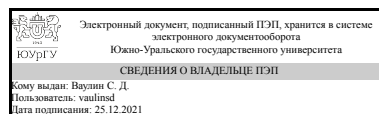


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



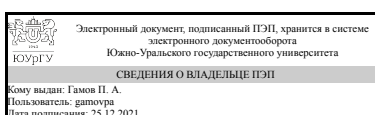
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.М1.08.01 Теория и технологии непрерывной разливки стали  
**для направления** 22.04.02 Metallургия  
**уровень** Магистратура  
**магистерская программа** Искусственный интеллект в металлургии  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Пирометаллургические и литейные технологии

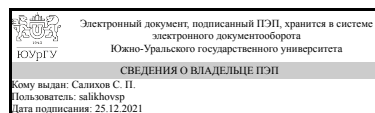
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия, утверждённым приказом Минобрнауки от 24.04.2018 № 308

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



П. А. Гамов

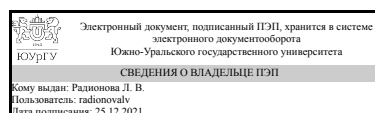
Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



С. П. Салихов

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
к.техн.н., доц.



Л. В. Радионова

## 1. Цели и задачи дисциплины

Глобальная цель преподавания и изучения дисциплины - создание системы знаний по разливке стали, особенностям протекания физико-химических процессов при кристаллизации, а так же знакомство с современными тенденциями развития разливки стали.

## Краткое содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 180 ч. Зачётных единиц 5. Контактная работа 74.5 ч. Экзамен. Краткое содержание: Теория и технология процессов разливки. Основные технологические параметры разливки. Кристаллизация стали. Подготовка расплава к разливке. Непрерывная разливка.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен управлять реальными технологическими процессами и оборудованием для плавления стали, её внепечной обработки и непрерывной разливки	Знает: как решать профессиональные задачи по разработке технологических процессов и подбору оборудования Умеет: осуществлять сбор и изучение научно-технической информации по теме исследований и разработок Имеет практический опыт: оценивать результаты теоретического обобщения научных и практических данных, результатов экспериментов и наблюдений
ПК-2 Способен проводить анализ технологических и физических процессов при непрерывной разливке стали для выбора путей, мер и средств управления качеством продукции с разработкой предложений по совершенствованию технологических процессов	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов при непрерывной разливке стали Умеет: выбирать пути, меры и средства управления качеством продукции Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом практических достижений

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Литейно-прокатные агрегаты, Теория и технология процессов производства стали, Роль материаловедения в технологических процессах производства изделий, Современные методы исследования материалов и процессов, Ресурсо- и энергосбережение в металлургии, Моделирование металлургических процессов	Производственная практика, научно-исследовательская работа (4 семестр), Производственная практика, преддипломная практика (4 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Роль материаловедения в технологических процессах производства изделий	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов при непрерывной разливки стали Умеет: выбирать пути, меры и средства управления качеством продукции , проводить анализ технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством продукции Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом практических достижений
Моделирование металлургических процессов	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов при непрерывной разливки стали Умеет: выбирать пути, меры и средства управления качеством продукции с учетом теоретических и практических достижений, проводить анализ технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством продукции, используя моделирование металлургических процессов Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом практических достижений
Литейно-прокатные агрегаты	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов при непрерывной разливки стали, как решать профессиональные задачи по разработке технологических процессов и подбору оборудования Умеет: обосновать предложения по совершенствованию технологических процессов и оборудования прокатного производства, выбирать пути, меры и средства управления качеством продукции с учетом современных достижений науки и практики, осуществлять сбор и изучение научно-технической информации по теме исследований и разработок Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов и оборудования прокатного производства, разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом практических достижений, оценивать результаты теоретического обобщения научных и практических данных, результатов экспериментов и наблюдений
Теория и технология процессов производства стали	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов при непрерывной разливки стали , как решать профессиональные задачи по разработке технологических процессов и подбору оборудования Умеет: выбирать пути,

	меры и средства управления качеством продукции , осуществлять сбор и изучение научно-технической информации Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом практических достижений, оценивать результаты теоретического обобщения научных и практических данных, результатов экспериментов и наблюдений
Современные методы исследования материалов и процессов	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов при непрерывной разливки стали с учетом современных методов исследования Умеет: выбирать пути, меры и средства управления качеством продукции с учетом современных достижений науки и практики, проводить анализ технологических процессов для выработки предложений по управлению качеством продукции, используя современные методы исследования материалов и процессов Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом современных достижений
Ресурсо- и энергосбережение в металлургии	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов при непрерывной разливки стали , как решать профессиональные задачи по разработке технологических процессов и подбору оборудования Умеет: выбирать пути, меры и средства управления качеством продукции с учетом мировых достижений, осуществлять сбор и изучение научно-технической информации передовых достижений по теме исследований и разработок Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом практических достижений, оценивать результаты теоретического обобщения научных и практических данных, результатов экспериментов и наблюдений

