

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
Факультет авиационной и морской техники  
\_\_\_\_\_ Красильникова О.А.  
«15» 05 \_\_\_\_\_ 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория обработки металлов давлением»

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2018
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	8	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Авиастроение»

Разработчик рабочей программы:

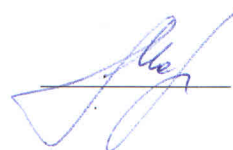
Профессор, Профессор. Доктор технических наук



Феоктистов С.И.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой  
Кафедра «Авиастроение»



Марьин С.Б.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Теория обработки металлов давлением» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов» по специальности «24.05.07 Самолето- и вертолетостроение».

Задачи дисциплины	Создание у обучающихся теоретической основы знаний и навыков в области теории обработки металлов давлением, традиционных и современных методов анализа процессов пластического формообразования
Основные разделы / темы дисциплины	<p><b>Раздел №1 Основные показатели пластических свойств металла. Природа пластической деформации:</b> Тема 1.1 Понятие о пластической деформации. Механические свойства металлов, Тема 1.2 Строение металлов. Холодная пластическая деформация, Тема 1.3 Упрочнение при холодной деформации. Кривые упрочнения, Тема 1.4 Свойства кривых упрочнения. Аппроксимация кривых упрочнения, Тема 1.5 Влияние температуры на процесс деформирования, Тема 1.6 Влияние скорости деформации на процесс деформирования</p> <p><b>Раздел №2 Напряжения и деформации:</b> Тема 2.1 Напряжения и деформации, Тема 2.1 Напряжения. Понятия о тензоре напряжений. Главные напряжения, Тема 2.2 Условия равновесия для напряжённого состояния, Тема 2.3 Малые деформации и скорости деформаций, Тема 2.4 Условие пластичности, Тема 2.5 Связь между напряжениями и деформациями при пластическом деформировании, Тема 2.6 Принципы анализа процессов деформирования</p> <p><b>Раздел №3 Примеры расчёта операций обработки металлов давлением:</b> Тема 3.1 Методы определения деформирующих усилий и работ, Тема 3.2 Расчёт толстостенной трубы под равномерным давлением, Тема 3.3 Расчёт операций листовой штамповки на примере гибки, Тема 3.4 Коллоквиум по курсу ТОМД, Дифференцированный зачёт</p>

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Теория обработки металлов давлением» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и планируемые результаты обучения по практике

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по практике		
	Перечень знаний	Перечень умений	Перечень навыков
Профессионально-специализированные			
<b>ПСК-4.6</b> Способ-	31 (ПСК-4.6-1)	У1 (ПСК-4.6-1)	Н1 (ПСК-4.6-1)

ность и готовность участвовать в разработке "директивных технологических материалов" при создании нового летательного аппарата	<p><b>Знать:</b> природу и закономерности пластической деформации металла</p> <p>32 (ПСК-4.6-1)</p> <p><b>Знать:</b> физические соотношения и методы решения задач пластического деформирования</p>	<p><b>Уметь:</b> определять напряжённо-деформированное состояние в пластической области деформирования</p> <p>У2 (ПСК-4.6-1)</p> <p><b>Уметь:</b> решать задачи, связанные с совершенствованием процессов обработки металлов давлением</p>	<p><b>Владеть:</b> общими навыками по анализу механических характеристик металла</p> <p>Н2 (ПСК-4.6-1):</p> <p><b>Владеть:</b> общими навыками решения задач по определению напряжённо-деформированного состояния</p>
--	---	--	---

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория обработки металлов давлением» изучается на 4 курсе, 8 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Теория обработки металлов давлением», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Производство изделий из полимерных композиционных материалов», «Преддипломная практика».

Дисциплина «Теория обработки металлов давлением» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем проведения / выполнения практических занятий, выполнения расчетно-графической работы.

Дисциплина «Технология заготовительно-штамповочного производства» в рамках воспитательной работы направлена на развитие профессиональных умений, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий.

