

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Институт технологии и инженерной механики

Кафедра цифровых технологий и машин в литейном производстве

УТВЕРЖДАЮ

Ректор
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
В.Д. Рябичев
«06» 06 2023 год



ПРОГРАММА-МИНИМУМ

**кандидатского экзамена
по научной специальности
2.6.3 – Литейное производство
(отрасль науки – технические науки)**

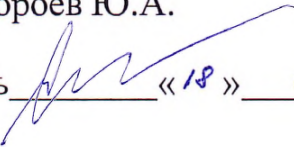
**форма обучения
очная**

Луганск 2023

Составитель:

канд. техн. наук, доцент

Свинороев Ю.А.

Подпись  «18» 04 2023 года

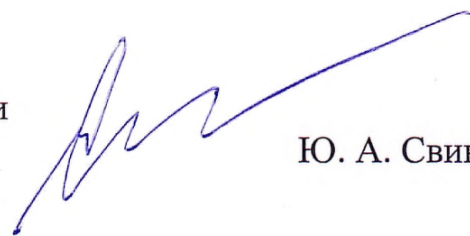
Документ одобрен на заседании кафедры цифровых технологий и машин в литейном производстве

от «18» 04 2023 года, протокол № 10

Документ утвержден на заседании Ученого совета университета

от «2» 06 2023 года, протокол № 9

Заведующий кафедрой цифровых технологий и машин в литейном производстве



Ю. А. Свинороев

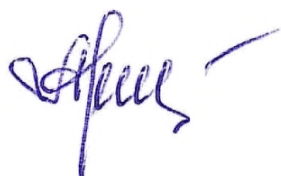
СОГЛАСОВАНО:

Проректор по научной работе
и инновационной деятельности



В. А. Витренко

Заведующая отделом
аспирантуры и докторантуры



Ю. А. Артемова

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 2.6.3 - Литейное производство, состоит из введения и основных разделов.

Литейное производство, как единственно возможный метод изготовления ряда ответственных изделий для объектов современной техники из металлических материалов, не поддающихся деформации (чугун, сплавы на основе кобальта, хрома, эвтектические сплавы на основе алюминия).

Примерами наиболее распространёнными видами литья являются: литье в песчаные формы, металлические формы, литье под давлением, непрерывные методы литья, метод центробежного литья и др.

Поскольку литейное производство является основной заготовительной базой машиностроения, а также основой экономики страны требует постоянного совершенствования литейной технологии, созданию малоотходных и безотходных энерго-, материально- и трудосберегающих технологических процессов на базе комплексной автоматизации литейных линий, робототехнических комплексов а также с применением автоматизированного проектирования технологических процессов, обеспечивающих улучшение условий труда, уменьшение вредного влияния производство на окружающую среду, повышение производительности труда и качества продукции.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая программа разработана для сдачи кандидатских экзаменов по направлению подготовки высшего образования - подготовки кадров высшей квалификации по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее - направление подготовки).

Программа соответствует научной специальности, предусмотренной номенклатурой научных специальностей, утверждаемой Министерством образования и науки Луганской Народной Республики (далее соответственно - специальность).

Программа разработана на основе примерной программы (программы - минимума) кандидатского экзамена по специальности 2.6.3 «Литейное производство», экспертного совета Высшей аттестационной комиссии Минобразования ЛНР, а также сотрудниками кафедры «Цифровые технологии и машины в литейном производстве».

Кандидатский экзамен является формой промежуточной аттестации при освоении программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Кандидатский экзамен должен соответствовать теме диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Программа ориентирована на выявление профессионального уровня соискателей специальности 2.6.3 «Литейное производство», по технической отрасли наук, степени их готовности к научной работе, широты диапазона аналитического и ассоциативного мышления.

Программа соответствует содержанию специальных дисциплин, реализуемых ИТиИМ ФГБОУ ВО ЛГУ им. В. Даля по направлениям подготовки 22.04.02 «Металлургия» и 15.04.01 «Машиностроение».

Данная программа охватывает следующие основные разделы:

Раздел 1. Свойства литейных сплавов в жидком состоянии

Раздел 2. Процессы заполнения полости форм жидким металлом

Раздел 3. Взаимодействие металлических расплавов с формой

Раздел 4. Процесс кристаллизации отливок

Раздел 5. Проектирование технологического процесса получения отливки

Раздел 6. Формовочные и стержневые материалы и смеси

Раздел 7. Изготовление разовых форм и стержней. Сборка и заливка форм

Раздел 8. Финишные операции. Дефекты отливок.

