


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 03.10.2023 12:04:43  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета машиностроения

  
\_\_\_\_\_/Е. В. Сафонов /  
“ 16 ” февраль 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Направления подготовки:  
15.04.01 «Машиностроение»

Профиль подготовки  
**Цифровые технологии аддитивного и заготовительного производства**

Квалификация выпускника  
**магистр**  
(прием 2023)

Форма обучения  
**Очная**

Москва, 2023

**Разработчик:**

к.т.н., профессор кафедры ОМДиАТ



/С.А. Типалин/

**Согласовано:**

Заведующий кафедрой ОМДиАТ.

к.т.н., доцент



/ Д.А. Гневашев/

## Содержание

1.	Цели освоения государственной итоговой аттестации .....	4
2.	Место ГИА в структуре образовательной программы .....	13
3.	Характеристика госэкзамена .....	14
3.1.	Структура и содержание тем государственного экзамена. ....	14
4.	Учебно-методическое и информационное обеспечение .....	18
5.	Материально-техническое обеспечение.....	20
6.	Фонд оценочных средств .....	21

## **1. Цели освоения государственной итоговой аттестации**

Целью государственной итоговой аттестации является установление уровня подготовки выпускника к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.04.01 «Машиностроение», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 14.08.2020 № 1025 и основной образовательной программы высшего профессионального образования ООП ВО, разработанной в Московском политехническом университете.

Задачи магистерской работы:

- систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний по направлению 15.04.01 «Машиностроение» и приобретение навыков практического применения этих знаний при решении конкретных профессиональных задач;
- развитие умений студентов работать с литературой, находить необходимые источники информации, анализировать и систематизировать результаты информационного поиска;
- развитие навыков проведения самостоятельной работы, овладение методиками теоретических, экспериментальных и научно-практических исследований;
- приобретение опыта систематизации результатов исследований, анализа и оптимизации проектных решений, формулировки выводов и рекомендаций по выполненной работе и её публичной защиты.

Государственная итоговая аттестация проводится в 4 семестре.

Итоговая государственная аттестация включает государственный экзамен по курсу специальных дисциплин и защиту выпускной квалификационной работы

- государственный экзамен – 3 з.е.;
- выпускная квалификационная работа (далее ВКР) – 6 з.е.

Целью государственной итоговой аттестации является установление уровня подготовки выпускника к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.04.01 «Машиностроение», утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 14 августа 2020 г. № 1025 и основной образовательной программы высшего профессионального образования ООП ВО, разработанной в Московском политехническом университете.

Задачи подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена:

- систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний по направлению 15.04.01 «Машиностроение» и приобретение навыков практического применения этих знаний при решении конкретных профессиональных задач;
- развитие умений студентов работать с литературой, находить необходимые источники информации, анализировать и систематизировать результаты информационного поиска;

В результате освоения программы магистратуры у выпускника должны быть сформированы универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Код и содержание индикатора достижения компетенции
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	ИУК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, осуществляет её декомпозицию и определяет связи между ее составляющими. ИУК-1.2. Определяет противоречивость и пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, а также критически оценивает релевантность используемых информационных источников. ИУК-1.3. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов с учетом оценки существующих рисков и возможностей их минимизации.
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	ИУК-2.1. Разрабатывает концепцию управления проектом на всех этапах его жизненного цикла в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель и пути достижения, задачи и способы их решения, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения. ИУК-2.2. Разрабатывает план реализации проекта в соответствии с существующими условиями, необходимыми ресурсами, возможными рисками и распределением зон ответственности участников проекта. ИУК-2.3. Осуществляет мониторинг реализации проекта на всех этапах его жизненного цикла, вносит необходимые изменения в план реализации проекта с учетом количественных и качественных параметров достигнутых промежуточных результатов.
Командная работа и лидерство	УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды,	ИУК-3.1. Демонстрирует управленческую компетентность, необходимую для формирования команды и руководства ее работой на основе разработанной

	вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	<p>стратегии сотрудничества.</p> <p>ИУК-3.2. Планирует, организует, мотивирует, оценивает и корректирует совместную деятельность по достижению поставленной цели с учетом интересов, особенностей поведения и мнений ее членов.</p> <p>ИУК-3.3. Применяет способы, методы и стратегии оптимизации социально-психологического климата в коллективе, предупреждения и разрешения конфликтов, технологии обучения и развития профессиональной и коммуникативной компетентности членов команды.</p>
Коммуникация	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	<p>ИУК-4.1. Устанавливает и развивает профессиональные контакты, осуществляет академическое и профессиональное взаимодействие с применением современных коммуникативных технологий, в том числе на иностранном языке.</p> <p>ИУК-4.2. Составляет и редактирует документацию с целью обеспечения академического и профессионального взаимодействия, в том числе на иностранном языке.</p> <p>ИУК-4.3. Демонстрирует коммуникативную компетентность в условиях научно-исследовательской и проектной деятельности и презентации ее результатов на различных публичных мероприятиях, включая международные, в том числе на иностранном языке.</p>
Межкультурное взаимодействие	УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	<p>ИУК-5.1. Анализирует важнейшие идеологические и ценностные системы, сформировавшиеся в ходе исторического развития, и обосновывает актуальность их использования при социальном и профессиональном взаимодействии.</p> <p>ИУК-5.2. Выстраивает социальное и профессиональное взаимодействие с учетом общих и специфических черт различных культур и религий, особенностей основных форм научного и</p>

		религиозного сознания, деловой и общей культуры представителей других наций и конфессий, различных социальных групп. ИУК-5.3. Обеспечивает создание недискриминационной среды взаимодействия при выполнении профессиональных задач, демонстрируя понимание особенностей различных культур и наций.
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)	УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	ИУК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания. ИУК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям. ИУК-6.3. Выстраивает собственную профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда.

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

№ п/п	Код и наименование компетенции	Код и содержание индикатора достижения компетенции
1.	ОПК-1. Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследования	ИОПК-1.1. Формулирует цели и задачи исследования в области машиностроения ИОПК-1.2. Устанавливает приоритеты при решении задач в области изготовления продукции, технологий в машиностроении ИОПК-1.3. Оценивает результаты исследования в области машиностроения в соответствии с заданными критериями
2.	ОПК-2. Способен осуществлять экспертизу технической документации при реализации технологического процесса	ИОПК-2.1. Проводит экспертизу технической документации при реализации технологического процесса в области машиностроения ИОПК-2.2. Проводить работы по стандартизации и сертификации

		продукции, технологий в машиностроении
3.	ОПК-3. Способен организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий и их элементов, разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов	ИОПК-3.1. Организует работу коллективов исполнителей и принимает решения с учетом спектра мнений ИОПК-3.2. Определяет порядок выполнения работ, организовывает работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий и их элементов ИОПК-3.3. Разрабатывает проекты стандартов и сертификатов ИОПК-3.4. Адаптирует современные версии систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
4.	ОПК-4. Способен разрабатывать методические и нормативные документы при реализации разработанных проектов и программ, направленных на создание узлов и деталей машин	ИОПК-4.1. Разрабатывает методические документы при реализации разработанных проектов и программ, направленных на создание узлов и деталей машин ИОПК-4.2. Разрабатывает нормативные документы при реализации разработанных проектов и программ, направленных на создание узлов и деталей машин
5.	ОПК-5. Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	ИОПК-5.1. Разрабатывает аналитические и численные методы для решения профессиональных задач ИОПК-5.2. Создает математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
6.	ОПК-6. Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности	ИОПК-6.1. Применяет современные информационно-коммуникационные технологии в научно-исследовательской деятельности ИОПК-6.2. Выполняет исследования в машиностроении с применением глобальных информационных ресурсов
7.	ОПК-7. Способен проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и	ИОПК-7.1. Проводит маркетинговые исследования перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения



