

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра цифровых технологий и машин в литейном производстве

УТВЕРЖДАЮ: УТВЕРЖДАЮ
Директор института технологий и
инженерной механики
Могильная Е.П.
«18 » 04 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Теоретические основы литейного производства»

По направлению подготовки 22.03.02 Металлургия
Профиль «Литейное производство чёрных и цветных металлов и сплавов»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Теоретические основы литейного производства» по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия. – 18 с.

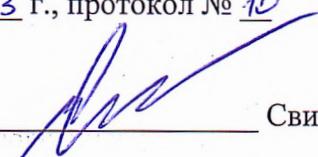
Рабочая программа учебной дисциплины «Теоретические основы литейного производства» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 02.06.2020 г. № 702.

СОСТАВИТЕЛЬ:

доц. к.т.н. Голофаев А. Н.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры цифровых технологий и машин в литейном производстве «11» 04 2023 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой цифровых
технологий и машин в литейном производстве

 Свинороев Ю.И.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института
«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии
института технологий и инженерной механики



Ясуник С.Н.

© Голофаев А. Н., 2023 год
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью изучения дисциплины является изучение вопросов теории формирования без дефектных отливок с наперёд заданными физико-механическими, технологическими и эксплуатационными свойствами.

Основной задачей изучения дисциплины:

- изучение теоретических основ процессов формирования отливок;
- приобретение опыта в расчётах гидравлических и тепловых процессов в системе отливка-форма;
- научится разрабатывать математические модели процессов формирования отливок.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.

Дисциплина теоретические основы литейного производства относится к модулю базовых профессиональных дисциплин (Б1.В.05).

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания математики, физики, химии, термодинамики, теории теплопередачи, кристаллизации, технологии литейного производства, знания о процессах литейного производства, о способах формообразования отливок, о литейных свойствах сплавов, материаловедения. Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: Технологии литейного производства, Проектирование оснастки и служит основой для освоения дисциплин: Проектирование литейной технологии, Плавка сплавов, Компьютерное моделирование литейных процессов.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-2. Внедрение новой техники и технологии при производстве литых изделий	ПК-2.2. Осуществляет разработку новых технологических процессов получения отливок средней сложности с применением цифровых технологий	Знать: - основы теории гидравлических процессов заполнения литейной формы; - основы теории кристаллизации, затвердевания и охлаждения сплавов в литейных формах; - основы теории усадочных процессов при формировании отливок; - методики определения гидравлических, тепловых и усадочных процессов в системе отливка-форма; Уметь: - определить

		<p>размеры (площади сечений) элементов литниковоопитающих систем;</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять время затвердевания отливок; - обосновать оптимальный технологический вариант изготовления отливки; - управлять кристаллическим строением сплава отливки и получать без дефектную отливку; - определить место установки прибылей, холодильников и производить их расчёт; - определять напряжённо-деформированное состояние отливок от градиента температур.
		<p>Владеть: навыками компьютерного моделирования литейных процессов в литейной форме.</p>

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	108 (3 зач. ед)	108 (3 зач. ед)
Обязательная контактная работа (всего)	60	16
в том числе:		
Лекции	36	6
Семинарские занятия		
Практические занятия	24	10
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)		
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	48	92

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Гидравлические и тепловые процессы в литейной форме при заливке расплава. Основы литейной гидравлики.

Тема 2. Процессы теплообмена отливки в форме. Процессы в форме при заливке.

Тема 3. Процессы в сплаве и форме при затвердевании и охлаждении отливки. Формирование кристаллического макростроения отливки.

