



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

20.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
***ТЕОРИЯ РАЗЛИВКИ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СТАЛИ***

Направление подготовки (специальность)  
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Metallurgy of black metals

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	1

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и химических технологий  
18.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
профессор кафедры МиХТ, д-р техн. наук

 А.М. Столяров

Рецензент:

Директор ООО "Шлаксервис", канд. техн. наук  А.Б. Великий

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от 31.08.2020 г. № 1  
Зав. кафедрой А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Теория разливки и кристаллизации стали» являются: разработка и осуществление технологических процессов получения и обработки металлов и сплавов, а также изделий из них; разработка мероприятий по управлению качеством продукции.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория разливки и кристаллизации стали входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Моделирование и оптимизация технологических процессов

Новые процессы в металлургии

Теория процессов выплавки и ковшевой обработки стали

Информационные технологии в металлургии

Проектирование металлургических объектов

Современный инжиниринг металлургического производства

Учебная - научно-исследовательская работа

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Ресурсосберегающие технологии в черной металлургии

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория разливки и кристаллизации стали» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
<b>ПК-9 Способен определять технические меры по непрерывной разливке стали</b>	
ПК-9.1	Решает задачи, связанные с состоянием оборудования для непрерывной разливки стали, анализирует работу оборудования для непрерывной разливки стали, отклонения параметров разливки от установленных значений
ПК-9.2	Организует бесперебойную работу по поставке металла для разливки стали,
ПК-9.3	Осуществляет контроль процесса разливки стали, состояния оборудования для разливки стали, его готовности для проведения адьюстажных работ
<b>ПК-4 Способен определять организационные меры для непрерывной разливки стали</b>	
ПК-4.1	Оценивает параметры процесса разливки и состояние технологического оборудования
ПК-4.2	Решает задачи, связанные с получением и передачей информации о состоянии оборудования, его неисправностях и мерах по их устранению, с согласованием и синхронизацией графиков поставки металла, эксплуатации оборудования в соответствии с сортаментом стали, смены задания, принимает решения по корректировке процесса разливки
ПК-4.3	Контролирует состояние основного и резервного оборудования для

	разливки стали и его готовность для проведения адъюстажных работ
--	--

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 13,9 академических часов;
- аудиторная – 10 академических часов;
- внеаудиторная – 3,9 академических часов
- самостоятельная работа – 193,4 академических часов;
- подготовка к экзамену – 8,7 академических часа

Форма аттестации - курсовая работа, экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
Содержание дисциплины								
1 Современная теория кристаллизации стали	1	0,5			10	Изучение литературы	Устный опрос	ПК-9.1, ПК-9.2, ПК-9.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
2 Теория непрерывной разливки стали		2		6/4И	163,4	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, подготовка к курсовой работе	Проверка результатов решения задач, защита курсовой работы	ПК-9.1, ПК-9.2, ПК-9.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
3 Современные литейно-прокатные комплексы		1			10	Изучение литературы	Устный опрос	ПК-9.1, ПК-9.2, ПК-9.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
4 Качество производимой продукции		0,5			10	Изучение литературы	Устный опрос	ПК-9.1, ПК-9.2, ПК-9.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
Итого по разделу		4		6/4И	193,4			
Итого за семестр		4		6/4И	193,4		кр, экзамен	
Итого по дисциплине		4		6/4И	193,4		курсовая работа, экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

В ходе проведения лекционных и практических занятий предусматривается:

– использование электронного демонстрационного материала по темам, требующим иллюстрации работы больших производственных комплексов: МНЛЗ, литейно-прокатных модулей и др.;

– активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, использование Интернет-ресурсов, видеообучение, использование имитаторов-тренажеров по непрерывной разливке стали в слябовые и сортовые заготовки.