	конкурентоспособных изделий в области машиностроения	ИОПК-7.2. Разрабатывает бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
8.	ОПК-8. Способен подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения	ИОПК-8.1. Рецензирует проекты стандартов в области машиностроения, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
9.	ОПК-9. Способен подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения	ИОПК-9.1. Формирует научно-технические отчеты, обзоры по результатам выполненных исследований в области машиностроения ИОПК-9.2. Подготавливает публикации по результатам проведенных исследований в области машиностроения
10.	ОПК-10. Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	ИОПК-10.1. Разрабатывает методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств используемых материалов и готовых изделий в машиностроении ИОПК-10.2. Разрабатывает методы стандартных испытаний по определению технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
11.	ОПК-11. Способен организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения	ИОПК-11.1. Разрабатывает образовательные программы в области машиностроения ИОПК-11.2. Осуществляет подготовку по образовательным программам в области машиностроения
12.	ОПК-12. Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии	ИОПК-12.1. Разрабатывает и применяет алгоритмы и цифровые системы для проектирования деталей и узлов машин и оборудования ИОПК-12.2. Применяет системы автоматизированного проектирования для решения профессиональных задач

В рамках проведения обучения и контроля знаний на государственном экзамене проверятся степень освоения выпускником следующих профессиональных компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
<p><b>ПК-1.</b> 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>
<p><b>ПК-2.</b> Разработка методик проведения испытаний и исследований изделий, изготовленных методами аддитивных технологий</p>	<p>ИПК 2.1. Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Технические требования, предъявляемые к изделиям аддитивных производств</li> <li>• Методики испытаний и исследований изделий аддитивных производств,</li> </ul>

	<p>применяемые в организации</p> <p>ИПК 2.2. Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Определять требования к условиям проведения испытаний и исследований изделий аддитивных производств</li> <li>• Использовать возможности программного обеспечения для выполнения статистических расчетов и оформления документации по результатам испытаний и исследований</li> </ul> <p>ИПК 2.3. Владеет</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбором последовательности и условий проведения испытаний и исследований изделий аддитивных производств</li> <li>• Разработкой алгоритма обработки результатов испытаний и исследований, принятия решения о годности изделия аддитивных производств с использованием прикладных программ</li> </ul>
<p><b>ПК-3.</b> Разработка новых технологических процессов получения сложных отливок в литейном цехе</p>	<p>ИПК3.1 Знает</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Виды литья, их преимущества и недостатки</li> <li>• Методики анализа технологичности детали</li> <li>• Процессы затвердевания и охлаждения отливки и их математические модели</li> <li>• Прикладные компьютерные программы для моделирование литейных процессов: наименования, возможности и порядок работы в них</li> <li>• Особенности тепловых процессов, происходящих при контакте расплава с формой</li> <li>• Математические модели процессов затвердевания и охлаждения отливок</li> <li>• Параметры технологических процессов получения отливок специальными видами литья и их особенности</li> <li>• Преимущества и недостатки различных способов изготовления форм и стержней</li> <li>• Способы сборки форм, их преимущества и недостатки</li> <li>• САД-системы: классы, наименования, возможности и порядок работы в них</li> <li>• Единую систему технологической документации</li> </ul> <p>ИПК3.2. Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выявлять особенности технологических</li> </ul>

	<p>процессов изготовления отливок, осуществляемых в литейном цехе</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбирать оптимальный способ изготовления отливки</li> <li>• Оценивать технологичность</li> <li>• Выбирать варианты формирования внешних и внутренних поверхностей сложной отливки</li> <li>• Рассчитывать технологические режимы процесса литья для сложной отливки с использованием прикладных компьютерных программ для вычислений</li> <li>• Использовать пакеты прикладных программ для моделирования процесса заполнения литейной формы и затвердевания сложной отливки</li> <li>• Анализировать результаты моделирования и выбирать оптимальные варианты конструкций литниковых систем</li> <li>• Разрабатывать чертежи элементов литейной формы и отливки с использованием САД-систем</li> <li>• Определять технологические возможности оборудования для изготовления форм, разрабатывать технологию изготовления формы с учетом особенностей действующего и нового оборудования</li> <li>• Определять технологические возможности оборудования для изготовления стержней, разрабатывать технологию изготовления стержней для сложной отливки с учетом особенностей действующего и нового оборудования</li> <li>• Выявлять технологические возможности оборудования для сборки форм, разрабатывать технологию сборки форм для сложной отливки с учетом особенностей действующего и нового оборудования</li> <li>• Разрабатывать технологическую документацию</li> </ul> <p>ИПК3.3. Владеет</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Анализом технологических возможностей действующего производства, выбором способа изготовления сложной отливки</li> <li>• Отработкой на технологичность конструкции сложной отливки</li> </ul>
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Моделированием процесса заполнения литейной формы и затвердевания для сложной отливки в пакетах прикладных программ</li> <li>• Расчетом технологических режимов процесса литья для сложной отливки</li> <li>• Корректированием конструкции литниковой системы, положения сложной отливки в форме, вариантов формирования внешних и внутренних поверхностей сложной отливки с учетом результатов моделирования</li> <li>• Анализом способов изготовления стержней для сложной отливки, выбор оптимального варианта</li> <li>• Разработкой технологии сборки форм для сложной отливки с учетом особенностей действующего и нового оборудования</li> <li>• Разработкой технологической документации на процесс изготовления сложной отливки</li> </ul>
--	--