Тема 4. Процессы в сплаве при его затвердевании и охлаждении.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Введение Общие представления о затвердевании и кристаллизации металлов и сплавов. Достижения и задачи современной науки в области теоретических основ литейного производства.	2	
2.	Основы литейной гидравлики	6	1
3.	Формирование кристаллического макростроения отливки.	7	1
	Неметаллические включения в отливках. Источники, классификация и методы определения.		
4	Процессы теплообмена отливки и формы.	7	1
5	Процессы в форме при заливке.	7	1
6	Процессы в металле при затвердевании и охлаждении.	7	2
Итого:		36	6

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Исследование температурного поля системы отливка-форма термопарами	3	2
2.	Определение константы затвердевания и эффективного коэффициента затвердевания	3	1
3.	Термографическое исследование кинетики затвердевания литейных сплавов	3	1
4.	Исследование влияния теплофизических свойств формовочных материалов на скорость затвердевания отливок.	3	1
5.	Математическое моделирование тепловых процессов на ЭВМ при затвердевании отливок методом конечных разностей и методом конечных элементов.	3	2
6.	Экспериментальное исследование остаточных напряжений в трехзвенной решетке.	3	1
7.	Исследование влияния скорости охлаждения и модификации на характер кристаллизации сплавов.	3	1

8	Исследование гидравлического режима заливки формы.	3	1
Итого:		24	10

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1.	Подготовка к практическим занятиям	Поиск, анализ, структурирование и изучение информации по темам. Подготовка к экзамену	8	18
2.	Самостоятельное изучение тем 1-2		10	18
3.	Рассчитать литниково - питательную систему отливки		10	18
4.	Изучить тепловые процессы в системе отливка – форма – окружающая среда		10	18
5.	Определить время затвердевания и охлаждения выданной отливки на ЭВМ		10	20
Итого:			48	92

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Теоретические основы литейного производства» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Теоретические основы литейного производства» используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение. Практические работы выполняются на реальной технологической оснастке.

Для моделирования литейных процессов на ЭВМ используются программные комплексы WinCast, ProCast или LVMFlow.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Голофаев А. Н., Гутько Ю. И. Компьютерное проектирование литейной технологии. Учебное пособие. Компьютерная версия. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2017. - 410 с.7 табл., 63 рис., библиогр. 49 назв.

2. Баландин Г. Ф. Теория формирования отливки: Основы тепловой теории. Затвердевание и охлаждение отливки: Учеб. для вузов. - М.: изд- во МГТУ,1998. – 359 с.

3. Тихомиров М. Д. Основы моделирования литейных процессов. Важные особенности систем моделирования. – М.: Литейное производство, - 2004, № 5 с. 24-30.

4. Ильин В. П. Метод конечных разностей и конечных объёмов для элептических уравнений / В. П. Ильин. – Новосибирск: изд-во Ин-та математики, 2000. – 345 с.

б) дополнительная литература:

1. Чёрный А. А. Математическое моделирование в литейном производстве: Учеб. пособ. – Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2006. – 215 с.

2. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.

3. Тихомиров М.Д., Основы моделирования литейных процессов. Важные особенности систем моделирования.- М: Литейное производство.- 2004, № 5, с.24-30.

4. Тихомиров М. Д. Основы моделирования литейных процессов. Системы синтеза литейной технологии и их отличие от систем моделирования литейных процессов.- М: Литейное производство.- 2004, № 2, с.28-331.

в) методические указания:

1. Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «Теория формирования отливок» Ч2 для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03. 01. Машиностроение. Электронный ресурс / Составитель. А.Н. Голофаев. – Луганск: ЛНУ им В. Даля, 2020. - 21 с.

2. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине “Теоретические основы литейного производства “ и “Теории формирования отливок“ (для студентов специальностей 6050402 и 6050502)/ Сост.: А.Н. Голофаев.-Луганск: Изд-во Восточноукр. Нац. Университета им. Владимира Даля, 2013.- 15 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки –
<http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики –
<https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru>/

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru>/

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов –
<http://fcior.edu.ru>/

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» –
<http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» –
<https://www.studmed.ru>

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – Режим доступа: URL:
<http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Теория формирования отливки» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator

Аудиоплейер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/
-------------	-----	---