Раздел 9. Специальные способы литья

Раздел 10. Оборудование для приготовления формовочных и стержневых материалов

Раздел 11. Оборудование складов шихты и плавильных отделений, выбивки и очистки литья

Раздел 12. Оборудование для охраны труда и защиты окружающей среды

Раздел 13. Новые процессы в литейном производстве

1. Свойства литейных сплавов в жидком состоянии

Современные представления о строении жидких металлов и сплавов. Дальний и ближний порядок. Неоднородность строения жидких сплавов. Свойства жидких металлов и сплавов. Литейные свойства сплавов. Понятие о жидкотекучести сплавов и заполняемости литейных форм. Практическая, условная и истинная жидкотекучесть. Влияние различных факторов (химического состава, температуры перегрева и т.д.) на жидкотекучесть. Взаимодействие расплавов с окружающей средой. Растворение газов в металлах. Образование неметаллических включений и газовых дефектов в отливках. Влияние различных факторов на процессы газопоглощения и газовыделения сплавов.

2. Процессы заполнения полости форм жидким металлом

Заполнение формы свободно падающей струей. Конфигурация падающей струи. Истечение металла из литейного ковша. Движение расплава в литниковой чаше. Литниковая система. Типы применяемых стояков. Характер движения металла в стояках различной формы. Шлакоуловители в литниковой системе. Движение жидкого металла в шлакоуловителях. Специальные способы шлакоулавливания. Движение расплава в питателях. Способы ввода жидкого металла в полость формы при помощи питателей. Роль питателей как регуляторов скорости заполнения формы. Обеспечение направленного затвердевания рациональным распределением питателей. Расчет литниковых систем. Продолжительность заполнения формы. Требования к литниковым системам. Типы и характеристика литниковых систем. Особенности литниковых систем для различных сплавов. Меры предосторожности, гарантирующие безопасность работы при заливке форм.

3. Взаимодействие металлических расплавов с формой

Физическое, химическое и тепловое взаимодействие расплава с формой. Влияние конфигурации отливки и технологических факторов на затвердевание. Образование ужимин, пригара и засоров в отливках. Газообмен между формой и залитым в нее металлом. Меры борьбы с газовой пористостью.

4. Процесс кристаллизации отливок

Температура кристаллизации и величина переохлаждения. Управление процессом первичной кристаллизации. Катализаторы зарождения твердых фаз.

Модифицирование и микролегирование. Факторы, влияющие на процесс первичной кристаллизации сплавов. Способы ввода низкокипящих легирующих элементов при выпечной обработке сплавов. Многоступенчатые системы выпечной обработки сплавов. Характер процесса затвердевания. Процесс образования и нарастания твердой корки. Последовательное одно- и двухфазное затвердевание. Объемное затвердевание.

5. Проектирование технологического процесса получения отливки

Основные понятия об изготовлении отливок в разовых литейных формах. Схема технологического процесса изготовления отливки в разовой литейной форме.

Выбор оптимального положения отливки в форме при заливке. Выбор рациональной поверхности разъема формы и модели. Элементы детали не выполняемые в отливке. Минимальные размеры литых отверстий, пазов.

Проектирование и изготовление модельного комплекта. Литейная оснастка. Модельный комплект. Формовочный комплект. Галтели и закругления. Усадка. припуски на механическую обработку. Технологические напуски. Уклоны. Модели металлические. Фиксирование и крепление моделей на модельной плите.

Знаки горизонтальных и вертикальных стержней: конструктивное исполнение, уклоны, зазоры в знаках стержня и формы, допускаемые отклонения размеров. Выбор размеров знаков и границ стержней. Контрольные знаки стержней. Выбор поверхности разъема и направления набивки стержня.

Литниковые системы и питание отливок. Основные элементы литниковой системы. Требования, предъявляемые к литниковым системам. Выбор места подвода жидкого металла к формообразующей полости формы. Скорость заполнения. Типы литниковых систем. Литниковые системы для отливок из чугуна, стали, цветных сплавов.

Питающие бобышки. Прибыли. Верхние и отводные, сплошные и местные. Зона действия прибыли. Компьютерные методы расчета и моделирования работы литниковых систем.