Обучение происходит по образовательной технологии, связанной с инициированием творческого мышления у обучающихся: занятия проходят в диалоговом режиме при постоянном контакте с аудиторией и побуждением к мыслительному процессу.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Основы металлургического производства : учебник / В. А. Бигеев, К. Н. Вдовин, В. М. Колокольцев [и др.] ; под общей редакцией

В. М. Колокольцева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 616 с. — ISBN 978-5-8114-4960-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129223>

2. Рудской, А. И. Теория и технология прокатного производства : учебное пособие / А. И. Рудской, В. А. Лунев. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 528 с. — ISBN 978-5-8114-2287-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/76037>

### **б) Дополнительная литература:**

1. Симонян, Л. М. Металлургия спецсталей. Теория и технология спецэлектрометаллургии : учебное пособие / Л. М. Симонян, А. Е. Семин, А. И. Кочетов. — Москва : МИСИС, 2007. — 180 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117046>

2. Коминов, С. В. Производство стали в электропечах: обработка металла инертными газами : учебное пособие / С. В. Коминов, А. Е. Семин, Ф. В. Чуйков. — Москва : МИСИС, 2014. — 55 с. — ISBN 978-5-87623-777-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116983>

3. Богатырева, Е. В. Инженерные расчеты в металлургии : учебное пособие / Е. В. Богатырева. — Москва : МИСИС, 2015. — 203 с. — ISBN 978-5-87623-867-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116602>

### **в) Методические указания:**

1. Селиванов В.Н., Столяров А.М. Определение технологических параметров разливки стали на слябовой МНЛЗ / Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине «Разливка и кристаллизация стали» – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2016. 20 с.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:



1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для выполнения курсовых работ оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
4. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
6. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
  - инструментами для ремонта учебного оборудования;
  - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Теория разливки и кристаллизации стали» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение задач и работу на имитаторах-тренажерах на практических занятиях.

На практических занятиях обучающиеся решают задачи по определению основных параметров технологии непрерывной разливки стали на МНЛЗ и выполняют задания на имитаторах-тренажерах: знакомство с оборудованием слябовой и сортовой МНЛЗ, технологией разливки стали закрытой и открытой струей.

### Вопросы для устного опроса:

1. Классификация МНЛЗ. Достоинства и недостатки МНЛЗ с изогнутой технологической осью.
2. Сталеразливочный стенд.
3. Промежуточный ковш.
4. Кристаллизатор МНЛЗ.
5. Зона вторичного охлаждения МНЛЗ.
6. Порезка непрерывнолитой заготовки на мерные длины.
7. Затравка МНЛЗ.
8. Подготовка МНЛЗ к разливке стали.
9. Температурно-скоростной режим разливки стали на МНЛЗ.
10. Защита металла в процессе разливки от вторичного окисления.
11. Шлакообразующие смеси.
12. Первичное охлаждение непрерывнолитой заготовки.
13. Вторичное охлаждение непрерывнолитой заготовки.
14. Формирование непрерывнолитой заготовки.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу дисциплины с проработкой материала и подготовкой к защите курсовой работы и экзамену.