8. Оценочные средства по дисциплине оценочных средств по учебной дисциплине «Теоретические основы литейного производства»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п / п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-2.	Внедрение новой техники и технологии при производстве литых изделий.	ПК-2.2. Осуществляет разработку новых технологических процессов получения отливок средней сложности с применением цифровых технологий.	Тема 1. Гидравлические и тепловые процессы в литейной форме при заливке расплава. Тема 2. Процессы в сплаве и форме при затвердевании и охлаждении отливки.	7

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/ п	Код контро лируем ой компет енции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-2	ПК-2.2.	<p>Знать: моделирование технических объектов и технологических процессов литья с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов.</p> <p>Уметь: моделировать технические объекты и технологические процессы литья с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов.</p> <p>Владеть: моделированием технических объектов и</p>	<p>Тема 1. Гидравлические и тепловые процессы в литейной форме при заливке расплава.</p> <p>Тема 2. Процессы в сплаве и форме при затвердевании и охлаждении отливки.</p> <p>Тема 3. Процессы в сплаве и форме при затвердевании и охлаждении отливки.</p> <p>Тема 4. Процессы в сплаве при его затвердевании и охлаждении.</p>	<p>Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания по практическим занятиям, экзамен</p>

			технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов.		
--	--	--	--	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Теоретические основы литейного производства»

Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала (устно или письменно):

1. Каковы свойства сплава как жидкости.
2. Каковы модели реологии металлов в жидком состоянии и при кристаллизации.
3. Назовите физические свойства расплавов и методы их определения – плотность, вязкость, поверхностное натяжение, смачивание, теплопроводность, теплоёмкость.
4. Назовите технологические свойства – жидкотекучесть, методы её определения, связь её с физическими свойствами и типом диаграммы состояния.
5. Как происходит изменение температуры и свойств металла при течении в литниковой системе и при заполнении полости формы.
6. Как определяется числа Рейнольдса и режим течения для этих участков. Коэффициенты гидравлического сопротивления каналов различной сложности и их зависимость от числа Рейнольдса.
7. Что такое автомодельный характер потока расплава в литниковых системах, представляющих собой сложное сопротивление.
8. Как влияет газопроницаемость формы, образующей стенки каналов, на характер напорного течения.
9. Каковы типы литниковых систем и их расчет. Назовите элементы конструкции литниковых систем.
10. Каковы гидравлические основы конструирования литниковых систем: соотношения площадей сечения элементов устраняющих разряжение в потоке металла, улавливание шлака.

11. Время заливки и время заполнения формы. Расчет времени заполнения формы на условия сохранения к концу процесса некоторого заданного перегрева. Понятие о среднем и начальном расходе
12. Назовите законы теплопереноса.
13. Напишите математическую модель затвердевания отливки в песчаной форме.
14. Что такое контактное термическое сопротивление?
15. Рассчитать время охлаждения отливки до 300°K по методу Г.Ф. Баландина.
16. Напишите граничные условия в системе отливка – форма.
17. В чем сущность МКР?
18. В чем сущность МКЭ?
19. Какие Вы знаете экспериментальные методы исследования температурных полей системы отливка – форма.
20. Назовите газовые дефекты в отливках.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – комбинированный контроль усвоения теоретического материала

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Ответ дан на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Ответ дан на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Задания по практическим занятиям:

Для выданного варианта чертежа детали необходимо:

1. Рассчитать скорость истечения металла из ковша.
2. Рассчитать величину переохлаждения для образования устойчивого зародыша.
3. Определить характер кристаллизации сплава.
4. Рассчитать металлостатическое давление в форме.
5. Определить заполняемость литейной формы расплавом.
6. Рассчитать время затвердевания отливки по закону квадратного корня.
7. Рассчитать время затвердевания отливки по методу Г.Ф. Баландина.
8. Рассчитать время затвердевания отливки в металлической форме по методу А. И. Вейника.
9. Рассчитать размеры внешних и внутренних холодильников.