6. Формовочные и стержневые материалы и смеси

Исходные формовочные материалы. Основные и вспомогательные. Огнеупорные наполнители, связующие, отвердители и катализаторы. Свежие и оборотные огнеупорные наполнители. Требования, предъявляемые к формовочным материалам. Свойства формовочных материалов:

теплофизические, механические, определяющие газовый режим формы, технологические.

Формовочные пески. Происхождение и минералогический состав. Химический и зерновой состав песков. Маркировка формовочных песков. Некварцевые пески (цирконовый, дистен-силлиманитовый, оливин, хромит и др.).

Глины. Минералогический состав. Классификация глин. Bentonитовые глины. Активация глин.

Связующие композиции. Требования, предъявляемые к связующим материалам. Классификация связующих. Органические и неорганические связующие. Физико-химические процессы и способы отверждения. Основы формирования адгезионных и когезионных связей в структурных элементах смесей.

Органические связующие для холоднотвердеющих смесей. Катализаторы отверждения. Органические связующие для изготовления стержней по нагреваемой оснастке. Связующие теплового отверждения. Неорганические связующие и их композиции.

Вспомогательные формовочные материалы. Противопригарные покрытия. Пасты и порошки. Литейные клеи. Замазки. Добавки к формовочным и стержневым смесям, улучшающие текучесть, выбиваемость, податливость, снижающие пригар.

Формовочные и стержневые смеси. Единые, облицовочные и наполнительные формовочные смеси. Классификация формовочных и стержневых смесей. Песчано-глинистые смеси. Смеси с жидким стеклом: жидкоподвижные, наливные, пластичные, самотвердеющие. Смеси с синтетическими смолами для изготовления стальных, чугуновых и цветных отливок при изготовлении стержней по ХТС-процессу, Achland-процессу, SO₂ - процессу, Beta - set - процессу, по нагреваемой оснастке.

Приготовление формовочных и стержневых смесей. Подготовка свежих формовочных материалов и оборотных смесей. Гидравлическая, термическая, механическая регенерация песков из формовочных и стержневых смесей. Технологические особенности современных технологий смесеприготовления.

7. Изготовление разовых форм и стержней. Сборка и заливка форм

Ручная формовка. Сущность и технология формовки: в опоках по разъемным моделям, с отъемными частями, с подрезкой, с фальшивой полуформой, с перекидными болванами и др.; в почве по мягкой и твердой постелям, по шаблонам вращения, протяжному, по скелетной модели и др. Формовка в кусках, в кессонах. Способы крепления выступающих частей форм. Отделка форм.

Механизированная (машинная) формовка. Преимущества. Особенности технологии машинной формовки. Уплотнение смесей прессованием. Верхнее прессование. Расчет высоты наполнительной рамки. Нижнее прессование. Двухстороннее прессование. Прессование профильной плитой, многоплунжерной головкой и гибкой диафрагмой. Прессование роторной головкой и лопастным рабочим органом.

Уплотнение встряхиванием. Импульсное уплотнение литейных форм. Пневмоимпульсная формовка. Газоимпульсная формовка. Seiatsu-процесс.

Вибропрессовое и прессово-ударное уплотнение литейных форм.

Комбинированные методы уплотнения литейных форм. Магнитная формовка. Изготовление отливок в замороженных формах. Вакуумная формовка. Пескометное уплотнение литейных форм. Методы извлечения модели из формы. Механизированные и автоматизированные линии изготовления литейных форм.

Классификация стержней. Каркасы, приспособления. Ручное изготовление стержней. Машинное изготовление стержней. Пескодудный и пескострельный процессы изготовления стержней. Изготовление стержней по нагреваемой оснастке и из холоднотвердеющих смесей. Тепловая сушка стержней. Изготовление стержней с продувкой газообразными катализаторами.

Операции сборки. Элементы спаривания опок. Условия заливки форм. Способы заливки форм. Разливочные ковши. Дозаторы.

8. Финишные операции. Дефекты отливок

Охлаждение отливок. Выбивка отливок из форм. Обрубка и очистка отливок. Влияние газового режима формы на образование дефектов в отливках. Процессы протекающие в сплаве, залитом в форму и дефекты отливок, возникшие по их вине. Дефекты отливок, обусловленные физико-химическими процессами на поверхности раздела «сплав-форма».