Курсовая работа выполняется по определению основных технологических параметров непрерывной разливки стали на слябовых и сортовых МНЛЗ. Пример одного из вариантов задания на выполнение курсовой работу приведен в приложении 2.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-4: Способен определять организационные меры для непрерывной разливки стали</b>		
<b>ПК-4.1</b>	Оценивает параметры процесса разливки и состояние технологического оборудования	<p><b>Вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация МНЛЗ. Достоинства и недостатки МНЛЗ с изогнутой технологической осью.</li> <li>2. Сталеразливочный стенд.</li> <li>3. Промежуточный ковш.</li> <li>4. Кристаллизатор МНЛЗ.</li> <li>5. Зона вторичного охлаждения МНЛЗ.</li> <li>6. Порезка непрерывнолитой заготовки на мерные длины.</li> <li>7. Затравка МНЛЗ.</li> <li>8. Подготовка МНЛЗ к разливке стали.</li> <li>9. Температурно-скоростной режим разливки стали на МНЛЗ.</li> <li>10. Защита металла в процессе разливки от вторичного окисления.</li> <li>11. Шлакообразующие смеси.</li> <li>12. Первичное охлаждение непрерывнолитой заготовки.</li> <li>13. Вторичное охлаждение непрерывнолитой заготовки.</li> <li>14. Формирование непрерывнолитой заготовки.</li> </ol>
<b>ПК-4.2</b>	Решает задачи, связанные с получением и передачей информации о состоянии оборудования, его неисправностях и мерах по их устранению, с согласованием и синхронизацией графиков поставки	<p><i>Работать на ЭВМ с имитаторами-тренажерами непрерывной разливки стали на слябовой и сортовой МНЛЗ.</i></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	металла, эксплуатации оборудования в соответствии с сортаментом стали, смены задания, принимает решения по корректировке процесса разлива	
<b>ПК-4.3</b>	Контролирует состояние основного и резервного оборудования для разлива стали и его готовность для проведения адьюстажных работ	<i>Приемами использования компьютерных программ для решения задач по непрерывной разливу стали на МНЛЗ.</i>
<b>ПК-9: Способен определять технические меры по непрерывной разливу стали</b>		
<b>ПК-9.1</b>	Решает задачи, связанные с состоянием оборудования для непрерывной разлива стали, анализирует работу оборудования для непрерывной разлива стали, отклонения параметров разлива от установленных значений	<p><b>Вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зарождение и рост кристаллов.</li> <li>2. Кристаллическая структура непрерывнолитой заготовки.</li> <li>3. Усадочные явления при кристаллизации стали.</li> <li>4. Ликвация элементов и химическая неоднородность заготовки.</li> <li>5. Перераспределение газов и неметаллических включений при кристаллизации металла.</li> <li>6. Особенности современных литейно-прокатных комплексов.</li> <li>7. Внутренние дефекты непрерывнолитой заготовки.</li> <li>8. Поверхностные дефекты непрерывнолитой заготовки.</li> <li>9. Дефекты формы непрерывнолитой заготовки.</li> </ol>
<b>ПК-9.2</b>	Организует бесперебойную работу по поставке металла для разлива стали	<p><b>Определять:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– толщину слоя затвердевшего металла в непрерывнолитой заготовке для различных мест технологического канала МНЛЗ;</li> <li>– продолжительность затвердевания непрерывнолитых заготовок различного сечения;</li> <li>– продолжительность разлива металла на МНЛЗ;</li> <li>– протяженность лунки жидкого металла внутри непрерывнолитых заготовок;</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>– диаметр отверстия канала разливочного стакана в сталеразливочном и промежуточном ковшах для условий разливки стали на МНЛЗ; – производительность МНЛЗ.</p>
ПК-9.3	Осуществляет контроль процесса разливки стали, состояния оборудования для разливки стали, его готовности для проведения адъюстажных работ	<p align="center"><b>Пример задания на выполнение курсовой работы</b>  Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»</p> <p align="center">Кафедра металлургии и химических технологий</p> <p align="center"><b>З А Д А Н И Е</b>  на выполнение курсовой работы по дисциплине  «Разливка и кристаллизация стали»</p> <p align="center">обучающемуся гр. _____</p> <p>Выполнить расчет непрерывной разливки стали на пятиручьевой МНЛЗ радиального типа для следующих условий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вместимость сталеразливочного ковша 180 т;</li> <li>- металлургическая длина МНЛЗ 24 м;</li> <li>- длина кристаллизатора 900 мм;</li> <li>- радиус кривизны базовой стенки кристаллизатора 9,0 м;</li> <li>- марка стали 15ХСНД;</li> <li>- размеры поперечного сечения заготовки 150×150 мм;</li> </ul> <p>Характеристика зоны вторичного охлаждения приведена на оборотной стороне задания. Другие данные, необходимые для расчета, принять самостоятельно.</p> <p align="center">Содержание работы:</p> <p>1. Определение параметров жидкого металла (<math>[S]</math>, <math>[P]</math>, <math>t</math>).</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>2. Расчёт продолжительности затвердевания заготовки.  3. Определение рабочей скорости и диапазона скоростей разливки.  4. Определение скорости разливки и диаметра каналов стаканов в сталеразливочном и промежуточном ковшах.  5. Определение параметров настройки кристаллизатора и зоны вторичного охлаждения (ЗВО).  6. Определение основных параметров системы охлаждения кристаллизатора.  7. Расчёт режима вторичного охлаждения заготовки при вытягивании ее со скоростью 2,5 м/мин.  8. Расчет длительности разливки плавки при рабочей скорости вытягивания заготовки.  9. Расчет годовой производительности МНЛЗ.</p> <p style="text-align: center;">Руководитель работы: проф., д.т.н. <span style="float: right;">А.М. Столяров</span></p>

## **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория разливки и кристаллизации стали» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, защиту курсовой работы.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает два теоретических вопроса и одно практическое задание в виде задачи.

### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе его написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Теория разливки и кристаллизации стали». При выполнении курсового проекта обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсового проекта обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

### **Показатели и критерии оценивания курсовой работы:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты проекта обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи