

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 25.09.2023 17:53:00  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742755c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета машиностроения



/Е. В. Сафонов /  
2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Прикладная теория пластичности»**

Направление подготовки  
**15.04.01 "Машиностроение"**

Профиль подготовки  
**«Цифровые технологии в аддитивном производстве и обработке давлением»**

»

Квалификация (степень) выпускника  
**магистр**

Форма обучения  
**Очная**

Москва 2022 г

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО  
и учебным планом по направлению подготовки  
15.04.01 Машиностроение, профиль подготовки «Цифровые технологии аддитивном  
производстве и обработке давлением»

Программу составил:

проф., д.т.н.



/Ю.Г.Калпин/

Программа дисциплины «Прикладная теория пластичности» по направлению подготовки  
15.04.01 «Машиностроение» утверждена на заседании кафедры «Обработка материалов  
давлением и аддитивные технологии»

«08» июня 2022 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой



/П. А. Петров/

Программа согласована с руководителем образовательной программы по направлению  
подготовки 15.04.01 «Машиностроение»



/С. А. Тупалин/

«08» 07 2022

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета  
машиностроения

Председатель комиссии



/А.Н.Васильев/

«13» 09 2022 г., протокол № 14-12

## 1. Цели освоения дисциплины.

К основным целям освоения дисциплины «ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ» следует отнести:

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению и дисциплине;
- формирование общеинженерных знаний и умений по данному направлению и дисциплине;
- изучение физических основ пластической деформации, основных соотношений теории пластичности, основных методов решения задач обработки металлов давлением, анализ основных операций объемной и листовой штамповки;
- углубленное изучение фундаментальных пластических характеристик металлов и сплавов: сопротивления деформации и пластичность.

К основным задачам освоения дисциплины «ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ» следует отнести:

- освоение методологии, анализа и выбора принципов и методов физических основ пластической деформации, основных соотношений теории пластичности, основных методов решения задач обработки металлов давлением, анализ основных операций объемной и листовой штамповки, в условиях машиностроительных производств.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры.

Дисциплина «ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы магистратуры.

«ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ» взаимосвязана логически и содержательно-методически с дисциплиной «Современные деформируемые материалы и методы их испытания».

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
-----------------	-----------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------

<p><b>ПК-1</b></p>	<p>Организация работ по совершенствованию технологий кузнечно-штамповочного производства</p>	<p>ИПК 1.1 Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Технические характеристики, конструктивные особенности, назначение и режимы работы кузнечно-штамповочного и вспомогательного оборудования.</li> <li>• Методы и правила планирования исследовательских и опытных работ.</li> <li>• САЕ-системы: наименования, возможности и порядок работы в них.</li> <li>• Прикладные компьютерные программы для работы с электронными таблицами: наименования, возможности и порядок работы в них.</li> </ul> <p>ИПК 1.2. Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Использовать САЕ-системы для проведения расчетов и моделирования новых процессов обработки металлов давлением.</li> <li>• Организовывать опытные работы для повышения качества поковок и снижения металлоемкости кузнечно-штамповочного производства.</li> <li>• Создавать электронные таблицы и графики, выполнять вычисления и обработку данных по испытаниям кузнечно-штамповочного оборудования</li> </ul> <p>ИПК 1.3 Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Оценка возможностей повышения производительности труда, снижения затрат и повышения качества продукции путем оптимизации и совершенствования технологийковки и штамповки на действующем кузнечно-штамповочном оборудовании.</li> <li>• Оценка возможности применения новых технологийковки и штамповки на имеющемся кузнечно-штамповочном оборудовании</li> </ul> <p>Разработка мероприятий по совершенствованию, оптимизации и модернизации кузнечно-штамповочного оборудования</p>
--------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### **4. Структура и содержание дисциплины.**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, т.е. 72 академических часа (16 лекций, 14 семинаров). Преподается на втором семестре – форма аттестации зачет.

Структура и содержание дисциплины «Прикладная теория пластичности» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

#### **4.1.Содержание разделов дисциплины.**

Краткие сведения о напряжении и деформации.

Тензор напряжений. Инварианты напряженного состояния. Тензор деформаций и скоростей деформации. Связь скоростей деформации с полем скоростей. Накопленная деформация. Связь напряжений и скоростей деформации.

Напряжение текучести при холодной деформации.

Физическая картина упрочнения. Кривые упрочнения. Методы построения кривых упрочнения. Условие пластичности и гипотеза единой кривой. Эффект Баушингера. Сопротивление деформации при сложных траекториях нагружения

Напряжение текучести при горячей деформации.

Физическая природа упрочнения – разупрочнения. Представление напряжения текучести в виде функции и функционала. Напряжение текучести при изотермической и неізотермической деформации и деформации, сопровождаемой изменением структуры. Сверхпластичность.

Пластичность при холодной деформации.

Физическая картина деформации и разрушения. Основные обозначения, термины и определения. Разрушение конструкций. Пластичность при постоянном показателе напряженного состояния. Диаграммы пластичности и методы их построения. Поверхность пластичности. Пластичность при переменном показателе напряженного состояния. Деформационные критерии разрушения. Комбинированный критерий разрушения. Энергетические критерии разрушения. Критерии разрушения, основанные на вычислении пористости. Разрушение при сложном нагружении. Влияние на пластичность неоднородности деформации и показателя напряженного состояния. Деформация в области показателей напряженного состояния, соответствующей неограниченной пластичности.

Пластичность при горячей деформации. Уменьшение запаса пластичности при отжиге деформированного металла. Пластичность при изотермической деформации. Пластичность при неізотермической деформации. Примеры расчета предельной пластичности.

