

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 06 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Физика литейных процессов
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.04.01 Машиностроение
(код и наименование направления)

Направленность: Передовые производственные технологии газотурбинных двигателей
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

формирование комплекса знаний, умений и навыков, в области изучения процессов, происходящих во время заполнения формы расплавом и затвердевания отливок в форме, используемых для решения инженерных задач получения отливок с заданными служебными и технологическими свойствами.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- процессы, происходящие в отливке при ее формировании;
- теории теплообмена;
- затвердевание отливки при постоянной температуре и в интервале температур;
- усадочные процессы при затвердевании отливки;

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.2	ИД-1ПК-3.2	Знает параметры технологических процессов получения литых заготовок деталей газотурбинных двигателей специальными видами литья и их особенности; способы заливки форм, их преимущества и недостатки; способы сборки форм, их преимущества и недостатки	Знает параметры технологических процессов получения отливок специальными видами литья и их особенности; способы заливки форм, их преимущества и недостатки; способы сборки форм, их преимущества и недостатки	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.2	ИД-2ПК-3.2	Умеет выявлять, классифицировать и анализировать дефекты пробной партии изделий литейного цеха; выявлять дефекты изделий пробной партии и определять причины их возникновения, определять причины проблем при запуске производства; разрабатывать методики и программы контроля качества на каждом из этапов изготовления литых заготовок газотурбинных двигателей	Умеет выявлять, классифицировать и анализировать дефекты пробной партии изделий литейного цеха; выявлять дефекты изделий пробной партии и определять причины их возникновения, определять причины проблем при запуске производства; разрабатывать методики и программы контроля качества на каждом из этапов изготовления отливок	Зачет
ПК-3.2	ИД-3ПК-3.2	Владеет навыками систематизация, анализа и выявления причин возникновения дефектов литых заготовок деталей газотурбинных двигателей пробной партии в литейном цехе, оценки проблем при запуске производства	Владеет навыками систематизация, анализа и выявления причин возникновения дефектов отливок пробной партии в литейном цехе, оценки проблем при запуске производства	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Характеристики условий литья	2	0	0	8
Скорость затвердевания отливки. Перегрев расплава при плавке. Температура расплава, заливаемого в форму. Внепечная обработка расплава.				
Описание основных процессов в двухфазной зоне фронта кристаллизации отливки	2	0	0	8
Двухфазная зона фронта кристаллизации отливки. Тепловые процессы в двухфазной зоне. Зарождение и совместный рост кристаллов в ограниченном объеме переохлажденного расплава. Объемная усадка двухфазной зоны. Движение расплава в двухфазной зоне. Условие образования пористости в теле отливки. Перенос растворенного компонента и примесей сплава в двухфазной зоне. Деформация двухфазной зоны при затруднении свободной линейной усадки затвердевающей отливки.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Схема теории формирования макростроения тела отливки	2	0	4	8
Анализ допущений. Математическая схема. Математические модели частных теорий. Затвердевание отливки. Формирование кристаллического строения литой заготовки детали газотурбинных двигателей, модель процесса. Образование неоднородности химического состава. Усадочная и газоусадочная пористость в теле отливки, модели процесса. Фрагментарность теории формирования макростроения отливки.				
Основные понятия, законы и уравнения теории кристаллизации металлов и сплавов	2	0	0	12
Исходные положения. Зарождение кристаллов. Рост кристаллов. Воздействие примесей. Основные представления общей теории кристаллизации.				
Описательная теория кристаллизации отливок. Модель процесса формирования макростроения тела отливки	2	0	4	12
Теория Чернова. Основные представления описательной теории кристаллизации отливки. Затруднения описательной теории. Схема процесса кристаллизации отливки и ее математическое представление. Обобщающая математическая модель.				
Объемная кристаллизация	4	0	4	12
Модель объемной кристаллизации в литейной форме. Кинетика кристаллизации. Условия объемной кристаллизации в литейной форме. Анализ кинетики кристаллизации литой заготовки детали газотурбинных двигателей. Число и размер кристаллов.				
Последовательная кристаллизация	4	0	4	12
Кинетика последовательной кристаллизации от затравок. Анализ кинетики кристаллизации. Неоднородность кристаллического макростроения отливки. Управление формированием кристаллического макростроения литой заготовки детали газотурбинных двигателей.				
ИТОГО по 3-му семестру	18	0	16	72
ИТОГО по дисциплине	18	0	16	72

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Анализ процессов образования неоднородности химического состава в отливке, полученной способом односторонне направленной кристаллизации расплава в форме.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
2	Преобразование математической модели к виду, удобному для исследования неізотермической кристаллизации литых заготовок детали газотурбинных двигателей.
3	Решение задачи пользуясь методом усреднения функциональных поправок.
4	Расчет режимов литья литой заготовки детали газотурбинных двигателей