## **2. Место ГИА в структуре образовательной программы**

Итоговая государственная аттестация направлена на установление соответствия уровня профессиональной подготовки выпускников требованиям федерального государственного образовательного стандарта. Государственная итоговая аттестация проводится на заседаниях Государственной аттестационной комиссии. Председатель комиссии утверждается министерством образования и науки Российской Федерации из числа докторов наук, профессоров соответствующего профиля, не работающих в Мосполитехе. Комиссия формируется из профессорско–преподавательского состава Мосполитеха, а также представителей работодателей региона и ведущих преподавателей других высших учебных заведений. Состав комиссии утверждается ректором Мосполитеха.

*В обязательной части цикла:*

- Методы, алгоритмы и средства исследования для решения изобретательских задач;
- Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении;
- Аддитивные технологии в новых производствах;
- Решение исследовательских задач в заготовительном производстве;
- Современные процессы литья черных и цветных сплавов.

*В части, формируемой участниками образовательных отношений*

- Прикладная теория пластичности;
- Компьютерное моделирование литейных процессов;
  - Практикум по бионическому дизайну изделий в заготовительном производстве;
  - Практикум по 3D-сканированию и обратный инжиниринг в заготовительном и аддитивном производстве

- Оборудование литейных цехов

*В разделе Элективные дисциплины:*

- Цифровое моделирование процессов листовой и объемной штамповки;
  - Исследование и оптимизация процессов объемной штамповки и прокатки в САЕ-системах;
  - Применение цифровых технологий для изготовления литейных форм и моделей;
  - Цифровые технологии в литейном производстве;
  - Исследование и оптимизация процессов аддитивного производства;
  - Исследование и оптимизация испытаний материалов с применением цифрового моделирования.

### **3. Характеристика госэкзамена**

**Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена**, предусмотрена ОПОП, проводится у обучающихся магистратуры в конце обучения на 2 курсе очной формы обучения (4 семестр).

Итоговая государственная аттестация включает государственный экзамен по курсу специальных дисциплин и защиту выпускной квалификационной работы

- государственный экзамен – 3 з.е.;
- выпускная квалификационная работа (далее ВКР) – 6 з.е.

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена проводится является обязательной при подготовке обучающихся.

#### **3.1. Структура и содержание тем государственного экзамена.**

Содержание разделов изучаемых на дисциплинах и проверяемых на государственном экзамене.

*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. Соппротивление 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 неизотермической 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 неизотермической деформации. Примеры расчета предельной пластичности.

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

*Аддитивные технологии* (как процесс быстрого прототипирования) изготовления инструмента для пресс-форм и штамповочной оснастки. Методики изготовления элементов штамповой оснастки с применением аддитивных технологий (FDM, SLM, EBM, DMLS). Применение принципов бионического дизайна, обратного инжиниринга в конструкции штампов.

*Типовые конструкции штампов для различных видов кузнечно-штамповочного оборудования.* Требования, предъявляемые к штампам (ГОСТы). В разделе представлены ГОСТы которые необходимо учитывать при проектировании пресс-форм и штампов:

*Стойкость штампов; факторы, влияющие на стойкость.* Сравнительная стойкость штампов для различных поковок и различного вида оборудования.