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 74,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	180	180
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды	32	32

аудиторных занятий (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа (СРС)	105,5	105,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Подготовка к экзамену	45,5	45,5
Подготовка к управлению моделью непрерывной разливки	60	60
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Теория процесса кристаллизации стали	32	16	16	0
2	Технология непрерывной разливки стали	32	0	16	16

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1,2	1	Введение в теорию процесса кристаллизации	4
3-5	1	Структура жидких расплавов.	6
6-8	1	Усадка, кристаллизация и ликвация в процессе кристаллизации	6

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1,2	1	Понятие вещества. Молекулы, атомы, элементарные частицы. Основные свойства частиц, их взаимодействие. Виды фундаментального взаимодействия, их дальное действие, энергия взаимодействия. Межчастичное расстояние и межчастичное взаимодействие как характеристика состояния вещества. Агрегатное состояние. Твердое, жидкое, газообразное состояния. Конденсированное и газовое состояния. Кристаллическое и аморфное твердые состояния, кристаллические жидкости, плазменное, нейтронное и другие возможные формы существования вещества. Предельные состояния вещества. Идеальные кристаллы и идеальные газы.	4
3-5	1	Изменение объема при нагреве и плавлении металлов. Температура плавления. Влияние давления на температуру плавления. Теплота плавления. Изменение энтропии. Изменение теплоемкости. Изменение электропроводности. Изменение теплопроводности. Механические свойства. Связь температуры плавления, теплоты плавления и теплоты испарения металлов с электронным строением их атомов. Модель жестких сфер. Структурная модель Бернала. Дырочная теория. Модель свободного объема. Теория сиботаксисов. Квазиполикристаллическая модель. Квазихимическая модель. Кластерная модель. Изменение свойств (вязкости, поверхностного натяжения, плотности, электропроводности и теплопроводности) расплавов чистых металлов в ходе цикла нагрев - охлаждение. Температура кристаллизации и переохлаждение расплавов	6

		чистых металлов. Гомогенное образование зародышей и нормальный рост кристаллов в однокомпонентных расплавах. Структура расплавленного железа. Расплавы железо-углерод, железо-кислород, железо-никель, железо - легирующие элементы. Строение и свойства расплавленной стали. Неравновесные состояния многокомпонентных расплавов. Термовременная обработка расплавов. Связь технологических процессов выплавки стали со строением и свойствами расплава. Металлургическая наследственность.	
6-8	1	Образование зародышей новой фазы в бинарных и многокомпонентных расплавах. Кинетика кристаллизации. Равновесная и неравновесная кристаллизация металлических расплавов, образующих простой твердый раствор, эвтектических сплавов, перитектических сплавов, систем с интерметаллическими соединениями. Дендритный рост кристаллов, коэффициент распределения, образование эвтектики при дендритной кристаллизации. Методы воздействия на процесс кристаллизации и формирование кристаллической структуры металла. Принудительная кристаллизация в условиях направленного теплоотвода. Получение монокристаллов.	6
9,10	2	Введение. Предмет, цель и задачи дисциплины. История развития разливки стали. Основные технологические параметры разливки. Изменение температуры и скорости разливки стали в процессе ее выпуска из ковша.	4
11-13	2	Структура слитка спокойной стали. Дефекты стального слитка. Управление качеством слитка. Особенности процессов образования зародышей кристаллизации. Образование твердой фазы. Распределение примесей при кристаллизации. Объемная и последовательная кристаллизация. Тепловой баланс процесса кристаллизации	6
14-16	2	Устройство сталеразливочного ковша и механизмов для выпуска стали из него. Огнеупорные материалы. Конструкция и параметры изложницы. Оборудование для сифонной разливки стали. Машины непрерывной разливки стали: типы машин, конструкция, вспомогательное оборудование, типы кристаллизаторов, производительность. Преимущества и недостатки различных типов МНЛЗ Технологические возможности управления процессом кристаллизации и формирования структуры слитка при разливке стали в изложницы и на МНЛЗ. Температура выпуска стали из печи и температура разливки. Влияние внепечной обработки на структуру слитка. Защита металла от окисления при разливке.	6

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1,2	2	Основные технологические параметры разливки. Структура слитка спокойной стали	4
3-5	2	Дефекты стального слитка. Кристаллизация стали. Оборудование для разливки стали. Технология разливки стали	6
6-8	2	Моделирование процесса непрерывной разливки	6

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС	
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс
Подготовка к	Рощин В.Е., Рощин А.В. Электрометаллургия и металлургия стали. Учебник. Челябинск: Ю

экзамену	2013. – 572 с. <a href="https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000504476?base=SUSU_METHOD&amp;key=000504476">https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000504476?base=SUSU_METHOD&amp;key=000504476</a> Разделы 3, 4, 6
Подготовка к управлению моделью непрерывной разливки	Рощин В.Е., Рощин А.В. Электрометаллургия и металлургия стали. Учебник. Челябинск: ЮУрГУ, 2013. – 572 с. <a href="https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000504476?base=SUSU_METHOD&amp;key=000504476">https://lib.susu.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000504476?base=SUSU_METHOD&amp;key=000504476</a> Разделы 3, 4, 6 Сайт с металлургическими моделями <a href="https://steeluniversity.org/">https://steeluniversity.org/</a>