Контактное трение при обработке давлением. Методы учета контактного трения при решении задач обработки давлением. Экспериментальные методы определения коэффициента трения

## **5. Образовательные технологии.**

Методика преподавания дисциплины «Прикладная теория пластичности» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- обсуждение и защита рефератов по дисциплине;
- подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Прикладная теория пластичности» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий.

При проведении занятий по дисциплине применяется система СДО - [lms.mospolytech.ru](https://lms.mospolytech.ru). На платформе СДО по дисциплине могут быть размещены учебные, методические и иные материалы способствующие освоению дисциплины студентом.

При проведении занятий также могут быть реализованы такие формы как вебинары (на платформе ZOOM, Webinar, Webex), онлайн тестирование, промежуточная аттестация с применением электронных средств.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- 1) чтение лекций с помощью компьютерной и проекторной техники;
- 2) проведение практических занятий;
- 3) выполнение индивидуальных заданий с обсуждением и защитой результатов на семинарах.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита рефератов, курсового проекта.

Образцы тестовых заданий, темы курсового проекта, вопросов к зачету, приведены в приложении 4.

### **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>
ПК-1	Организация работ по совершенствованию технологий кузнечно-штамповочного производства

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### **6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.**

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Шкалы оценивания результатов аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации: зачет.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной

аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Прикладная теория пластичности» (прошли промежуточный контроль, выполнили лабораторные работы, выступили с рефератом.)

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Описание</b>
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины ИЛИ студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

**Фонды оценочных средств представлены в Приложении 4 к рабочей программе.**

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### **а) основная литература:**

1. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977.



2. Прикладная теория пластичности. [Электронный ресурс] : моногр. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2015. — 284 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/71993>

**б) дополнительная литература:**

1. Матвеев А.Д. Скорость деформации, деформация при изменении формы тела. М.:МГТУ «МАМИ», 1982.
2. Калпин Ю.Г. и др. Сопротивление деформации и пластичность металлов при обработке давлением. Учебное пособие. М.: Машиностроение, 2011.

**в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:**

Операционная система, Windows 7 (или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984214, 61984216,61984217, 61984219, 61984213, 61984218, 61984215

Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984042 Антивирусное ПО, Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Лицензии № 1752161117060156960164

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте Мосполитеха в разделе:

- «Библиотека. Электронные ресурсы»  
<http://lib.mospolytech.ru/lib/content/elektronnyy-katalog>
- «Библиотека. Электронно-библиотечные системы»  
<http://lib.mospolytech.ru/lib/ebs>
- ЭБС «ЛАНЬ». Коллекция «Инженерно-технические науки» (<http://e.lanbook.com>);
- БД полных текстов национальных стандартов (ГОСТ, СНиП, РД, РДС и др.) «Техэксперт» (<http://www.kodeks.ru>);
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>);
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru));
- ЭБС «ZNANIUM.COM» ([www.znanium.com](http://www.znanium.com));
- ЭБС «ЮРАЙТ» ([www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru));
- Реферативная наукометрическая электронная база данных «Scopus» (<http://www.scopus.com>);
- База данных «Knovel» (<http://www.knovel.com>)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Специализированные аудитории кафедры «ОМДиАТ» (ав2509, ав2508) и межкафедральная лаборатория «САПР-ТП» оснащены компьютерным и проекционным оборудованием, современным специализированным программным обеспечением. Лаборатории кафедры «ОМДиАТ» (А-ОМД, ав2102) оснащены штамповочным, заготовительным и испытательным оборудованием, лабораторной и экспериментальной оснасткой, контрольно-измерительными приборами, стендами и наглядными пособиями. Их применение позволяет вести полноценный учебный процесс, проводить практические занятия, а также заниматься с участием студентов исследованиями технологических свойств (штампуемость, сопротивление

деформации) металлов, исследованием методов обработки давлением, опытно-конструкторскими работами, прививая обучающимся навыки самостоятельной научно-исследовательской деятельности и профессиональной деятельности. Данные о программном обеспечении, лабораторном оборудовании представлены в справке МТО.

## **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа является одним из видов получения образования обучающимися и направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к лекционным, лабораторным, семинарским (практическим) занятиям
- выполнение контрольных заданий
- подготовка к тестированию с использованием общеобразовательного портала
- написание и защита реферата по предложенной теме.

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Не следует откладывать работу также из-за нерабочего настроения или отсутствия вдохновения. Настроение нужно создавать самому. Понимание необходимости выполнения работы, знание цели, осмысление перспективы благоприятно влияют на настроение.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

Курсовая работа является одним из видов учебной и научно-исследовательской работы студента и представляет собой исследования, проводимые студентами самостоятельно под руководством преподавателя по определенным научным темам.

Целью выполнения курсовых работ является формирование навыков самостоятельного творческого решения профессиональных задач.

Задачами выполнения курсовых работ является:

1) систематизация, закрепление, углубление и расширение приобретенных студентом знаний, умений, навыков по учебным дисциплинам профессиональной подготовки;

2) овладение методами научных исследований;

3) формирование навыков решения творческих задач в ходе научного исследования или проектирования по определенной теме;

4) подготовка к написанию дипломной работы (проекта) (материалы курсовых работ могут входить в дипломную работу (проект)).

Кроме того, задачами курсовых проектов являются приобретение навыков проектирования конкретных объектов и оформление проектной документации, овладение методами оценки проектных решений по заданным критериям; проведение расчетов, обосновывающий выбранный способ решения творческой задачи.