9. Специальные способы литья

Кокильное литье. Классификация, область применения и перспективы развития специальных методов литья. Преимущества и недостатки метода кокильного литья. Область применения кокильного литья. Типы кокилей. Проектирование технологического процесса изготовления отливок литьем в кокиль.

Литье под давлением. Литье под высоким давлением на машинах с холодной камерой прессования. Схема процесса при работе на машинах с горизонтальной камерой прессования, с вертикальной камерой прессования. Схема процесса литья с использованием горячекамерной машины. Область применения литья под давлением.

Непрерывное литье. Сущность процесса. Подвижные кристаллизаторы. Кристаллизаторы скольжения. Намораживание. Кристаллизаторы с горизонтальной технологической осью. Вертикальное непрерывное литье. Область применения.

Центробежное литье. Сущность процесса. Формы с горизонтальной и вертикальной осями вращения. Особенности формирования отливки. Силы, действующие на инородные частицы в расплаве. Ликвация. Выбор частоты вращения формы.

Литье по выплавляемым моделям. Сущность процесса. Основные операции. Особенности формирования отливок. Преимущества и недостатки, область применения.

10. Оборудование для приготовления формовочных и стержневых материалов

Структура технологического цикла смесеприготовления. Оборудование для складирования формовочных материалов. Цеховые и базисные склады. Расчет длины разгрузочной линии.

Оборудование для приготовления свежих формовочных материалов. Сушила для песка и глины. Сушка песка в пневмопотоке и кипящем слое. Дробильно-размольное оборудование и его классификация. Щековые, валковые и молотковые дробилки. Шаровые и молотковые мельницы. Оборудование для подготовки оборотной формовочной смеси. Магнитные сепараторы. Оборудование для просеивания оборотных смесей. Устройство для гомогенизации и охлаждения оборотной смеси.

Оборудование для приготовления формовочных и стержневых смесей. Смесители циклического и непрерывного действия. Смешивающие литейные бегуны каткового и центробежного типа. Лопастные, барабанные и вихревые смесители. Разрыхлители формовочных смесей. Варианты автоматизации процесса смесеприготовления. Компоновка смесеприготовительных установок. Техника безопасности при работе в смесеприготовительных отделениях.

Оборудование с динамическими методами уплотнения форм. Импульсные методы уплотнения, высокоскоростное (ударное) прессование, уплотнение взрывом. Оборудование с уплотнением форм воздушным потоком с последующим прессованием (Seiatsu).

Встряхивающие формовочные машины. Особенности уплотнения форм встряхиванием. Классификация встряхивающих механизмов. Основы расчета встряхивающих механизмов. Уплотнение форм одновременным встряхиванием и прессованием. Конструктивные узлы и типы встряхивающих формовочных и стержневых машин.

Пескодувные формовочные машины. Уплотнение формовочных и стержневых смесей пескодувным методом. Пескострельный механизм. Конструктивные типы пескодувных и пескострельных машин. Машины для изготовления стержней из ХТС. Пескодувно-прессовые формовочные машины. Автоматические линии безопочной формовки. Поточные линии изготовления форм и стержней. Автоматизированные линии изготовления литейных форм. Автоматизированные стержневые линии.

Пескометы. Уплотнение смеси пескометным методом. Конструктивные типы пескометов. Рабочий процесс пескомета и его автоматизация. Техника безопасности при работе на формовочных и стержневых машинах.

11. Оборудование складов шихты и плавильных отделений, выбивки и очистки литья

Структурная схема технологического цикла получения жидкого металла в литейных цехах. Оборудование плавильных отделений. Флюсо-плавильные установки. Дозаторы. Автоматизация процесса заливки форм. Оборудование для ремонта ковшей, металлопроводов и набивных тиглей.

Автоматизированная выбивка форм. Устройства для выбивки стержней из отливок. Вибрационные машины и установки. Гидравлические, пескогидравлические и электрогидравлические установки для выбивки стержней.

Устройства для отделения элементов литниковых систем. Оборудование для очистки поверхности отливок. Дробеструйный и дробеметный методы очистки отливок. Поточные линии очистки отливок. Электрохимическая и электрогидравлическая очистка отливок. Техника безопасности при эксплуатации выбивного оборудования.

Оборудование для термической, гидравлической, механической, пневматической и ультразвуковой регенерации формовочных и стержневых смесей. Другие методы регенерации смесей и оборудование для их реализации.