*Физико-химические и механические свойства сталей и сплавов, сплавов, композиционных материалов полимеров применяемых в аддитивных процессах.* Традиционные способы получения исходных заготовок штампов и технологии изготовления штампов. Взаимозаменяемость элементов штампов и прессовой оснастки полученных аддитивными технологиями.

*Моделирование и конструирование инструмента (пресс-форм) различного назначения с использованием изученных компьютерных программ, под изготовление технологиями Аддитивного производства.*

Применение технологий Аддитивного производства для изготовления конечный изделий/продукта. Прямое цифровое производство в сфере обработки материалов давлением.

*Структура и функциональные возможности системы ProCAST*

Обзор системы ProCAST. Формирование исходных данных. Расчет и анализ результатов. Модели макро- и микропористости СКМ «Полигон». Моделирование радиационного теплообмена. Визуализация и анализ результатов моделирования. Критериальный анализ.

*Техника моделирования в системе ProCAST.*

Генератор сетки. Техника построения 3D-модели керамической оболочки. Моделирование кристаллизации сложной фасонной отливки в условиях радиационного теплообмена. Моделирование процесса заполнения формы. Моделирование специальных видов литья.

*Выявление дефектов и анализ качества отливки.*

Функциональные возможности модуля ViewCast. Оценка микро- и макроструктуры. Модель роста зерен, реализованная в модуле SAFÉ. Критерий Ниямы для пористости. Модель газовой пористости.

*Подготовка исходных данных по свойствам сплавов*

Теплофизические свойства сплавов. Термодинамические базы данных. Равновесная и неравновесная модели кристаллизации. Правило рычага. Уравнение Шайла. Выбор модели кристаллизации.

*Основные виды трехмерного моделирования: поверхностное, низкополигональное, высокополигональное и примеры программных продуктов.* Программные продукты по подготовке геометрии изделия для 3д принтера и станка ЧПУ. Численное моделирование 3д печати и мехобработке.

*Цифровые технологии в опытном литейном производстве.*

Обратное проектирование отливок. Сканирование. Способы сканирования. Сканеры. Программное обеспечение постобработки результатов.

Применение резиноподобных материалов в технологии изготовления отливок.

*Станки с ЧПУ. Основные типы станков.*

Трех координатные (трех осевые) фрезерно-гравировальные станки с ЧПУ портального типа, фрезерные вертикально-консольного, широкоуниверсальные четырех координатные. Принцип написания управляющих программ в различных САМ модулях.

*Подготовка производства литейной оснастки на станках с числовым программным управлением.*

Подготовка производства литейной оснастки на 3Д принтерах. Технологичность модельно-опочной оснастки. Использование и обслуживание модельно опочной оснастки для литейного производства.

### 3.2. Перечень основных учебных дисциплин, вопросы из которых, выносятся для проверки на государственном экзамене:

Прикладная теория пластичности

Быстрое прототипирование, изготовление пресс-форм и штампов

Исследование и оптимизация процессов аддитивного производства/Исследование и оптимизация испытаний материалов с применением цифрового моделирования

Компьютерное моделирование литейных процессов

Применение цифровых технологий для изготовления литейных форм и моделей/Цифровые технологии в литейном производстве

Оснастка для литейного производства

Оборудование литейных цехов

### 3.3. Критерии выставления оценок на государственном экзамене

Результаты сдачи государственного экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».



При определении оценки знаний и умений, выявленных при сдаче государственного экзамена, принимаются во внимание уровень теоретической, научной и практической подготовки выпускника.

При выставлении оценки применяются следующие критерии:

оценка «отлично» выставляется тому, кто глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении задания, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятие решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач;

оценка «хорошо» выставляется тому, кто твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения;

оценка «удовлетворительно» выставляется тому, кто имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточные правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения в выполнении практических работ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется тому, кто не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

#### 3.4. Порядок проведения государственного экзамена

К сдаче государственного экзамена допускаются выпускники, выполнившие требования учебного плана и программ. Сдача государственного экзамена проводится на открытом заседании Государственной экзаменационной комиссии с участием не менее половины состава комиссии.