При выполнении курсовых работ студент должен продемонстрировать способности:

1) выдвинуть научную (рабочую) гипотезу;

2) собрать, обработать и проанализировать информацию по теме (источники информации – материалы производственных практик, учебная и специальная литература, научные журналы, патентные материалы);

3) изучить и критически проанализировать полученные материалы;

4) систематизировать и обобщить имеющуюся информацию;

5) самостоятельно решить поставленные творчески задачи;

6) логически обосновать и сформулировать выводы, предложения и рекомендации.

Особенности курсовых работ в зависимости от года обучения проявляются в постепенном усложнении объектов и методов исследования. Количество курсовых работ, наименование дисциплин, по которым они предусматриваются, определяется учебным планом. Курсовая работа рассматривается как вид учебной работы по дисциплине и выполняется в

пределах часов, отводимых на ее изучение. Курсовые работы рассматриваются как форма отчетности.

Тематику курсовых работ разрабатывает кафедра в учебном году, предшествующем выполнению курсовой работы. Выбор и утверждение темы курсовой работы:

- тематика курсовых работ сообщается студентам;
- студент может выбрать тему курсовой работы из числа тем, предложенных кафедрой;
- студент может также самостоятельно предложить тему курсовой работы с обоснованием ее целесообразности.

Научный руководитель составляет задание на курсовую работу, осуществляет ее текущее руководство. Руководство курсовой работой включает систематические консультации с целью оказания организационной и научно-методической помощи студенту, контроль за осуществлением выполнения работы в соответствии с планом – графиком, проверку содержания и оформления завершенной работы. Задание на выполнение курсовой работы является нормативным техническим документом, устанавливающим границы, глубину и объемы исследования (разработки) темы, а также сроки представления работы на кафедру в завершенном виде. График выполнения курсовой работы содержит сведения об этапах работы, результатах, сроках выполнения задания, отметки научного руководителя о выполнении выполненных этапов работы (балл, дата, подпись). Завершенная курсовая работа, передается студентом на кафедру за неделю до защиты для ее анализа (внутреннее рецензирование). Задание на курсовую работу, подлежит утверждению заведующим кафедрой. Кафедра не несет ответственности за то, что студент своевременно не получил подготовленное задание на курсовую работу.

## **10. Методические рекомендации для преподавателя**

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление

полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу «Прикладная теория пластичности» необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только четко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрыть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категориальный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной

работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Изучение дисциплины завершается экзаменом.

Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа.

Преподаватель, принимающий зачёт или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: **15.04.01 "Машиностроение"**

Профиль подготовки

*«Цифровые технологии аддитивном производстве и обработке давлением»*

*Форма обучения: очная*

*Вид профессиональной деятельности: (В соответствии с ФГОС ВО)*

*Кафедра: «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии»*

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

***Прикладная теория пластичности***

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

*Вопросы к зачету*

*Темы рефератов*

*Фонд тестовых заданий*

***Составитель:***

***Проф. Д.т.н., Калпин Ю.Г.***

*Москва, 2022 г*

Таблица 1

## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Прикладная теория пластичности				
ФГОС ВО 15.04.01 «Машиностроение»				
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:				
КОМПЕТЕНЦИИ	Перечень компонентов	Технология формирования компетенции	Форма оценочного средства**	Степени уровня освоения компетенций
ИН-ДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА			
ПК-1	<p>Организация работ по совершенствованию технологий кузнечно-штамповочного производства</p>	<p>ИПК 1.1 Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Технические характеристики, конструктивные особенности, назначение и режимы работы кузнечно-штамповочного вспомогательного оборудования.</li> <li>Методы и правила планирования исследовательских и опытных работ.</li> <li>САЕ-системы: наименования, возможности и порядок работы в них.</li> <li>Прикладные компьютерные программы для работы с электронными таблицами: наименования, возможности и порядок работы в них</li> </ul>	Г,КР	<p><b>Базовый уровень:</b> воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля</p> <p><b>Повышенный уровень:</b> практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарам, к выступлениям с докладом, к лабораторным работам</p>



		<p><b>ИПК 1.2. Умест:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Использовать САЕ-системы для проведения расчетов и моделирования новых процессов обработки металлов давлением.</li> <li>Организовывать опытные работы для повышения качества поковок и снижения металлоемкости кузнечно-штамповочного производства.</li> <li>Создавать электронные таблицы и графики, выполнять вычисления и обработку данных по испытаниям кузнечно-штамповочного оборудования</li> </ul> <p><b>ИПК 1.3 Владет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Оценка возможностей повышения производительности труда, снижения затрат и повышения качества продукции путем оптимизации и совершенствования технологийковки и штамповки на действующем кузнечно-штамповочном оборудовании.</li> <li>Оценка возможности применения новых технологийковки и штамповки на имеющемся кузнечно-штамповочном оборудовании</li> </ul> <p>Разработка мероприятий по совершенствованию, оптимизации и модернизации кузнечно-штамповочного оборудования</p>			
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

\*\* - Сокращения форм оценочных средств см. в приложениях 2 к РП.