12. Оборудование для охраны труда и защиты окружающей среды

Обеспыливающее оборудование. Установки по обезвреживанию отходящих газов. Устройства рациональной местной и обще обменной вентиляции, воздушного и водяного душирования в местах интенсивного теплового излучения. Установки для грануляции шлака.

Мероприятия по модернизации механического оборудования литейных цехов и заводов с целью уменьшения шума, вибрации, взрыво- и пожаробезопасности.

13. Новые процессы в литейном производстве

Внепечные методы обработки стали. Обработка рафинировочными электропечными шлаками. Обработка синтетическими шлаками. Обработка твердыми смесями десульфураторов. Инжекционная металлургия (продувка нейтральными газами и обработка реагентами в струе газа). Ковшовая вакуумная металлургия.

Плазменно-дуговая плавка металла. Конструктивные типы установок. Рафинирование и легирование стали при плазменно-дуговой плавке.

Электрошлаковое литье. Сущность, технологические возможности и особенности процесса. Сортамент отливок. Качественные показатели.

Основная литература

1. Голофаев А. Н. Технология литейного производства: В 2-х частях. Ч. I. Литье в песчаные формы. Учебное пособие. Компьютерная версия. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 290 с.
2. Голофаев А. Н., Гутько Ю. И. Технология литейного производства: ЧII. Проектирование литейной технологии: Учебное пособие. Компьютерная версия. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2018. – 256 с.
3. Марукович Е.И., Литейные сплавы и технологии / Е.И. Марукович, М.И. Карпенко - Минск : Белорус. наука, 2012. - 442 с. - ISBN 978-985-08-1499-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850814999.html>
4. Белов В.Д., Технология вакуумной плавки и литья: вакуумная плавка и производство фасонных отливок из титана и титановых сплавов / Белов В.Д. -

М.: МИСиС, 2013. - 107 с. - ISBN 978-5-87623-667-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876236678.html>

5. Голофаев А. Н. Проектирование оснастки и пресс-форм: Учебное пособие. Электронный ресурс. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 284 с.

6. Беляев С.В., Основы металлургического и литейного производства: учебное пособие / С.В. Беляев, И.О. Леушин. - Ростов н/Д: Феникс, 2016.

Дополнительная литература

1. Березюк В.Г., Специальные технологии художественной обработки материалов (по литейным материалам) : учеб.-метод. пособие / В.Г. Березюк [и др.] - Красноярск: СФУ, 2014. - 168 с. - ISBN 978-5-7638-2928-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763829280.html>

2. Белявский Г. И. Специальные виды литья [Текст]: Лабораторный практикум / Г. И. Белявский. - Чебоксары: Чуваш. ун-т, 1990. - 76 с. - ISBN 5-230-17991-0.

3. Горский А.И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства. – М.: Машиностроение, 1987– 551с.

4. Аксенов П.Н., Орлов Г.М., Благоданов В.П. Машины литейного производства. Атлас конструкций: Учебное пособие.– М.: машиностроение, 1982. – 152с.

5. Конюхов, В. Ю. Методы исследования материалов и процессов: учебное пособие для вузов / В. Ю. Конюхов, И. А. Гоголадзе, З. В. Мурга. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 226 с. — (Университеты России). – ISBN 978-5-534-05475-0. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — [URL: https://www.biblio-online.ru/bcode/439014](https://www.biblio-online.ru/bcode/439014)

6. Механические и технологические испытания конструкционных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Матюнин В.М., Марченков А.Ю. - М.: Издательский дом МЭИ, 2019. Режим доступа: <http://client.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013663.html>

7. Голофаев А.Н., Гутько Ю.И. Компьютерное проектирование литейной технологии: Учебное. – Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 410 с.

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Znanium» – <https://znanium.ru/>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

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

14. Материально-техническое обеспечение

Освоение дисциплины «Литейное производство» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

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
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

РЕФЕРАТ

**для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности
«Литейное производство»**

Тема реферата: «_____»

(шифр и наименование специальности)

Аспиранта _____
(Ф.И.О. в родительном падеже)

Направление и направленность подготовки _____

Тема научно-квалификационной работы
(диссертации) _____

Научный руководитель _____
(ученая степень, ученое звание, Ф.И.О.)

Заведующий кафедрой _____ / _____ (подпись)
(расшифровка подписи)

Лист изменений и дополнений

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