Государственный экзамен проводится следующим образом:

1) дата и время начала экзамена устанавливаются распоряжением заведующего выпускающей кафедрой и информация об этом заблаговременно доводится до сведения выпускников;

2) магистрант получает экзаменационный билет и готовит ответ в письменной форме. Магистрант сдает экзамен членам Государственной экзаменационной комиссии устно с представлением письменного ответа;

3) время, отводимое для подготовки ответа на полученный билет ограничивается двумя часами;

4) результаты сдачи государственного экзамена объявляются в тот же день после оформления в установленном порядке протокола заседания Государственной экзаменационной комиссии;

5) выпускник получивший оценку «неудовлетворительно», допускается в период работы Государственной экзаменационной комиссии к повторной сдаче государственного экзамена, но не более одного раза;

6) выпускнику, не сдавшему государственный экзамен по уважительной причине (документально подтвержденной), ректором университета может быть

продолгован срок обучения до следующего периода работы Государственной экзаменационной комиссии, но не более одного года.

#### 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

##### 4.1. Нормативные документы и ГОСТы

нет

##### 4.2 Основная литература

1. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х томах/ Т. 1 – 4. – М.: Машиностроение, 2010.
2. Семенов Е. И. и др. Технология и оборудованиековки и горячей штамповки. – М.: Машиностроение, 1999.
3. Калпин Ю.Г., Крутина Е.В., Исаева Е.А. Теория обработки металлов давлением: Учебное пособие. – М.: Университет машиностроения [электронный ресурс], 2014.
4. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977
5. Прикладная теория пластичности. [Электронный ресурс] :моногр. — Электрон.дан. — М. :Физматлит, 2015. — 284 с. — Режим доступа:<http://e.lanbook.com/book/71993> — Загл. с экрана.
6. Шпунькин Н. Ф. Технология кузовостроения. Учебное пособие. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007.
7. Петров А.Н., Перфилов В.И., Петров П.А., Петров М.А., Практическое применение винтовых прессов и гидравлических молотов в процессах горячей штамповки. Учебное пособие, Университет машиностроения, Москва, 2014
8. Степанов Б.А. Специализированное кузнечно-прессовое оборудование - М.: МГИУ. 2005г
9. Свистунов В.Е., Кузнечно-штамповочное оборудование. Кривошипные прессы, Издательство «МГИУ», Москва, 2008.
10. Холодная объемная штамповка: учеб.пособие для вузов./ Плотников А.Н., Семенов Е.И. М.:МГИУ, 2014. Гриф УМО
11. Штампы для листовой штамповки: штампы простого действия: учеб.для вузов./ Демин В.А., Плотников А.Н., Субич В.Н. и др.; под ред. В.А. Демина. – М.: МГИУ, 2010. Гриф УМО
12. Петров М.А., Шейпак А.А., Петров П.А., Мехатронные системы в машиностроении и их моделирование, Университет машиностроения, Москва, [электронный ресурс] 2015.
13. *Монастырский В.П., Монастырский А.В.* Компьютерное моделирование литейных процессов с применением систем «Полигон» и «ProCAST». Издательство ФГУ МПП «Салют», 2011, 192 с.
14. Кравченко, Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. — Комсомольск-на-Амуре : КНАГУ, 2018. — 140 с. — ISBN 978-5-7765-1350-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151709>
15. Трофимов, А. В. Компьютерные технологии в машиностроении. Аддитивные технологии : учебное пособие / А. В. Трофимов. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2019. — 72 с. — ISBN 978-5-9239-1114-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/120060>

##### 4.3 Дополнительная литература:

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебник для ВПО/ под редакцией Арзамасова В.Б., Черепахина А.А./ Арзамасов В.Б., Черепахин А.А., Кузнецов В.А., Шлыкова А.В. и др., М., издательство Академия, 2010 г., 447 с.
2. Калпин Ю.Г., Крутина Е.В., Исаева Е.А. Теория обработки металлов давлением: Учебное пособие. – М.: Университет машиностроения [электронный ресурс], 2014.
3. Преображенская, Е. В. Технологии, материалы и оборудование аддитивных производств : учебное пособие / Е. В. Преображенская, Т. Н. Боровик, Н. С. Баранова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021 — Часть 1 — 2021. — 173 с. — ISBN 978-5-7339-1397-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/182474>