**Перечень оценочных средств по дисциплине**

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Реферат (Р)	Представление студентом наработанной информации по заданной тематике в виде реферата	Темы рефератов
2	Устный опрос, собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с	Вопросы по темам/разделам дисциплины
3	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины ИЛИ студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

## 2. Описание оценочных средств

### 2.1 Контрольные вопросы

Вопросы для промежуточной и итоговой аттестации по курсу  
«ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ»

1. Физические основы пластической деформации.
2. Типы кристаллических решеток. Монокристалл и поликристалл. Дефекты кристаллической решетки: точечные, линейные, объемные. .
3. Упрочнение. Деформация поликристалла.
4. Напряжения. Напряжение на площадке. Напряженное состояние в точке.
5. Тензор напряжений. Шаровой тензор и девиатор.
6. Главные напряжения.
7. Инварианты тензора напряжений.
8. Уравнения равновесия.
9. Деформации. Деформации линейные, угловые и объемные.
10. Деформации в точке. Тензор деформаций.
11. Главные деформации.
12. Условие постоянства объема.
13. Скорости деформации.
14. Плоское деформированное состояние.
15. Условие пластичности и связь между напряжениями, деформациями и скоростями деформации.
16. Условие пластичности по Сен-Венану и Мизесу.
17. Гипотеза единой кривой. Кривые упрочнения.
18. Особенности трения при пластической деформации. Трение по Кулону – Амонтону и по Прандтлю. Роль трения при обработке давлением и технологические смазки.)
19. Пластичность.  
Пластичность при холодной деформации. Зависимость пластичности от показателей напряженного состояния. Диаграмма пластичности. Методы построения диаграммы пластичности.
20. Критерии разрушения: силовые, деформационные, энергетические, комбинированные.
21. Экспериментальное получение значений для диаграммы разрушения (ПК-9)
22. Методика проверки гипотезы единой кривой
23. Экспериментальное определение связи пластичности с показателями напряженного состояния
24. Построение и методы получения коэффициентов аппроксимации кривой упрочнения

## 2.2. Темы рефератов курса «ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ»

1. Сопоставление методов построения диаграммы пластичности.
2. Обзор и сравнение деформационных критериев разрушения.
3. Силовые и энергетические критерии разрушения.
4. Комбинированный критерий разрушения и его экспериментальное подтверждение.
5. Исследование пластичности при сложных траекториях нагружения.
6. Особенности исследования пластичности при неоднородном напряженном состоянии.
7. Исследование пластичности при горячей изотермической деформации.
8. Сопоставление тензорных критериев разрушения
9. Исследование пластичности при знакопеременной деформации.

## 2.3. Тестовые вопросы для проверки знаний студентов по дисциплине «ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ»

1. Вакансией называется точечный дефект:
  - а) возникающий при отсутствии одного атома в узле кристаллической решетки;
  - б) возникающий при замене одного атома чужеродным атомом;
  - в) возникающий при внедрении атома покинувшего своё место, в межузельное пространство;
  - г) для которого вектор Бюргерса отличен от нуля;
  - д) возникающий при внедрении чужеродного атома в межузельное пространство.
2. Дислокацией называется:
  - а) точечный дефект, возникающий при внедрении атома, покинувшего своё место, в межузельное пространство.
  - б) точечный дефект, совершающий перемещение в кристалле;
  - в) место расположения точечного дефекта;
  - г) место расположения линейного дефекта;
  - д) линейный дефект, для которого вектор Бюргерса отличен от нуля;
3. Контуром Бюргерса называется:
  - а) контур объемного дефекта;
  - б) контур, проведенный вокруг ядра дислокации;
  - в) контур, касательный к экстраплоскости;
  - г) любой замкнутый контур в идеальном кристалле;
  - д) контур, касательный к плоскости скольжения.
4. Вектором Бюргерса называется:

- а) вектор внешней силы, действующий на кристалл;
  - б) невязка контура Бюргерса;
  - в) вектор скорости, с которой движется вакансия;
  - г) вектор скорости, с которой движется дислокация;
  - д) сила взаимодействия двух дислокаций разных знаков.
5. Экстраплоскостью называется:
- а) дополнительная полуплоскость, являющаяся причиной возникновения краевой дислокации;
  - б) плоскость, перпендикулярная линии дислокации;
  - в) плоскость, в которой наблюдается наибольшая плотность атомов;
  - г) дислокационный барьер;
  - д) плоскость, в которой действуют максимальные касательные напряжения.
6. Плоскостью скольжения называется:
- а) дополнительная полуплоскость, являющаяся причиной возникновения краевой дислокации;
  - б) плоскость, перпендикулярная линии дислокации;
  - в) плоскость, перпендикулярная экстраплоскости и заключающая в себе линию дислокации;
  - г) дислокационный барьер;
  - д) плоскость с наибольшей плотностью атомов.
7. Краевой дислокацией называется:
- а) дислокация, расположенная на краю кристалла;
  - б) замкнутая дислокационная петля;
  - в) дислокация, линия которой является отрезком прямой;
  - г) линейный дефект, вектор Бюргерса которого перпендикулярен линии дислокации;
  - д) линейный дефект, вектор Бюргерса которого параллелен линии дислокации.
8. Винтовой дислокацией называется:
- а) дислокация, линия которой является винтовой линией;
  - б) замкнутая дислокационная петля;
  - в) дефект, образуемый винтовой экстраплоскостью;
  - г) линейный дефект, вектор Бюргерса которого перпендикулярен линии дислокации;
  - д) линейный дефект, вектор Бюргерса которого параллелен линии дислокации.
9. При пластической деформации плотность дефектов возрастает в результате:
- а) действия источников генерации дислокаций;
  - б) аннигиляции дислокаций;
  - в) преодоления дислокациями дислокационных барьеров;
  - г) давления на металл;
  - д) реперолизации дислокаций.

