-----------------|---|---|------|---|---|---|------|---|----|----|----|----|------|----|----|-------------|
| 1       | 1               | 2 | 3 | 4    | 5 | 6 | 7 | 8    | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14   | 15 | 16 | 17          |
|         |                 |   |   | ПЗ-1 |   |   |   | ПЗ-2 |   |    |    |    |    | ПЗ-3 |    |    | Дифф. зачёт |

Условные обозначения

- ПЗ-1 – практическое задание 1;
- ПЗ-2 – практическое задание 2;
- ПЗ-3 – практическое задание 3;

**Текущая аттестация** студентов производится в дискретные временные интервалы преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине в форме контроля выполнения выданных на парах заданий по моделированию.

**Промежуточный контроль** по результатам семестра по дисциплине проходит в форме **Дифференциального зачёта**, который оформлен в виде выполнения практических работ в программе инженерного расчёта и выполнения технического отчёта по его результатам

Фонды оценочных средств, включающие типовые домашние задания, позволяющие оценить результаты образования по данной дисциплине, включены в состав УМК дисциплины и перечислены в Приложении 5.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### ДИСЦИПЛИНЫ

#### 5.1. Основная литература:

1. **Инженерный анализ в ANSYS Workbench** [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов]. Ч. I / В. А. Бруйка [и др.] ; Самар. гос. техн. ун-т. - Электрон. текстовые дан. - Самара : Изд-во СамГТУ, 2010. - 1 эл. жестк. диск : цв. : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02183.pdf. - Библиогр.: с. 270. - Вопросы для самопроверки и практич. задания: в конце глав. - Глоссарий: с. 255-269. - ISBN 978-5-7964-1392-0.

3.2. **Инженерный анализ в ANSYS Workbench** [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов]. Ч. II / В. А. Бруйка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева ; Самар. гос. техн. ун-т. - Электрон. текстовые дан. - Самара : Изд-во СамГТУ, 2013. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл., обр. - \\Lib\_server\elres\elr02899.pdf. - Вопросы для самопроверки: в конце глав. - ISBN 978-5-7964-1613-6.

#### 5.2.Дополнительная литература:

1. **Басов, Константин Андреевич.** Графический интерфейс комплекса ANSYS [Электронный ресурс] : [самоучитель] / К. А. Басов. - Электрон. текстовые дан. - М. : ДМК Пресс, 2006. - 1 эл. жестк. диск : цв. : схемы, обр. - \\lib\_server\elres\elr01148.djvu. - Библиогр.: с. 246-247. - ISBN 5-94074-074-X

2. **Павлов, Александр Семёнович.** Решение задач механики деформируемого твёрдого тела в программе ANSYS [Текст] : практикум [для вузов] / А. С. Павлов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб. : [б. и.], 2020. - 33 с. : обр., схемы, табл. (42 экз.).

3. **Павлов, Александр Семёнович.** Решение задач механики деформируемого твёрдого тела в программе ANSYS [Электронный ресурс] : практикум [для вузов] / А. С. Павлов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2020. - 1 эл. жестк. диск : обр., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr03169.pdf.

5.3. Интернет-ресурсы: <http://e.lanbook.com>, [www.library.voenmeh.ru](http://www.library.voenmeh.ru).

5.4. Программное обеспечение – Ansys

5.5. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса:

– возможность консультирования обучающихся преподавателем по средствам общения через электронные письма.

Предполагаются методы обучения с использованием информационных технологий: демонстрация мультимедийных материалов – фильма с иллюстрацией процессов штамповки, а также возможность консультирования обучающихся преподавателями в любое время и в любой точке пространства посредством сети Интернет.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Практические занятия:

- 1) компьютерный класс;
- 2) программное обеспечение Ansys;
- 3) рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- 4) рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.



### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина «Численные методы решения задач прикладной механики» является вариативной частью блока 1 дисциплин подготовки студентов по специальности 15.04.03 «Прикладная механика», специализация «механика процессов обработки давлением». Дисциплина реализуется на «Е» факультете «Оружие и системы вооружений» БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова кафедрой Е4 «Высокоэнергетические устройства автоматических систем».

Дисциплина нацелена на формирование общепрофессиональной компетенции ОПК-02 – способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; профессиональных компетенций: ПК-10 – способность разрабатывать и оптимизировать современные наукоемкие технологии в различных областях приложения прикладной механики с учетом экономических и экологических требований; ПК-11 – готовность самостоятельно адаптировать и внедрять современные наукоемкие компьютерные технологии прикладной механики с элементами мультидисциплинарного анализа для решения сложных научно-технических задач создания техники нового поколения: машин, конструкций, композитных структур, сооружений, установок, агрегатов, оборудования, приборов и аппаратуры.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с использованием информационных и компьютерных технологий при проектировании образцов боеприпасов и технологий их изготовления. Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: практические занятия, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: итоговый контроль в форме дифференцированного зачёта.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов. Программой дисциплины предусмотрены практические (34 часа) занятия и самостоятельная (74 часа) работа студента.

## **ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ**

### **Рекомендации по организации и технологиям обучения для преподавателя**

#### **I. Образовательные технологии**

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов (Интернет) при подготовке к практическим занятиям.

Проблемное обучение – стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

Контекстное обучение – мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением.

Обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности студента за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения.

Индивидуальное обучение – выстраивание студентом собственной образовательной траектории на основе формирования индивидуальной образовательной программы с учетом интересов студента.

Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи.

Опережающая самостоятельная работа – изучение студентами нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий.

#### **II. Виды и содержание учебных занятий**

##### **Раздел 1. Общие понятия и представления о численных методах.**

###### **Практические занятия – 4 часа.**

Занятие 1. Общее представление о структуре программного комплекса Ansys. Основы работы с интерфейсом, основные модули, способы построения геометрии. Решение простейшей задачи статической прочности и сопоставление полученных результатов с аналитическим решением.

Форма проведения занятий: изложение информации, решение задач, дискуссия.

Занятие 2. Решение статической задачи в Ansys Mechanical и Ansys Workbench, их сопоставление.

Форма проведения занятий: изложение информации, решение задач, дискуссия.

##### **Раздел 2. Основы моделирования методом конечных элементов.**

###### **Практические занятия – 12 часов.**

Форма проведения занятий: изложение информации, решение задач, дискуссия.

Занятие 1. Геометрическое моделирование в Mechanical/DesignModeler/Spaceclaim, построение конечно-элементной сетки. Решение статической задачи на общую прочность и деформативность. Постпроцессинг.

Занятие 2. Геометрическое моделирование в Mechanical/DesignModeler/Spaceclaim, построение конечно-элементной сетки. Решение статической задачи на общую прочность и деформативность. Постпроцессинг.

Занятие 3. Моделирование нелинейной статической задачи, разбор типичных ошибок при решении статических задач.

Занятие 4. Моделирование задач с со сложными граничными условиями, сопряжение сеток.

Занятие 5. Моделирование задачи с контактным взаимодействием: задача Герца в плоской постановке.

Занятие 6. Решение индивидуальных задач на статическую прочность.

### **Раздел 3. Моделирование процессов обработки металлов давлением.**

#### **Практические занятия – 18 часов**

Форма проведения занятий: изложение информации, решение задач, дискуссия.

Занятие 1. Моделирование процесса гибки листового материала. Решение задачи в плоской и объёмной постановке. Анализ результатов и напряжённо-деформированного состояния.

Занятие 2. Решение индивидуальных задач с моделированием процессов обработки металлов давлением.

Занятие 3. Решение индивидуальных задач с моделированием процессов обработки металлов давлением.

Занятие 4. Моделирование процесса осадки цилиндрической заготовки. Анализ результатов и напряжённо-деформированного состояния.

Занятие 5. Решение индивидуальных задач с моделированием процессов обработки металлов давлением.

Занятие 6. Решение индивидуальных задач с моделированием процессов обработки металлов давлением.

Занятие 7. Моделирование процесса вытяжки без утонения. Моделирование процесса обжима. Анализ результатов и напряжённо-деформированного состояния.

Занятие 8. Решение индивидуальных задач с моделированием процессов обработки металлов давлением.

Занятие 9. Решение индивидуальных задач с моделированием процессов обработки металлов давлением.

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 часов, из них 34 часа аудиторных занятий и 74 часа, 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 (приказ ректора от 28.12.2018 № 580-О).

Формы контроля и критерии оценивания приведены в п.4 Рабочей программы и в Приложении 5 к Рабочей программе.

| Вид работы   | Содержание (перечень вопросов)   | Трудоемкость, час. | Рекомендации   |
|--|--|--------------------|--|
| <b>Раздел 1. «Общее представление о численных методах»</b>       |  |                    |  |
| Изучение содержания практических занятий                         | Основные понятия численного моделирования.<br>Базовые основы работы в программном комплексе Ansys.   | 8                  | Изучение материала по рекомендованной литературе.<br>Интернет-ресурсы: <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> ,<br><a href="http://www.library.voenmeh.ru">www.library.voenmeh.ru</a>   |
| <b>Раздел 2. Основы моделирования методом конечных элементов</b> |  |                    |  |
| Изучение содержания практических занятий                         | <b>Раздел 2. Основы моделирования методом конечных элементов.</b><br>Общее представление о методе конечных элементов.<br>Классы решаемых задач и виды анализа.<br>Геометрическое моделирование и построение конечно-элементной сетки. Задание граничных условий и характеристик материала. Постпроцессинг и анализ напряжённо-деформированного состояния.<br>Решение задач в динамической постановке.<br>Использование подмоделирования.<br>Общее представление о механике разрушения. | 14                 | Изучение материала по рекомендованной литературе.<br>Интернет-ресурсы: <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> ,<br><a href="http://www.library.voenmeh.ru">www.library.voenmeh.ru</a> . |
| Оформление отчёта по выполненной практической работе             |  | 26                 |  |

|   |  |          |  |
|---|--|----------|--|
| Итого по разделу 2  |  | 40 часов |  |
| <b>Раздел 3. Моделирование процессов обработки металлов давлением</b> |  |          |  |
| Изучение содержания практических занятий                              | Моделирование процесса гибки листового материала. Моделирование процесса осадки цилиндрической заготовки. Моделирование процесса вытяжки без утонения. Моделирование процесса обжима | 10       | Изучение материала по рекомендованной литературе.<br>Интернет-ресурсы: <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> ,<br><a href="http://www.library.voenmeh.ru">www.library.voenmeh.ru</a> . |
| Оформление отчёта по выполненной практической работе                  |  | 16       |  |
| Итого по разделу 2  |  | 26 часов |  |
| <b>Итого</b>  |  | 74       |  |

**Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

| Вид учебных занятий                     | Организация деятельности студента  |
|---|--|
| Практические занятия                    | Рассмотрение вариантов и порядка выполнения поставленных заданий по основной и вспомогательной литературе            |
| Индивидуальные задания                  | Изучение основной и вспомогательной литературы, а также материалов практических занятий.                             |
| Подготовка к дифференцированному зачету | Изучение основной и вспомогательной литературы, а также материалов практических занятий и отчётов выполненных работ. |



### ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценивание уровня учебных достижений студента осуществляется в виде текущего, рубежного и промежуточного контроля в соответствии с ПОЛОЖЕНИЕМ о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов БГТУ «ВОЕНМЕХ».

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя 3 практических задания, для выполнения которых имеется:

- ПЗ-1 – комплект вариантов моделирования задачи на статическую прочность;
- ПЗ-2 – комплект вариантов моделирования задачи на статическую прочность со сложными граничными условиями;
- ПЗ-3 – комплект вариантов моделирования задачи процесса обработки металлов давлением.

#### Паспорт фонда оценочных средств

| КУРС | СЕМЕСТР | НОМЕРА РАЗДЕЛОВ | НАИМЕНОВАНИЕ<br>РАЗДЕЛОВ И<br>ДИДАКТИЧЕСКИХ<br>ЕДИНИЦ  | ВСЕГО | АУДИТОРНЫЕ<br>ЗАНЯТИЯ В<br>КОНТАКТНОЙ<br>ФОРМЕ |        |                         |                           | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ<br>РАБОТА СТУДЕНТОВ | ФОРМИРУЕМАЯ<br>КОМПЕТЕНЦИЯ |       |       | НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО<br>СРЕДСТВА |
|------|---------|-----------------|--|-------|--|--------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------|-------|-------------------------------------|
|      |         |                 |  |       | ВСЕГО  | ЛЕКЦИИ | АУДИТОРНЫЙ<br>ПРАКТИКУМ | ЛАБОРАТОРНЫЙ<br>ПРАКТИКУМ |                                     | ОПК-02                     | ПК-10 | ПК-11 |                                     |
| 1    | 1       | 1               | <b>Раздел 1. «Общее представление о численных методах»</b><br>1.1 Основные понятия численного моделирования<br>1.2 Базовые основы работы в программном комплексе Ansys | 12    | 4  | -      | 4                       | -                         | 8                                   | 10                         | 10    | 10    | <b>ПЗ-1, ПЗ-2, ПЗ-3</b>             |

|  |  |                            |  |            |           |          |           |          |           |       |       |       |                  |
|--|--|----------------------------|--|------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-------|-------|-------|------------------|
|  |  | 2                          | <b>Раздел 2. Основы моделирования методом конечных элементов</b><br>2.1 Общее представление о методе конечных элементов<br>2.2 Классы решаемых задач и виды анализа<br>2.3 Геометрическое моделирование и построение конечно-элементной сетки<br>2.4 Задание граничных условий<br>2.5 Задание характеристик материала.<br>2.6 Постпроцессинг и анализ напряжённо-деформированного состояния<br>2.7 Решение задач в динамической постановке<br>2.8 Использование подмоделирования<br>2.9 Общее представление о механике разрушения<br>2.10 Основы моделирования задач гидрогазодинамики<br>2.11 Основы APDL | 52         | 12        | -        | 12        | -        | 40        | 50    | 50    | 50    | ПЗ-1, ПЗ-2, ПЗ-3 |
|  |  | 3                          | <b>Раздел 3. Моделирование процессов обработки металлов давлением</b><br>3.1 Моделирование процесса гибки листового материала<br>3.2 Моделирование процесса осадки цилиндрической заготовки<br>3.3 Моделирование процесса вытяжки без утонения<br>3.4 Моделирование процесса обжима  | 44         | 18        | -        | 18        | -        | 26        | 40    | 40    | 40    |                  |
|  |  | <b>ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> |  | <b>108</b> | <b>34</b> | <b>-</b> | <b>34</b> | <b>-</b> | <b>74</b> | 100 % | 100 % | 100 % |                  |

### Критерии оценивания

#### Практическое задание

Практическое задание следует считать полностью выполненным, если построена конечно-элементная модель (построена конечно-элементная сетка, заданы граничные условия и параметры решения), выполнен её расчёт с выводом необходимых результатов (в зависимости от варианта задания: напряженно-деформированное состояние, реализующиеся усилия/реакции, деформации), выполнен отчёт с описанием конечно-элементной модели, анализом полученных результатов и сопоставлением с аналитическим решением (численно-аналитическим решением, результатом эксперимента и т.п).

#### Дифференцированный зачёт

В 8 семестре дифференцированный зачет, рекомендуется проставлять по итогам выполнения студентом практических заданий и посещения занятий. Оценка за дифференцированный зачёт определяется количеством заданий и полнотой их выполнения. Отметка «отлично» выставляется за полное выполнение трёх предусмотренных планом заданий. Отметка «удовлетворительно» выставляется за полное выполнение задания ПЗ-3 и частичное выполнение ещё одного из оставшихся двух заданий.

## СПРАВКА

### о наличии в библиотеке БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова учебной литературы

1. Наименование дисциплины: **Численные методы решения задач прикладной механики.**

2. Кафедра: Е4 «Высокоэнергетические устройства автоматических систем»

3. Перечень основной учебной литературы:

3.1. **Инженерный анализ в ANSYS Workbench** [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов]. Ч. I / В. А. Бруяка [и др.] ; Самар. гос. техн. ун-т. - Электрон. текстовые дан. - Самара : Изд-во СамГТУ, 2010. - 1 эл. жестк. диск : цв. : граф., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr02183.pdf. - Библиогр.: с. 270. - Вопросы для самопроверки и практич. задания: в конце глав. - Глоссарий: с. 255-269. - ISBN 978-5-7964-1392-0.

3.2. **Инженерный анализ в ANSYS Workbench** [Электронный ресурс] : учебное пособие [для вузов]. Ч. II / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева ; Самар. гос. техн. ун-т. - Электрон. текстовые дан. - Самара : Изд-во СамГТУ, 2013. - 1 эл. жестк. диск : граф., схемы, табл., обр. - \\Lib\_server\elres\elr02899.pdf. - Вопросы для самопроверки: в конце глав. - ISBN 978-5-7964-1613-6.

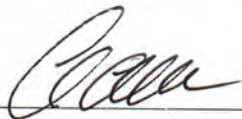
4. Перечень дополнительной литературы:

4.1. **Басов, Константин Андреевич.** Графический интерфейс комплекса ANSYS [Электронный ресурс] : [самоучитель] / К. А. Басов. - Электрон. текстовые дан. - М. : ДМК Пресс, 2006. - 1 эл. жестк. диск : цв. : схемы, обр. - \\lib\_server\elres\elr01148.djvu. - Библиогр.: с. 246-247. - ISBN 5-94074-074-X

4.2. **Павлов, Александр Семёнович.** Решение задач механики деформируемого твёрдого тела в программе ANSYS [Текст] : практикум [для вузов] / А. С. Павлов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб. : [б. и.], 2020. - 33 с. : обр., схемы, табл. (42 экз.).

4.3. **Павлов, Александр Семёнович.** Решение задач механики деформируемого твёрдого тела в программе ANSYS [Электронный ресурс] : практикум [для вузов] / А. С. Павлов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2020. - 1 эл. жестк. диск : обр., схемы, табл. - Электрон. версия печ. публикации \\lib\_server\elres\elr03169.pdf.

Директор библиотеки



(Сесина Н.В.)

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ, ВНОСИМЫХ В РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ  
НА 202\_\_\_/202\_\_\_ УЧЕБНЫЙ ГОД

В рабочую программу внесены следующие изменения:

Все изменения рабочей программы рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика Е4 «\_\_\_»\_\_\_\_\_202\_\_\_г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/