### 3.4. Электронные образовательные ресурсы

нет

#### Программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (<http://lib.mami.ru/ebooks/>).

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

#### 4.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Нет

#### 4.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Перечень ресурсов сети Интернет, доступных для освоения дисциплины:

	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
<b>Информационно-справочные системы</b>			
	StackOverflow	<a href="https://stackoverflow.com/">https://stackoverflow.com/</a>	Доступна в сети Интернет без ограничений
	Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>	Доступно
	БД полных текстов национальных стандартов (ГОСТ, СНИП, РД, РДС и др.) «Техэксперт»	<a href="http://www.kodeks.ru">http://www.kodeks.ru</a>	Доступно
<b>Электронно-библиотечные системы</b>			
	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	Доступна в сети Интернет без ограничений

	ЭБС «ЛАНЬ». Коллекция «Инженерно-технические науки»	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	Доступна в сети Интернет без ограничений
	IPR Books	<a href="https://www.iprbookshop.ru/">https://www.iprbookshop.ru/</a>	Доступна в сети Интернет без ограничений
	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»	<a href="http://www.biblioclub.ru">www.biblioclub.ru</a>	Доступна в сети Интернет без ограничений
	ЭБС «ZNANIUM.COM»	<a href="http://www.znanium.com">www.znanium.com</a>	Доступна в сети Интернет без ограничений
	ЭБС «ЮРАЙТ»	<a href="http://www.biblio-online.ru">www.biblio-online.ru</a>	Доступна в сети Интернет без ограничений
	«Библиотека. Электронные ресурсы»	<a href="http://lib.mospolytech.ru/lib/comntent/elektronnyy-katalog">http://lib.mospolytech.ru/lib/comntent/elektronnyy-katalog</a>	Доступна в сети Интернет без ограничений
	«Библиотека. Электронно-библиотечные системы»	<a href="http://lib.mospolytech.ru/lib/ebs">http://lib.mospolytech.ru/lib/ebs</a>	Доступна в сети Интернет без ограничений
<b>Профессиональные базы данных</b>			
	База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>	Доступно
	Web of Science Core Collection – политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных	<a href="http://web of science.com">http://web of science.com</a>	Доступно
	База данных «Knovel»	<a href="http://www.knovel.com">http://www.knovel.com</a>	Доступно
	Реферативная наукометрическая электронная база данных «Scopus»	<a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>	Доступно

## 5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения ГИА необходимы аудитории, оснащенные необходимыми элементами для приема экзамена. Желательно видеофиксация процесса проведения экзамена и защиты работ для разрешения возможных споров или конфликтных ситуаций.

## 6. Фонд оценочных средств

### Перечень оценочных средств по дисциплине

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Государственный экзамен	Оценочные средства, позволяющие определить уровень освоения компетенциями при решении технологических задач.	Комплект билетов на государственный экзамен

#### Контрольные вопросы:

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.
20. Зависимость пластичности от показателей напряженного состояния. Диаграмма пластичности. Методы построения диаграммы пластичности.
21. Критерии разрушения: силовые, деформационные, энергетические, комбинированные.
22. Экспериментальное получение значений для диаграммы разрушения
23. Методика проверки гипотезы единой кривой.
24. Экспериментальное определение связи пластичности с показателями напряженного состояния.
25. Построение и методы получения коэффициентов аппроксимации кривой упрочнения
26. Способы создания деталей (оснастки, инструмента) машиностроительного сегмента применяемых в аддитивных производствах
27. Материалы применяемые в технологиях аддитивного производства в сфере общего машиностроения.
28. Способы контроля свойств материалов применяемых в аддитивных производствах