10. Трансляцией называется:
- а) преодоление дислокациями дислокационных барьеров;
  - б) перемещение дислокаций в плоскости скольжения;
  - в) перед дислокацией из одной плоскости скольжения в другую;
  - г) массовая миграция вакансий;
  - д) отталкивание друг от друга дислокаций разных знаков.
11. Переползанием дислокаций называется:
- а) преодоление дислокациями дислокационных барьеров;
  - б) перемещение дислокаций в плоскости скольжения;
  - в) переход дислокаций из одной плоскости скольжения в другую;
  - г) массовая миграция дислокаций;
  - д) отталкивание друг от друга дислокаций разных знаков.
12. Двойникованием называется:
- а) поворот части кристалла вокруг некоторой оси;
  - б) разделение дислокации на две;
  - в) отталкивание друг от друга дислокаций разных знаков;
  - г) генерация двух дислокационных петель разных знаков;
  - д) разделение вакансии на две части.
13. Для чистых металлов возврат начинается при ( $T_{пл}$  – температура плавления по шкале Кельвиса):
- а)  $0,1 T_{пл}$ ;
  - б)  $(0,2 \div 0,3) T_{пл}$ ;
  - в)  $0,4 T_{пл}$ ;
  - г)  $(0,6 \div 0,7) T_{пл}$ ;
  - д)  $0,8 T_{пл}$ .
14. Для чистых металлов рекристаллизация начинается при ( $T_{пл}$  – температура плавления по шкале Кельвиса):
- а)  $0,1 T_{пл}$ ;
  - б)  $(0,2 \div 0,3) T_{пл}$ ;
  - в)  $0,4 T_{пл}$ ;
  - г)  $(0,6 \div 0,7) T_{пл}$ ;
  - д)  $0,8 T_{пл}$ .
15. Диаграммой рекристаллизации называется:
- а) зависимость числа рекристаллизованных зерен от температуры отжига;
  - б) зависимость размеров рекристаллизованных зерен от предварительной деформации и температуры отжига;
  - в) зависимость числа рекристаллизованных зерен от предварительной деформации и температуры отжига;
  - г) зависимость отношения длины рекристаллизованного зерна к его ширине от температуры отжига;
  - д) зависимость размеров рекристаллизованных зерен от времени отжига.
16. Динамической рекристаллизацией называется рекристаллизация:

- а) в результате воздействия на металл ударной нагрузки;
  - б) приводящая к появлению двойников;
  - в) от действия остаточных напряжений;
  - г) протекающая после штамповки при остывании поковок;
  - д) протекающая одновременно с деформацией.
17. Текстурой называется:
- а) структура, видимая невооруженным глазом;
  - б) структура, видимая только под микроскопом;
  - в) следы течения неметаллических включений в металле;
  - г) полосчатая микроструктура, образующая при значительной монотонной холодной деформации;
  - д) полосчатая микроструктура, образующая при значительной горячей деформации.
18. Волокнистой структурой называется:
- а) структура, видимая невооруженным глазом;
  - б) структура, видимая только под микроскопом;
  - в) следы течения неметаллических включений в металле;
  - г) полосчатая микроструктура, образующая при значительной монотонной холодной деформации;
  - д) полосчатая микроструктура, образующая при значительной горячей деформации.
19. Истинная деформация при равномерном растяжении вычисляется по формуле ( $l_0$  -  $l_k$  - начальная и конечная длина образца):
- а)  $\varepsilon = l_k - l_0$ ;
  - б)  $\varepsilon = \frac{l_k - l_0}{l_0}$ ;
  - в)  $\varepsilon = \frac{l_k}{l_0}$ ;
  - г)  $\varepsilon = \ln \frac{l_k}{l_0}$ ;
  - д)  $\varepsilon = \ln \frac{l_k - l_0}{l_0}$ .
20. Кривые упрочнения строят в координатах:
- а) истинная деформация – истинное напряжение;
  - б) истинная деформация – условное напряжение;
  - в) абсолютная деформация – абсолютное напряжение;
  - г) относительная деформация – предел текучести;
  - д) условная деформация – истинное напряжение.
21. Потерей пластической устойчивости называется:
- а) продольный изгиб образца;
  - б) разрыв образца;

- в) начало образования шейки;  
 г) начало пластического течения;  
 д) появление первой трещины.
22. Шейка на образце при растяжении появляется в момент, когда ( $\sigma$  – напряжение,  $\varepsilon$  – деформация растяжения):
- а)  $\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = 0$ ;  
 б)  $\sigma = \sigma_{\max}$ ;  
 в)  $\varepsilon = \varepsilon_{\max}$ ;  
 г)  $\frac{d\sigma}{d\varepsilon} \rightarrow \infty$ ;  
 д)  $\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \sigma$ .
23. Областью критических деформаций называется область при деформировании которой:
- а) напряжения в заготовке достигают значений, приводящих к разрушению металла;  
 б) контактные напряжения достигают значений, приводящих к разрушению инструмента;  
 в) деформации достигают значений, приводящих к разрушению металла заготовки;  
 г) деформации достигают значений, приводящих к потере пластической устойчивости;  
 д) деформации достигают значений, приводящих к укрупнению зерна.
24. Даны компоненты тензора напряжений  $\sigma_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, 3$ ). Это означает, что:
- а) хотя бы одно из приведённых чисел достигает предела текучести;  
 б) ни одно из приведенных чисел не равно нулю;  
 в) сумма трёх нормальных компонент равна нулю;  
 г)  $\sigma_{ij} \neq \sigma_{ji}$ ;  
 д) компоненты  $\sigma_{ij}$  изменяются вполне определённым образом при преобразовании координат.
25. Условие парности касательных напряжений имеет вид:
- а)  $\sigma_{11}\sigma_{22} = \sigma_{22}\sigma_{33} = \sigma_{33}\sigma_{11}$ ;  
 б)  $\sigma_{12} = \sigma_{21}$ ;  $\sigma_{23} = \sigma_{32}$ ;  $\sigma_{31} = \sigma_{13}$ .  
 в)  $\sigma_{12}^2 = \sigma_{23}^2 = \sigma_{31}^2$ ;



- г)  $\sigma_{12}\sigma_{23} = \sigma_{23}\sigma_{31} = \sigma_{31}\sigma_{12}$ ;
- д)  $\sigma_{11}^2 + \sigma_{22}^2 + \sigma_{33}^2 = 1$ .
26. Условие постоянства объема:
- а)  $\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33} = 0$ ;
- б)  $\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33} = 1$ ;
- в)  $\varepsilon_{11}\varepsilon_{22}\varepsilon_{33} = 0$ ;
- г)  $\varepsilon_{11}\varepsilon_{22}\varepsilon_{33} = 1$ ;
- д)  $\varepsilon_{11}\varepsilon_{22} + \varepsilon_{22}\varepsilon_{33} + \varepsilon_{33}\varepsilon_{11} = 0$ .
27. Уравнения равновесия (без учета массовых сил  $\ell_i, \ell_j$  - направляющие косинусы):
- а)  $\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33} = 0$ ;
- б)  $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ ;
- в)  $\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} = 0$ ;
- г)  $\sigma_{ij}\ell_j = 0$ ;
- д)  $\sigma_{ij}\ell_i\ell_j$ .
28. Угол между максимальными касательными напряжениями и главными осями составляет:
- а)  $0^\circ$ ;
- б)  $30^\circ$ ;
- в)  $45^\circ$ ;
- г)  $60^\circ$ ;
- д)  $90^\circ$ .
29. Соотношения Коши устанавливают связь между:
- а) напряжениями в двух системах координатных осей;
- б) напряжениями и деформациями;
- в) напряжениями и скоростями деформаций;
- г) полем скоростей и полем скоростей деформаций;
- д) полем скоростей деформаций и полем деформаций.
30. Знак компоненты напряжения, действующей на координатной площадке, определяется:
- а) направлением силы, действующей на площадку;
- б) направлением перемещения площадки;
- в) направлением данной компоненты напряжения;

- г) произведением направления действия напряжения и перемещения;  
 д) произведением знаков направления и адреса.
31. Гидростатическим давлением называется:
- а) наибольшее нормальное напряжение;
  - б) разность между наибольшим и наименьшим нормальным напряжением;
  - в) первый инвариант напряженного состояния;
  - г) среднее нормальное напряжение, взятое с обратным знаком;
  - д) девиатор напряженного состояния.
32. Согласно теории течения:
- а) металла течет в направлении наименьшего сопротивления;
  - б) упругая деформация пренебрежимо мала по сравнению с пластической;
  - в) тензоры напряжений и деформаций подобны;
  - г) девиаторы напряжений и скоростей деформации подобны;
  - д) течение металла происходит в направлении действия наибольших напряжений.
33. Согласно гипотезе пластичности Сен-Венана ( $\sigma_i$  - интенсивность напряжений;  $\tau_{\max}$  - максимальное касательное напряжение):
- а)  $\sigma_i = \sigma_1$ ;
  - б)  $\sigma_i = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ ;
  - в)  $\sigma_i = \sigma_s$ ;
  - г)  $\tau_i = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ ;
  - д)  $\tau_{\max} = \tau_s$ .
34. Согласно гипотезе пластичности Мизеса ( $\sigma_i$  - интенсивность напряжений;  $\tau_{\max}$  - максимальное касательное напряжение):
- а)  $\sigma_i = \sigma_1$ ;
  - б)  $\sigma_i = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ ;
  - в)  $\sigma_i = \sigma_s$ ;
  - г)  $\tau_i = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ ;
  - д)  $\tau_{\max} = \tau_s$ .
35. Гипотеза единой кривой заключается в том, что:

- а) кривая упрочнения, построенная в координатах «накопленная деформация – интенсивность напряжений», не зависит от вида напряженно-деформированного состояния;
- б) положение точки в пространстве деформаций, характеризующей деформированное состояние, не зависит от вида кривой, пройденной точкой;
- в) положение точки в пространстве деформаций не зависит от длины отрезка, соединяющего точку с началом координат;
- г) диаграмма пластичности – одна и та же для любого металла.
- д) путь, пройденный точкой в пространстве деформаций – один и тот же для любого металла.
36. Мощность, развиваемая при пластической деформации в условиях неоднородного напряженно-деформированного состояния может быть найдена по формуле ( $V$  – объем очага деформации):
- а)  $N = PU$  ( $P$  и  $U$  – сила и скорость деформирования);
- б)  $N = \sigma_{\max} U_{\max}$ ;
- в)  $N = \sigma_i \varepsilon_i$ ;
- г)  $N = \iiint_V \sigma_i \varepsilon_i dV$ ;
- д)  $N = \iiint_V \sigma_i \dot{\varepsilon}_i dV$ ;
37. Кинематически допустимым полем скоростей называется поле, удовлетворяющее:
- а) уравнениям равновесия;
- б) соотношениям Коши;
- в) условию постоянства объема и граничным условиям;
- г) условию пластичности Сен-Венана;
- д) условию пластичности Мизеса.
38. Действительным полем скоростей называется такое кинематически допустимое поле, которое удовлетворяет:
- а) соотношениям Коши;
- б) соотношениям теории течения;
- в) условию минимума полной мощности деформации;
- г) условию пластичности Сен-Венана;
- д) условию пластичности Мизеса.
39. При использовании «инженерного» метода условие пластичности записывается приближенно, т.е.:
- а) условие, записанное в главных осях, распространяется на произвольные оси;
- б) вместо условия Мизеса записывается условие Сен-Венана;
- в) не учитывается упрочнение металла;