10. Рассчитать остаточные напряжения в отливке типа бруса.
11. Рассчитать величину усадочной раковины.
12. Рассчитать размеры прибыли.

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –
задания по практическим занятиям**

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Вопросы к контрольным работам:

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1

Вариант 1

1. Свойства литейных сплавов в жидком состоянии. Жидкотекучесть литейных сплавов.
2. Первичная кристаллизация металла в отливках.
3. Регулирование тепловых процессов в отливках.
4. Газы в отливках.

Вариант 2

1. Типы литниковых систем. Принципы конструирования литниковых систем.
2. Виды ликвации, методы её определения.
3. Вывод уравнения теплопроводности Фурье.
4. Изменение газового давления на границе металл-форма и его определение.

Вариант 3

1. Заполняемость литейных форм в зависимости от температуры, материала формы и способа подвода металла.
2. Термодинамическая теория кристаллизации Чернова - Таммана.
3. Неметаллические включения в отливках.
4. Методы расчета затвердевания отливок.

Вариант 4

1. Зависимость жидкотекучести сплава от диаграммы состояния.

2. Структурные зоны в отливках, влияние температуры заливки и скорости охлаждения на их размеры.
3. Модефицирование.
4. Температуропроводность.

Вариант 5

1. Уравнение гидродинамики Навье - Стокса.
2. Гомогенные и гетерогенные зародыши.
3. Виды газовых дефектов.
4. Расчет затвердевания отливки и распределение температуры во времени.

Вариант 6

1. Охлаждение и взаимодействие отливки и формы.
2. Регулирование кристаллизационных процессов в отливках. Цель, методы и их классификация.
3. Зарождение центров и скорость роста кристаллов.
4. Пригар. Методы предотвращения пригара.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 2

Вариант 1

1. Нагрузка металла на форму и стержни.
2. Физическая природа усадки. Литейная усадка.
3. Прибыли. Назначение и классификация и их расчет.
4. Усадочные деформации отливок.

Вариант 2

1. Определение массы груза, устанавливаемого на форму.
2. Усадочная пористость, её виды и методы определения.
3. Холодильники. Определение массы холодильников.
4. Временные внутренние напряжения в отливках.

Вариант 3

1. Расчет знаков стержней.
2. Усадочные раковины. Виды усадочных раковин. Расчет усадочной раковины в цилиндрической отливке.
3. Причины и виды трещин в отливках. Оценка склонности отливок к образованию горячих трещин.
4. Методы определения остаточных напряжений.

Вариант 4

1. Расчет количества жеребеек.
2. Улучшение работы прибылей. Выбор места установки, типа прибылей и расстояния между ними.
3. Коробление отливок. Стабилизация размеров отливок.

4. Расчет растягивающих и сжимающих напряжений. Методы предупреждения внутренних напряжений в отливках.

Вариант 5

1. Ситовидная пористость.
2. Химический пригар.
3. Влияние различных факторов на образование трещин в отливках.
4. Связь между диаграммой состояния сплава и усадочными дефектами.

Вариант 6

1. Расчет глубины усадочной раковины и размеров прибылей для сплавов, кристаллизующихся при постоянной температуре и в интервале температур.
2. Интервал хрупкости.
3. Основные направления повышения качества и точности отливок, снижение их массы и стоимости.
4. Связь между коэффициентом усадки и диаграммой состояния.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольная работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов/задач)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Вопросы к экзамену:

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № ____1____

Теоретическая часть

1. Процессы в форме при заливке.
2. Условия образования газовых раковин.
3. Фазовые напряжения в отливках.

Практическая часть

1. Определите скорость и режим движения чугуна при выходе его из питателя в литейную полость для выданной отливки.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № ____2____

Теоретическая часть

1. Определение равнодействующей силы давления на форму и стержни.
2. Ситовидная пористость в отливках.
3. Остаточные напряжения в отливках.