### 4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 з.е., 144 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	14
<b>В том числе:</b>	

<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	6
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	8 6
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	126
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	4

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Раздел №1 Основные показатели пластических свойств металла. Природа пластической деформации</b>				
<b>Тема 1.1 Понятие о пластической деформации. Механические свойства металлов</b> <i>Понятие о пластической деформации. Упрочнение при холодной деформации. Кривые упрочнения. Механические свойства металлов. Свойства кривых упрочнения. Аппроксимация кривых упрочнения</i>	2			3
<b>Тема 1.2 Строение металлов. Холодная пластическая деформация</b>				6
<b>Тема 1.3 Упрочнение при холодной деформации. Кривые упрочнения</b>				6
<b>Тема 1.4 Свойства кривых упрочнения. Аппроксимация кривых</b>		2*		10

упрочнения				
<b>Тема 1.5 Влияние температуры на процесс деформирования</b>				6
<b>Тема 1.6 Влияние скорости деформации на процесс деформирования</b>				6
<b>Раздел №2 Напряжения и деформации</b>				
<b>Тема 2.1 Напряжения и деформации</b> <i>Напряжения. Понятия о тензоре напряжений. Главные напряжения. Условия равновесия для напряжённого состояния. Условие пластичности. Связь между напряжениями и деформациями при пластическом деформировании</i>	2			
<b>Тема 2.1 Напряжения. Понятия о тензоре напряжений. Главные напряжения</b>				6
<b>Тема 2.2 Условия равновесия для напряжённого состояния</b> <i>Определение напряжённого состояния трубы под внутренним давлением. (Условие пластичности Треска)</i>				11
<b>Тема 2.3 Малые деформации и скорости деформаций</b>				6
<b>Тема 2.4 Условие пластичности</b> <i>Определение напряжённого состояния трубы под внутренним давлением. (Условие пластичности Губера-Мизеса)</i>				10
<b>Тема 2.5 Связь между напряжениями и деформациями при пластическом деформировании</b>				10
<b>Тема 2.6 Принципы анализа процессов деформирования</b> <i>Определение напряжённого состояния трубы под внутренним давлением. (Упруго-пластическое состояние)</i>		2*		9
<b>Раздел №3 Примеры расчёта операций обработки металлов давлением</b>				

<b>Тема 3.1 Методы определения деформирующих усилий и работ</b>				6
<b>Тема 3.2 Расчёт толстостенной трубы под равномерным давлением</b>				15
<b>Тема 3.3 Расчёт операций листовой штамповки на примере гибки</b>	2	2*		11
<b>Тема 3.4 Коллоквиум по курсу ТОМД</b>		2		5
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	6	8		126

\* реализуется в форме практической подготовки

## **6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Подготовка к коллоквиуму	51
Изучение теоретических разделов дисциплины	35
Выполнение отчета и подготовка к защите РГР	40
Итого	126

## **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

1 Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением: учебник для вузов по спец. "Машины и технология обработки металлов давлением" / М.В. Сторожев, Е. А. Попов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1977. - 423с.

2 Основы авиа- и ракетостроения: учебное пособие для вузов / А. С.Чумадин, В. И. Ершов, К. А. Макаров и др. - М.: Инфра-М, 2008. - С. 443-515.

3 Константинов, И.Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением [Электронный ресурс]: учебник / И.Л. Константинов, С.Б. Сидельников. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. – 488 с. //ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа:<http://www.znanium.com/catalog.php?>, ограниченный. - Загл. с экрана.

## 8.2 Дополнительная литература

1 Громов, Н.П. Теория обработки металлов давлением / Н. П. Громов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1978. - 360с.

2 Обработка металлов давлением в машиностроении/ П. И. Полухин, В.А. Тюрин, П. И. Давидков, Д. Н. Витанов. - М.; София: Машиностроение;Техника, 1983. - 279с.

3 Беспалов, А. В. Деформация в условиях сверхпластичности — инновационная технология обработки металлов давлением [Электронный ресурс] /А.В.Беспалов, А.П.Петров, А.В.Соколов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 56 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php?>, ограниченный. - Загл. с экрана.

4 Загиров, Н. Н. Основы расчетов процессов получения длинномерных металлоизделий методами обработки металлов давлением [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н. Н. Загиров, И. Л. Константинов, Е. В. Иванов. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. - 312 с. // ZNANIUM.COM : электроннобиблиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php?>, ограниченный. - Загл. с экран

## 8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. РД 013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления». – Введ. 2016-03-10. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016. – 56 с.

2. СТО 7.5-17 Положение о самостоятельной работе студентов ФГБОУ ВПО «КНАГТУ». – Введ. 2015-04-06. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2015. – 24 с.

## 8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1 Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM Договор № 4997 эбс ИКЗ 21 1 2727000769 270301001 0010 004 6311 244 от 13 апреля 2021 г. (с 17 апреля 2021 г. по 16 апреля 2022 г.).

2 Электронно-библиотечная система IPRbooks Лицензионный договор № ЕП 44/4 на предоставление доступа к электронно-библиотечной системе IPRbooks ИКЗ 21 1 2727000769 270301001 0010 003 6311 244 от 05 февраля 2021 г. (с 27 марта 2021 г. по 27 марта 2022 г.).

3 Образовательная платформа "Юрайт". Договор № ЕП44/2 на оказание услуг по предоставлению доступа к образовательной платформе ИКЗ 21 1 2727000769 270301001 0010001 6311 244 от 02 февраля 2021 г. (с 07 февраля 2021 г. по 07 февраля 2022 г.).

4 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. Договор № ЕП 44/3 на оказание услуг доступа к электронным изданиям ИКЗ 211 272 7000769 270 301 001 0010 002 6311 244 от 04 февраля 2021 г. (с 04 февраля 2021 г. по 04 февраля 2030 г.).

5 Справочная правовая система Консультант Плюс. Договор № 45 от 17 мая 2017 (бессрочный).

6 Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/> Безвозмездное пользование (открытый доступ).

7. Национальная электронная библиотека (НЭБ) <https://rusneb.ru/> Безвозмездное пользование (открытый доступ).



8 Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" <https://cyberleninka.ru/> Безвозмездное пользование (открытый доступ).

### **8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1 Электронные ресурсы КНАГУ (<http://www.knastu.ru/forstudents/library/digital-resources.html>).

2 Единое окно доступа к образовательным ресурсам // Электронный ресурс [Режим доступа: свободный] <http://window.edu.ru/>.

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
1 MathCAD	1 Сетевая лицензия, сервисный контракт # 2A1820328, лицензионный ключ, договор № 106-АЭ120 от 27.11.2012.
2 Kaspersky Endpoint Securitye для бизнеса - Стандартный Russian Edition	2 Сетевая продленная лицензия, лицензионное соглашение № 2434- 180607-063259-310-569
3 Microsoft®; Office Professional Plus 2010 Russian	3 Лицензионный сертификат 47019898, MSDN Product Key.
4 Microsoft®; Windows Professional 7 Russian	4 Лицензионный сертификат 46243844, MSDN Product Key.

## **9 Организационно-педагогические условия**

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### **9.1 Образовательные технологии**

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### **9.2 Занятия лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### **9.3 Занятия семинарского типа**

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

### 9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## 10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

### 10.1 Учебно-лабораторное оборудование

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
Ауд. 124 3 корпус	Вычислительный центр кафедры АС	12 персональных компьютеров
Ауд. 110 3 корпус	Комплексная лаборатория кафедры АС	3 учебно-лабораторных комплекса для практических занятий ОМД-П
Ауд. 112 3 корпус	Мультимедийный класс ФАМТ	Экран, мультимедиа проектор, персональный компьютер

При реализации дисциплины «Теория обработки металлов давлением» на базе профильной организации используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Стандартное или специализированное оборудование, обеспечивающее выполнение заданий	Назначение оборудования
Персональные компьютеры	Проведение расчетно-графических практических занятий

## 10.2 Технические и электронные средства обучения

При проведении занятий используется аудитория, оборудованная проектором (стационарным или переносным) для отображения презентаций. Кроме того, при проведении лекций и практических занятий необходим компьютер с установленным на нем браузером и программным обеспечением для демонстрации презентаций.

## 11 Иные сведения

### Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### по дисциплине

#### «Теория обработки металлов давлением»

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Технологическое проектирование высокоресурсных конструкций самолетов и вертолетов
Квалификация выпускника	Специалист
Год начала подготовки (по учебному плану)	2018
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	8	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Авиастроение»

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Таблица 1 – Компетенции и планируемые результаты обучения по практике

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по практике		
	Перечень знаний	Перечень умений	Перечень навыков
<b>Профессионально-специализированные</b>			
<b>ПСК-4.6</b> Способность и готовность участвовать в разработке "директивных технологических материалов" при создании нового летательного аппарата	31 (ПСК-4.6-1) <b>Знать:</b> природу и закономерности пластической деформации металла	У1 (ПСК-4.6-1) <b>Уметь:</b> определять напряжённо-деформированное состояние в пластической области деформирования	Н1 (ПСК-4.6-1) <b>Владеть:</b> общими навыками по анализу механических характеристик металла
	32 (ПСК-4.6-1) <b>Знать:</b> физические соотношения и методы решения задач пластического деформирования	У2 (ПСК-4.6-1) <b>Уметь:</b> решать задачи, связанные с совершенствованием процессов обработки металлов давлением	Н2 (ПСК-4.6-1): <b>Владеть:</b> общими навыками решения задач по определению напряжённо-деформированного состояния

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Раздел №1 Основные показатели пластических свойств металла. Природа пластической деформации	31(ПСК 4.6-1)	Коллоквиум по курсу	- знания о природе пластической деформации, кругозор студента; - умение логически построить ответ; - владение монологической речью
	Н1(ПСК 4.6-1)	Расчётно-графическая работа	- понимание методики определения механических характеристик металла и умение ее правильно применить; - качество оформления; - достаточность пояснений
Раздел №2 Напряжения и деформации	32(ПСК 4.6-1)	Коллоквиум по курсу	- знания о напряжениях и деформациях, кругозор студента; - умение логически построить

			ответ; - владение монологической речью
	У1(ПСК 4.6-1)	Расчётно-графическая работа	- понимание методики определения напряжённо-деформированного состояния и умение ее правильно применить; - качество оформления; - достаточность пояснений
	Н2(ПСК 4.6-1)	Расчётно-графическая работа	- понимание методики решения задач по определению напряжённо-деформированного состояния и умение ее правильно применить; - качество оформления; - достаточность пояснений
Раздел №3 Примеры расчёта операций обработки металлов давлением	32(ПСК 4.6-1)	Коллоквиум по курсу	- знания методов расчёта операций обработки металлов давлением, кругозор студента; - умение логически построить ответ; - владение монологической речью
	У2(ПСК 4.6-1)	Расчётно-графическая работа	- понимание методики решения задач, связанных с совершенствованием процессов обработки металлов давлением и умение ее правильно применить; - качество оформления; - достаточность пояснений
	Н2(ПСК 4.6-1)	Расчётно-графическая работа	- понимание методики решения задач по определению напряжённо-деформированного состояния и умение ее правильно применить; - качество оформления; - достаточность пояснений

## **2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).



Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
7 семестр <b>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</b>			
Коллоквиум по курсу	В течение семестра	60 баллов	<p>60 баллов – студент правильно ответил на все теоретические вопросы билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>45 баллов – студент ответил на теоретические вопросы билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>30 баллов – студент ответил на теоретические вопросы билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>20 баллов – при ответе на теоретические вопросы билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
Расчётно-	В течение	40 баллов	40 баллов – студент пра-

<p>графическая работа</p>	<p>семестра</p>		<p>вильно выполнил задание. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите.</p> <p>30 баллов – студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите.</p> <p>20 баллов – студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей.</p> <p>10 баллов – при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.</p>
---------------------------	-----------------	--	--

<b>ИТОГО:</b>	100 баллов
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>	

**3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

### 3.1 Задания для текущего контроля успеваемости

#### Контрольные вопросы коллоквиума

*Раздел 1 Основные показатели пластических свойств металла. Природа пластической деформации*

- 1 Дайте определение напряжения.
- 2 Дайте название и графическую интерпретацию четырёх видов деформации.
- 3 Дайте математическое определение относительной и истинной (логарифмической) деформации.
- 4 Сделайте вывод формулы, отражающей связь относительной и истинной деформации.
- 5 Покажите, что истинные деформации обладают свойством аддитивности, а относительные деформации – нет.
- 6 Дайте определение упругой деформации и запишите закон Гука. Укажите размерность величин, входящих в закон Гука.
- 7 Испытание материала на разрыв. Машинная (индикаторная) диаграмма.
- 8 Диаграмма условных напряжений. Укажите на ней значения физических констант (предела прочности, предела текучести), а также линию разгрузки для произвольной точки в пластической области.
- 9 Какие характеристики металла определяются при испытании на разрыв?
- 10 Как называются и определяются величины  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0,2}$ ? Какая размерность этих величин?
- 11 Как называются и определяются величины  $\delta$  и  $\psi$ ? Какая размерность этих величин?
- 12 Как называются и определяются величины  $E$  и  $\mu$ ? Какая размерность этих величин?
- 13 Что такое анизотропия? Чем она характеризуется?
- 14 Построение диаграммы истинных напряжений. Уравнение связи между условными и истинными напряжениями.
- 15 Кривые упрочнения. Построение кривой упрочнения по испытаниям металла на разрыв. Кривые упрочнения I рода, II рода и III рода.
- 16 Свойства кривых упрочнения I рода.
- 17 Свойства кривых упрочнения II рода.
- 18 Свойства кривых упрочнения III рода.
- 19 Аппроксимация кривой упрочнения. Абсолютно-пластичный материал.
- 20 Аппроксимация кривой упрочнения. Линейная аппроксимация. Определение коэффициентов аппроксимации с учётом свойства кривой упрочнения.
- 21 Аппроксимация кривой упрочнения. Линейная аппроксимация. Определение коэффициентов аппроксимации при прохождении через две точки.

- 22 Аппроксимация кривой упрочнения. Степенная аппроксимация. Определение коэффициентов аппроксимации с учётом свойства кривой упрочнения.
- 23 Аппроксимация кривой упрочнения. Степенная аппроксимация. Определение коэффициентов аппроксимации при прохождении через две точки.
- 24 Проверка правильности построения кривой упрочнения.
- 25 Степенная аппроксимация диаграммы истинных напряжений. Определение точки перехода упругого деформирования в пластическое.
- 26 Назовите основные типы пространственных решёток металлов.
- 27 Как индексируются кристаллографические плоскости. Поясните на примере.
- 28 Как индексируются кристаллографические направления. Поясните на примере.
- 29 Скольжение при деформации монокристалла.
- 30 Как зависит предел текучести монокристалла от ориентировки плоскости скольжения.
- 31 Двойникование при деформации монокристалла.
- 32 Дайте определение дислокаций. Какие бывают дислокации.
- 33 Как влияет количество искажений решётки монокристалла на прочность.
- 34 Чем отличается монокристалл от поликристалла? Изобразите схематично деформацию поликристалла.
- 35 Влияние температуры на свойства металла. Дайте определение «возврата».
- 36 Влияние температуры на свойства металла. Дайте определение «рекристаллизации».
- 37 Виды деформаций металлов по температурному режиму.
- 38 Скорость деформирования и скорость деформаций. Дайте определение.
- 39 Влияние скорости деформации на сопротивление деформированию и пластичность металлов.
- 40 Сверхпластичность – определение и основные зависимости.

## *Раздел 2 Напряжения и деформации*

- 1 Определение напряжения.
- 2 Напряжения в координатных площадках. Компоненты объёмного напряжённого состояния.
- 3 Главные напряжения.
- 4 Главные касательные напряжения.
- 5 Основные схемы напряжённого состояния в главных напряжениях.
- 6 Тензор напряжений. Эллипсоид напряжений.
- 7 Девиатор напряжений.
- 8 Условия равновесия объёмного напряжённого состояния.
- 9 Условия равновесия осесимметричного напряжённого состояния.
- 10 Компоненты перемещения точки.
- 11 Определение относительного сдвига.
- 12 Компоненты деформаций, выраженные через перемещения (Уравнения Коши).
- 13 Условие постоянства объёма
- 14 Тензор деформаций. Девиатор деформаций.
- 15 Главные деформации.
- 16 Основные схемы деформированного состояния в главных деформациях.
- 17 Уравнения неразрывности (совместности) деформаций.
- 18 Интенсивности напряжений и деформаций.
- 19 Гипотеза единой кривой упрочнения.
- 20 Условие пластичности Губера – Мизеса. Геометрический смысл.
- 21 Геометрический смысл условия пластичности при плоском напряжённом состоянии.
- 22 Влияние среднего главного напряжения.
- 23 Условие пластичности Треска – Сен-Венана.
- 24 Связь напряжений и деформаций.
- 25 Свойства напряжений и деформаций.

- 26 Особенности пластического деформирования металлов.  
 27 Основные допущения инженерной теории пластичности

*Раздел 3 Примеры расчёта операций обработки металлов давлением*

1. Изгиб. Анализ напряжённо-деформированного состояния при изгибе узкой и широкой полосы.
2. Гипотеза плоских сечений. Определение тангенциальных деформаций.
3. Изгиб широкой полосы. Поясните запись условия пластичности в растянутой зоне.
4. Определение напряженного состояния при пластическом изгибе моментом. Абсолютно-пластичный материал. Растянутая зона.
5. Изгиб широкой полосы. Поясните запись условия пластичности в сжатой зоне.
6. Определение напряженного состояния при пластическом изгибе моментом. Абсолютно-пластичный материал. Сжатая зона.
7. Запись условия пластичности для жестко-пластичного материала с линейным упрочнением.
8. Запись условия пластичности для упруго-пластичного материала со степенным упрочнением
9. Эпюры напряжений для абсолютно-пластичного материала и для жестко-пластичного материала при различных радиусах изгиба.
10. Схематизация (упрощение) напряжённого состояния при изгибе.
11. Эффект пружинения при изгибе. Определение остаточного радиуса нейтрального слоя.
12. Эффект пружинения при изгибе. Определение остаточного угла изгиба.
13. Определение остаточных напряжений. Теорема Ильюшина-Генки о разгрузке.
14. Определение радиуса изгиба для получения заданного радиуса детали (обратная задача).
15. Определение момента внутренних сил при изгибе (для жестко-пластичного материала с линейным упрочнением).
16. Определение минимального радиуса упругого изгиба (появление пластических деформаций).
17. Определение минимального радиуса пластического изгиба (разрушение).
18. Технологические расчёты при гибке листа. Определение размера заготовки.
19. Толстостенная труба под внутренним давлением. Приближённое решение для абсолютно-пластичного твёрдого тела.
20. Толстостенная труба под внутренним давлением. Исходные уравнения упругого решения.
21. Толстостенная труба под внутренним давлением. Граничные условия упруго-пластического решения.
22. Толстостенная труба под внутренним давлением. Определение максимальной толщины трубы, которую возможно перевести в пластическое состояние.

**Комплект заданий для выполнения расчётно-графической работы**

**Задание на выполнение расчётно-графической работы**

1. Определение напряжённо–деформированного состояния при упруго– пластическом изгибе металлической полосы.  
 Решение прямой и обратной задачи определения параметров пружинения.

Исходные данные:

- материал \_\_\_\_\_ (лист катаный);
- толщина полосы \_\_ мм.;

- внутренний радиус изгиба полосы \_\_\_\_ мм.;
- угол изгиба полосы \_\_\_\_\_ град.

Требуется:

- построить диаграмму истинных напряжений 1-го рода (линейно-степенная аппроксимация);
  - определить минимальный внутренний радиус упругого изгиба;
  - определить минимальный внутренний радиус пластического изгиба;
  - построить эпюру напряжений при изгибе;
  - определить остаточный внутренний радиус и остаточный угол изгиба получаемой детали;
  - построить эпюру остаточных напряжений, применяя теорему о разгрузке;
  - определить необходимый внутренний радиус изгиба (радиус оснастки) и необходимый угол изгиба для получения детали заданных размеров.
2. Определение упруго-пластического напряжённо–деформированного состояния толстостенной трубы под внутренним равномерным давлением.

Исходные данные:

- материал \_\_\_\_\_ (профиль прессованный);
- внутренний радиус трубы \_\_\_\_\_ мм.;
- толщина трубы \_\_\_\_\_ мм.;

Требуется:

- определить критическое значение давления, при котором в стенке трубы начинают возникать пластические деформации;
- определить максимальное давление, при котором труба разрушается;
- определить положения граничного слоя при среднем значении давления;
- построить эпюру напряжений, действующих в стенке трубы;
- построить эпюру остаточных напряжений;
- построить эпюру деформаций при критическом значении давления;
- построить эпюру упругих перемещений при критическом значении давления.

*Варианты выполнения расчётно-графической работы*

№	Изгиб металлической полосы					Труба под внутренним давлением		
	Материал, (листы катаные)	Ширина полосы, мм.	Толщина полосы, мм.	Радиус изгиба, мм.	Угол изгиба, град	Материал, (профиль прессованный)	Внутренний радиус, мм.	Толщина стенки, мм.
1	АМцМ	10	10	100	60	АВТ1	100	95
2	АМг2М	20	9	90	70	Д20Т1	110	90
3	Д19Т	30	8	80	80	АК4-2	120	85
4	В92Т1	40	7	70	90	В96Ц1Т2	130	80
5	В95пчТ1	50	6	60	30	Д16чТ1	140	75
6	Д20Т1	60	5	50	45	В95очТ1	150	70
7	АМг6Н	70	4	40	60	1915Т1	160	65
8	Д16чТ	80	3	30	70	Д19Т	170	60
9	1915Т1	90	2	20	80	В92Т1	180	55
10	1420	100	1	10	90	ВАД23Т1	190	50
11	АМцМ	15	1	100	10	АВТ1	200	95
12	АМг2М	25	2	90	20	Д20Т1	210	90
13	Д19Т	35	3	80	30	АК4-2	220	85

14	В92Т1	45	4	70	40	В96Ц1Т2	230	80
15	В95пчТ1	55	5	60	50	Д16чТ1	240	75
16	Д20Т1	65	6	50	60	В95очТ1	250	70
17	АМг6Н	75	7	40	70	1915Т1	260	65
18	Д16чТ	85	8	30	80	Д19Т	270	60
19	1915Т1	95	9	20	90	В92Т1	280	55
20	1420	105	10	10	100	ВАД23Т1	291	50

Механические свойства материалов при комнатной температуре

Материал	Вид полуфабриката	$E$ , ГПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_{\sigma}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %
АМцМ	Листы катаные	70	60	110	23	70
АМг2М	Листы катаные	71	100	190	23	30
АМг6Н	Листы катаные	71	300	400	9	12
Д16чТ	Листы катаные	72	320	450	19	22
Д19Т	Листы катаные	70	310	440	16	20
Д20Т1	Листы катаные	71	300	420	11	20
В92Т1	Листы катаные	69	300	400	10	12
1915Т1	Листы катаные	68	280	360	11	13
В95пчТ1	Листы катаные	72	500	570	12	27
1420	Листы катаные	75	240	400	12	14
АВТ1	Профиль прессованный	71	290	350	12	20
Д19Т	Профиль прессованный	72	350	480	10	-
Д20Т1	Профиль прессованный	72	280	420	10	35
В92Т1	Профиль прессованный	70	340	450	10	-
Д16чТ1	Профиль прессованный	72	350	480	12	-
В95очТ1	Профиль прессованный	72	550	600	12	20
1915Т1	Профиль прессованный	70	320	380	10	-
АК4-2	Профиль прессованный	73	390	440	9	-
В96Ц1Т2	Профиль прессованный	71	630	660	8	14
ВАД23Т1	Профиль прессованный	76	550	590	5	-