- г) условие пластичности записывается только для плоской задачи;  
 д) осесимметричная задача сводится к плоской.
40. Варьируемыми параметрами называются:  
 а) сила, работа и мощность деформации;  
 б) коэффициенты контактного и внутреннего трения;  
 в) коэффициенты полиполя при решении вариационной задачи методом Ритца;  
 г) температурные и скоростные условия деформации;  
 д) геометрические параметры поковки.
41. Накопленной деформацией называется:  
 а) деформация к концу процесса;  
 б) деформация к моменту разрушения;  
 в) интеграл по времени от интенсивности скоростей деформации;  
 г) максимальная главная деформация;  
 д) разность между максимальной и минимальной линейными деформациями.
42. Шаровой тензор деформаций равен:  
 а)  $\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}{2}$ ;  
 б) нулю;  
 в)  $\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{2}$ ;  
 г) девиатору деформаций;  
 д) тензору деформаций.
43. Контактные касательные напряжения  $\tau_k$  по Кулону-Амонтону ( $\sigma_n$  - нормальное напряжение;  $\sigma_{cp}$  - среднее нормальное напряжение;  $\sigma_u$  - интенсивность напряжений):  
 а)  $\tau_k = \mu \sigma_n$ ;  
 б)  $\tau_k = \mu \sigma_{cp}$ ;  
 в)  $\tau_k = \mu \sigma_1$ ;  
 г)  $\tau_k = \mu \sigma_i$ ;  
 д)  $\tau_k = \mu \sigma_s$ ;
44. Контактные касательные напряжения по Прандтлю:  
 а)  $\tau_k = \mu \sigma_n$ ;  
 б)  $\tau_k = \mu \sigma_{cp}$ ;  
 в)  $\tau_k = \mu \sigma_1$ ;  
 г)  $\tau_k = \mu \sigma_{II}$ ;

- д)  $\tau_k = \mu\sigma_s$ ;
45. При решении задачи об осадке цилиндрической заготовки с учетом контактного трения инженерным методом исходными уравнениями являются:
- соотношения Коши и условие пластичности;
  - уравнения равновесия и условие пластичности;
  - соотношения Леви-Мизеса и условие пластичности;
  - уравнения Бюргерса и условие пластичности;
  - аппроксимация кривой упрочнения и условие пластичности.
46. При анализе процесса осадки методом баланса мощности исходными данными являются:
- соотношения Коши и условие пластичности;
  - кинематическое допустимое поле скоростей;
  - уравнения равновесия и условие пластичности;
  - соотношения Леви-Мизеса и условие пластичности;
  - закон Кулона-Амонтона и условие пластичности.
47. На нейтральном слое при гибке между радиальными напряжениями в зоне растяжения  $\sigma_{\rho 1}$  и в зоне сжатия  $\sigma_{\rho 2}$  существует следующее соотношение:
- $\sigma_{\rho 1} = \sigma_{\rho 2} = 0$ ;
  - $\sigma_{\rho 1} = \sigma_{\rho 2} = \sigma_{\rho \max}$ ;
  - $\sigma_{\rho 1} = \sigma_{\rho 2} = \sigma_s$ ;
  - $\sigma_{\rho 1} - \sigma_{\rho 2} = \sigma_s$ ;
  - $\sqrt{\sigma_{\rho 1}\sigma_{\rho 2}} = \sigma_s$
48. Во фланце листовой заготовки при вытяжке между радиальными  $\sigma_\rho$  и тангенциальными  $\sigma_\varphi$  напряжениями существуют следующие соотношения:
- $\sigma_\rho = \sigma_\varphi = 0$ ;
  - $\sigma_\rho = \sigma_\varphi = \sigma_s$ ;
  - $\sigma_\rho - \sigma_\varphi = \sigma_s$ ;
  - $\sigma_\varphi - \sigma_\rho = \sigma_s$ ;
  - $\sqrt{\sigma_\rho\sigma_\varphi} = \sigma_s$ .
49. При анализе процесса выдавливания цилиндрического стержня через коническую матрицу методом баланса мощности целесообразно применить координаты:
- декартовы;
  - цилиндрические;

- в) конические;
  - г) сферические;
  - д) торондальные;
50. Неполная горячая деформация характеризуется следующими процессами:
- а) отдых протекает, возврат – нет;
  - б) возврат протекает, отдых – нет;
  - в) возврат протекает, рекристаллизация – нет;
  - г) возврат протекает, рекристаллизация – частично;
  - д) рекристаллизация протекает, возврат – частично.
51. Пластичностью называется:
- а) способность металла течь под нагрузкой;
  - б) пластическая деформация при интенсивности напряжений меньше предела текучести;
  - в) конечная деформация к моменту начала разрушения;
  - г) накопленная деформация к моменту начала разрушения;
  - д) накопленная деформация к концу процесса разрушения.
52. Годографом называется:
- а) план скоростей;
  - б) поле скоростей;
  - в) прибор для регистрации хода;
  - г) схематическое изображение очага деформации;
  - д) силовой многоугольник.
53. Коэффициентом напряженного состояния называется:
- а) корень кубичный из третьего инварианта;
  - б) отношение максимального касательного напряжения к интенсивности напряжений;
  - в) отношение максимального нормального напряжения к интенсивности напряжений;
  - г) отношение второго инварианта к интенсивности напряжений;
  - д) отношение среднего нормального напряжения к интенсивности напряжений.
54. Диаграммой пластичности называется:
- а) зависимость пластичности от накопленной деформации;
  - б) зависимость пластичности от показателя напряженного состояния;
  - в) зависимость пластичности от сопротивления деформации;
  - г) зависимость размера зерна от накопленной деформации;
  - д) зависимость сопротивления деформации от размера зерна.
55. Степенью использования запаса пластичности по Колмогорову называется:
- а) отношение среднего нормального напряжения к интенсивности деформаций;
  - б) отношение накопленной деформации к конечной деформации;