Практическая часть

1. Определите необходимую величину переохлаждения железа для образования центров кристаллизации.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

Теоретическая часть

1. Особенности образования газовых раковин в отливках от химвзаимодействия металла и формы.
2. Ужимины и процессы образования пригара.
3. Трещины в отливках.

Практическая часть

1. Определите время фильтрования 100 кг алюминия через зернистый фильтр с окружных зерен корунда $\varnothing 10$ мм (рис. - в методичке).

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

Теоретическая часть

1. Процессы в металле при затвердевании и охлаждении.
2. Усадочные раковины и пористость.
3. Оценка горячеломкости сплавов и трещиноустойчивости отливок.

Практическая часть

1. Рассчитать энергию зарождения гомогенного и гетерогенного зародышев критического радиуса в расплаве Ме с температурой $t^{\circ}\text{C}$, $\theta = 60^{\circ}$ (задача 4. вар. 5).

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

Теоретическая часть

1. Влияние внешних сил и невесомости на вид и местоположения усадочной раковины и пористости.
 2. Силовое взаимодействие затвердевающей отливки и формы.
 3. Температурные напряжения в отливках.

Практическая часть

Определите, будет ли направленное затвердевание стальной отливки (исх. дан. задача 8).

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

Теоретическая часть

1. Расчет НДС отливок методом конечных элементов.
 2. Термомеханические свойства формовочных смесей.
 3. Закон фильтрации Дарси.

Практическая часть

Рассчитайте размеры внешних и внутренних холодильников (рис. 5.4 МУ).

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

Теоретическая часть

1. Усадочные напряжения в отливках
 2. Разработка и анализ математических моделей газообмена в системе отливка-форма.
 3. Пористость и ликвационные дефекты в отливках.

Практическая часть

Определите линейные размеры прибыли, тип прибыли для отливки (синька выдается).

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 08

Теоретическая часть

1. Влияние аэродинамических свойств формы на качество отливки.
2. Физическая природа усадки.
3. Причины образования горячих трещин.

Практическая часть

Определите величину остаточных механических напряжений в отливке.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 09

Теоретическая часть

1. Механические напряжения в форме.
2. Оценка пористости на модели Флемингса-Журавлева.
3. Коробление отливок.

Практическая часть

1. Рассчитайте остаточные напряжения в частях биметаллической отливки, если длина литейной полости формы $l_{\phi} = 1000$ мм, а конечная $l_{\text{от}} = 930$ мм.
Материал сталь-бронза.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

Теоретическая часть

1. Уравнение фильтрации газа.
2. Типы прибылей.
3. Расчет знаков стержней.

Практическая часть

Рассчитайте массу груза, устанавливаемого на форму для выданной отливки.

Таблица для оценивания результатов экзаменов

№ билета	Теоретическая часть			Практическая часть
	1 вопрос	2 вопрос	3 вопрос	
1	15	25	30	30
2	25	15	30	30
3	20	20	20	40
4	15	25	30	30
5	20	15	25	40
6	20	30	20	30
7	10	25	15	50
8	20	20	10	50
9	20	10	20	50
10	20	30	20	30

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – экзамен

Сумма балов	Оценка	Требования уровня подготовки в соответствии с критериями оценивания

90-100	отлично	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом, грамотно, полно и логично излагает его в устной и письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход и правильно объясняет принятые решения, хорошо владеет разносторонними умениями и навыками при выполнении практических задач.
74-89	хорошо	Студент знает программный материал, грамотно и, по сути, излагает его в устной или в письменной форме, допуская не значительные неточности в доказательствах, трактовке понятий и категорий. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
60-73	удовлетворительно	Студент знает только основной программный материал, допуская неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность ответов в устной и письменной форме. При этом не длительное владение умениями и навыками при выполнении практических задач.
0-59	неудовлетворительно	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, трактовке понятий и категорий, выявляет низкую культуру оформления знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на контрольные вопросы, знания и умения с программного материала практически отсутствуют.

**Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС
Лист изменений и дополнений**

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)