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически. 2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела. 3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу. 4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Основы теории формирования отливки. Формирование макроскопического строения отливки. Москва : Машиностроение, 1979. 335 с.	15
2	Чернышов Е. А., Евстигнеев А. И. Теоретические основы литейного производства. Теория формирования отливки : учебник для вузов. Москва : Машиностроение, 2015. 479 с. 29,4 усл. печ. л.	18
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Чернышов Е. А., Евстигнеев А. И. Теоретические основы литейного производства. Теория формирования отливки : учебник для вузов. Москва : Машиностроение, 2015. 479 с. 29,4 усл. печ. л.	18
2	Шаров М. В. Теоретические основы литейного производства : конспект лекций. 2-е изд., изм. и доп. Москва : Изд-во ВИАМ, 2016. 479 с. 28,13 усл. печ. л.	1
2.2. Периодические издания		
1	Литейное производство : международный научно-технический журнал. Москва : Союз-Литье, 1930 - .	
2	Литейщик России : научно-технический журнал. Москва : Рос. ассоц. литейщиков, 2002 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Чернышов Е. А. Теоретические основы литейного производства. Теория формирования отливки	https://elib.pstu.ru/Record/lan63253	локальная сеть; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

Вид ПО	Наименование ПО
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Доска маркерная	1
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Доска маркерная	1
Практическое занятие	Компьютер	1
Практическое занятие	Проектор	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное автономное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Физика литейных процессов»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	15.04.01 Машиностроение
Направленность (профиль) образовательной программы:	Передовые производственные технологии газотурбинных двигателей
Квалификация выпускника:	«Магистр»
Выпускающая кафедра:	Инновационные технологии машиностроения
Форма обучения:	Очная

Курс: 1

Семестр: 2

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	3	3Е
Часов по рабочему учебному плану:	108	ч.

Виды промежуточного контроля:

Зачет - 3 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1. Формируемые части компетенций

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина Б1.В.13 «**Физика литейных процессов**» участвует в формировании одной компетенции: ПК-3.2. В рамках учебного плана образовательной программы на этапе освоения данной учебной дисциплины формируются дисциплинарные части компетенций (табл. 1.1)

1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра базового учебного плана) и разбито на 6 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий и промежуточный		Рубежный	Промежуточная аттестация
	ПЗ	Л	РК	зачет
Усвоенные знания				
З.1 Знает параметры технологических процессов получения отливок специальными видами литья и их особенности; способы заливки форм, их преимущества и недостатки; способы сборки форм, их преимущества и недостатки	ОПЗ		РКР	ТВ
Освоенные умения				
У.1 Умеет выявлять, классифицировать и анализировать дефекты пробной партии изделий литейного цеха; выявлять дефекты изделий пробной партии и определять причины их возникновения, определять причины проблем при запуске производства; разрабатывать методики и программы контроля качества на каждом из этапов изготовления отливок лопаток ГТД	ОПЗ		РКР	ПЗ
Приобретенные владения				
В.1 Владеет навыками систематизация, анализа и выявления причин возникновения дефектов отливок лопаток ГТД пробной партии в литейном цехе, оценки проблем при запуске				КЗ

производства				
--------------	--	--	--	--

О - опрос по тематике лекционного занятия;

ОПЗ – отчет по практическому занятию;

РКР – рубежная контрольная работа;

ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание зачета.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль для оценивания знаниевого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

По темам, имеющим большую теоретическую нагрузку для контроля знаний (табл. 1.1) проводятся контрольные работы. Качество и полнота ответов на вопросы оценивается по 4-балльной шкале, заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты практических работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита практических работ

Всего запланировано 4 практических работы. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС магистерской программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД, запланировано 3 рубежных контрольных работ (тестирование) (Т/КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

Типовые вопросы первой КР:

1. Внепечная обработка расплава
2. Влияние перегрева расплава на качество литой заготовки

Типовые вопросы второй КР:

1. Что такое двухфазная зона

2. Факторы, влияющие на образование пористости

Типовые вопросы третьей КР:

1. Принципы управления кристаллическим строением отливки
2. Принцип направленной кристаллизации

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС магистерской программы.

2.3. Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде зачета по дисциплине. Зачет выставляется по результатам текущего и рубежного контроля с использованием типовой шкалы и критериев оценивания, приведенной в общей части ФОС магистерской программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Расчет режимов литья литой заготовки детали газотурбинных двигателей

Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений представлен в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта билетов хранится на выпускающей кафедре.*

2.3.3. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС магистерской программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и дисциплинарных компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций приведены в общей части ФОС магистерской программы.

3.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС магистерской программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС магистерской программы.

Типовые комплексные задания для проверки умений и владений

Задание № 1

1. Кинетика кристаллизации расплава в результате роста кристаллов от затравок
2. Оценка линейной скорости роста кристаллов