- в) интеграл по накопленной деформации от отношения приращения деформации к ординате на диаграмме пластичности при текущем значении показателя напряженного состояния;
- г) интеграл по времени от скорости деформации;
- д) интеграл по накопленной деформации от показателя напряженного состояния.
56. При холодной деформации пластичность зависит от показателя напряженного состояния и:
- а) модуля упрочнения;
- б) модуля упругости;
- в) интенсивности напряжений;
- г) показателя Лодэ-Надан;
- д) показателя Леви-Мизаса.
57. При горячей деформации пластичность не зависит от:
- а) температуры;
- б) скорости деформации;
- в) шарового тензора деформации;
- г) структуры;
- д) пути нагружения.
58. При холодной деформации пластичность не зависит от:
- а) показателя напряженного состояния;
- б) скорости деформации;
- в) показателя Лодэ-Надан;
- г) структуры металла;
- д) марки материала.
59. Эффектом Баушингера называется:
- а) снижение напряжения течения при перемене знака деформации;
- б) упрочнение при повторном нагружении;
- в) уменьшение пластичности при повторном нагружении;
- г) увеличение напряжения при перемене знака деформации;
- д) разогрев металла при пластической деформации.
60. При простом нагружении тепловой эффект деформации определяют по формуле (  $c$  – удельная теплоемкость;  $\gamma$  - плотность).

а) 
$$\Delta T = \frac{\tau_{\max} \varepsilon_i c}{\gamma} ;$$

б) 
$$\Delta T = \frac{\sigma_i \varepsilon_i}{c \gamma} ;$$

в) 
$$\Delta T = \sigma_i \varepsilon_i c \gamma ;$$

г) 
$$\Delta T = \frac{\sigma_i \varepsilon_i \tau_{\max} \gamma}{c} ;$$

$$д) \Delta T = \frac{\sigma_i \sqrt{\epsilon_i} c}{\gamma} .$$

**ОТВЕТЫ**  
**НА ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**«ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ»**

№ ВОПРОСА	№ ОТВЕТА	№ ВОПРОСА	№ ОТВЕТА
1	А	31	Г
2	Д	32	Г
3	Г	33	Д
4	Б	34	В
5	А	35	А
6	В	36	Д
7	Г	37	В
8	Д	38	В
9	А	39	А
10	Б	40	В
11	В	41	В
12	А	42	Б
13	Б	43	А
14	В	44	Д
15	Б	45	Б
16	Д	46	Б
17	Г	47	Б
18	В	48	В
19	Г	49	Г
20	Д	50	Г
21	В	51	Г
22	Д	52	А
23	Д	53	Д
24	Д	54	Б
25	Б	55	В



26	А	56	Г
27	В	57	В
28	В	58	Б
29	Г	59	А
30	Д	60	Б

**Структура и содержание дисциплины «Прикладная теория пластичности» по направлению подготовки  
15.04.01 «Машиностроение»**

**Профили подготовки**

**«Цифровые технологии аддитивном производстве и обработке давлением»**

**Форма обучения очная  
Магистр**

№№ п/п	Раздел	Семестр	Неделя Семестра	Виды уч. работы					Виды сам. работы					форма атт.			
				л	п/с	лаб.	срс	ксп	м.н.р.	к.п.	ргр	реф.	к/р				
1.	Краткие сведения о напряжении и деформации. Тензор напряжений. Инварианты напряженного состояния. Тензор деформаций и скоростей деформации. Связь скоростей деформации с полем скоростей. Накопленная деформация. Связь напряжений и скоростей деформации.	2	1-3	3	3		4						+			э	з
2.	Напряженно текучести при холодной деформации. Физическая картина упрочнения. Кривые упрочнения. Методы построения кривых упрочнения. Условие пластичности и гипотеза единой кривой. Эффект Баушингера. Сопротивление деформации при сложных траекториях нагружения	2	4-6	3	3		4						+				

3.	<p>Напряжение текучести при горячей деформации.          Физическая природа упрочнения – разупрочнения. Представление напряжения текучести в виде функции и функционала. Напряжение текучести при изотермической и неізотермической деформации и деформации, сопровождаемой изменением структуры.          Сверхпластичность.</p>	2	7-9	3	3	3	8		+		
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	-----	---	---	---	---	--	---	--	--

4.	<p>Пластичность при холодной деформации. Физическая картина деформации и разрушения. Основные обозначения, термыны и определения. Разрушение конструкций. Пластичность при постоянном показателе напряженного состояния. Диаграммы пластичности и методы их построения. Поверхность пластичности. Пластичность при переменном показателе напряженного состояния. Деформационные критерии разрушения. Комбинированный критерий разрушения. Энергетические критерии разрушения. Критерии разрушения, основанные на вычислении пористости. Разрушение при сложном нагружении. Влияние на пластичность неоднородности деформации и показателя напряженного состояния. Деформация в области показателей напряженного состояния, соответствующей неограниченной пластичности.</p>	2	10-12	3	3	8						+				37
----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	-------	---	---	---	--	--	--	--	--	---	--	--	--	----