29. Материалы применяемые в технологиях аддитивного производства для изготовления деталей оснастки (инструмента) для прототипирования или опытной партии.
30. Материалы применяемые в технологиях аддитивного производства для изготовления деталей оснастки (инструмента) для мелкосерийной или серийной партии.
31. Полимеры, композиционные материалы применяемые при изготовлении приспособлений (инструмента).
32. Быстропрототипирование как перспективная технология по изготовлению оснастки заготовительного производства
33. Перспективные технологии быстрого прототипирования для изготовления формоизменяющих операций
34. Оборудование применяемое для быстрого прототипирования в изготовлении инструмента (прессовой оснастки).
35. Последовательность проектирования штампов (прессового инструмента) для формоизменяющих операций
36. Основные детали и их назначение применяемые в формоизменяющих операциях листовой штамповки
37. Основные детали и их назначение применяемые в формоизменяющих операциях объемной штамповки.
38. Контроль качества деталей технологической оснастки полученных быстрым прототипированием
39. Перспективное оборудование для быстрого прототипирования применяемые для изготовления технологического инструмента
40. Влияние технологии быстрого прототипирования на качество получаемых деталей технологического инструмента
41. Технология FDM аддитивного производства при изготовлении элементов штамповой оснастки.
42. Технология SLM аддитивного производства при изготовлении элементов штамповой оснастки.
43. Технология EBM аддитивного производства при изготовлении элементов штамповой оснастки.
44. Технология обратного инжиниринга при проектировании штамповой оснастки.
45. Методика проектирования и конструирования прессовой оснастки (инструмента).
46. Особенности изготовления пуансонов и матриц из пластмасс. Сборка штампов, доводка, отладка, испытание.
47. Способы получения заготовок из твердого сплава. Особенности обработки твердого сплава.
48. Стойкость штампов; факторы, влияющие на стойкость. Сравнительная стойкость штампов для различных заготовок и различного вида оборудования.
49. Требования, предъявляемые к штампам (ГОСТы).
50. Моделирование и конструирование инструмента (пресс-форм) с использованием компьютерных программ, под изготовление технологиями Аддитивного производства.
51. Методы получения точных и плотных отливок
52. Принцип одновременного затвердевания при получении плотных отливок, область применения.
53. Внутреннее напряжение в отливках и их практическое последствие (горячие и холодные трещины). Механизм образования.
54. Какие силовые приводы применяют при прессовании.
55. Что такое верхнее и нижнее прессование.
56. Чем отличается конструктивно пескоструйная машина от пескострельной

57. В чем состоят преимущества и недостатки импульсных формовочных машин
58. Дробемётные, дробеструйные, пескоструйные установки.
59. Перечислите различные варианты разъема литейной формы и модельной оснастки при производстве машиностроительных отливок
60. Опишите технологию изготовления оснастки для получения литейных моделей
61. Опишите материалы применяемые для изготовления моделей и способы их изготовления.
62. Перечислите компоненты входящие в состав формовочных и стержневых смесей, применяемых в машиностроительном литье, опишите способ приготовления смесей.
63. Опишите технологические процессы применяемые для изготовления машиностроительных отливок, от формовки до выбивки отливки из литейной формы.
64. Укажите последовательность операций и технологические параметры для способов литья в песчаные разовые формы, корковые и объёмные формы при литье по выплавляемым моделям, металлические формы.
65. Опишите операции, выполняемые после извлечения отливки из формы. (финишные операции).
66. Маркировка литейных сплавов.
67. Перечислите основные типы плавильных печей, поясните принцип их действия.
68. Перечислите компоненты металлической шихты, флюсы и раскислители.
69. Опишите возможные способы заливки литейных форм: малой, средней и большой металлоёмкости.
70. Опишите программные продукты, применяемые для моделирования процессов заливки и затвердевания для изготовления машиностроительных отливок на предприятиях РФ.

### **Вариант экзаменационного билета**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

---

Факультет Машиностроения, кафедра «Обработка материалов давлением и аддитивные технологии» и кафедра «Машины и технологии литейного производства»  
Дисциплина **«Цифровые технологии аддитивного и заготовительного производства»**  
Образовательная программа 15.04.01 Машиностроение  
Курс 2, семестр 4

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3**

1. Гипотеза единой кривой. Кривые упрочнения.

2. Моделирование многопереходной вытяжки в компьютерной программе
3. Виды испытаний композиционных материалов, используемое оборудование.

Утверждено на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г., протокол №.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /Д.А. Гневашев/

---