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	3	Текущий контроль	Защита лабораторной работы	1	20	Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студент проводит моделирование в присутствии преподавателя. Оценивается правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 3 вопроса). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены правильные методики технологических параметров – 5 балл - правильный ответ на один вопрос – 5 балл Максимальное количество баллов – 20	экзамен
2	3	Текущий контроль	Презентация реферата	1	20	Презентация реферата осуществляется на проекторе для всех студентов. Студентом предоставляется оформленная презентация. Оценивается качество оформления и ответы на вопросы (задаются 3 вопроса). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - качество презентации – 5 баллов - правильный ответ на один вопрос – 5 баллов Максимальное количество баллов – 20.	экзамен

3	3	Текущий контроль	Реферат и его защита	1	20	Защита реферата осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный реферат. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса). При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены актуальные и необходимые сведения, выводы логичны и обоснованы – 5 баллов - оформление работы соответствует требованиям – 5 баллов - правильный ответ на один вопрос – 5 баллов Максимальное количество баллов – 20.	экзамен
4	3	Бонус	активная работа на занятиях	1	20	За активное участие (работа у доски, ответы на вопросы, вопросы к докладчикам) можно получить до 2 баллов за занятие. Максимально возможная величина бонусрейтинга +20 баллов	экзамен
5	3	Промежуточная аттестация	Экзамен	1	40	Студент получает случайный билет с двумя вопросами. Подготавливает письменный ответ по билету. Время подготовки 30 минут. В случае необходимости устное обсуждение ответов. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 20 баллам. Правильный ответ с небольшими ошибками соответствует 15 баллам. Правильный ответ с грубыми ошибками соответствует 5 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 Максимальное количество баллов – 40.	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Если сумма набранных баллов за мероприятия текущего	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения



	<p>контроля больше 60%, то выставляется удовлетворительно, если больше 75% - хорошо, больше 85% - отлично. Если баллов недостаточно проводится письменный опрос. Студент получает случайный билет с двумя вопросами.</p> <p>Подготавливает письменный ответ по билету. Время подготовки 30 минут. В случае необходимости устное обсуждение ответов. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 20 баллам. Правильный ответ с небольшими ошибками соответствует 15 баллам. Правильный ответ с грубыми ошибками соответствует 5 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллам. Максимальное количество баллов – 40.</p>	
--	---	--

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-1	Знает: как решать профессиональные задачи по разработке технологических процессов и подбору оборудования		+			+
ПК-1	Умеет: осуществлять сбор и изучение научно-технической информации по теме исследований и разработок		+			+
ПК-1	Имеет практический опыт: оценивать результаты теоретического обобщения научных и практических данных, результатов экспериментов и наблюдений		+			+
ПК-2	Знает: как проводить анализ технологических и физических процессов при непрерывной разливки стали	+		+		+
ПК-2	Умеет: выбирать пути, меры и средства управления качеством продукции	+				+
ПК-2	Имеет практический опыт: разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов с учетом практических достижений	+		+		+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Роцин, В. Е. Электрометаллургия и металлургия стали [Текст] учебник для вузов по направлению 150400.68 - "Металлургия" В. Е. Роцин, А. В. Роцин ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2013. - 571, [1] с. ил. электрон. версия

#### б) дополнительная литература:

1. Роцин, В. Е. Физические основы плавления и отвердевания металлов [Текст] учеб. пособие для вузов по направлениям подгот. 550500 (150100.62) и 651300 (150101.65) - "Металлургия" В. Е. Роцин, А. В. Роцин ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 128, [1] с. ил.

2. Знаменский, Л. Г. Теория литейных процессов [Текст] учеб. пособие для вузов по специальности 150104 "Литейное пр-во черных и цв. металлов" Л. Г. Знаменский, О. В. Ивочкина ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; Каф. Литейное пр-во ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2011. - 146, [1] с. ил. электрон. версия

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Реферативный журнал «Металлургия».
2. «Заводская лаборатория».
3. «Известия вузов. Черная металлургия».
4. «Металлург».
5. «Порошковая металлургия».
6. «Сталь».
7. «Metallurgical and Materials Transactions».

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические пособия для самостоятельной работы студента

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические пособия для самостоятельной работы студента

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Семина, А.Е. Современные проблемы металлургии и материаловедения: практикум. [Электрон-ный ресурс] / А.Е. Се-мин, А.В. Алпатов, Г.И. Котельников. — Элек-трон. дан. — М. : МИ-СИС, 2015. — 56 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/69778">http://e.lanbook.com/book/69778</a> — Загл. с экрана.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Лузгин, В.П. Теория и технология металлургии стали. [Электронный ресурс] / В.П. Лузгин, А.Е. Семин, О.А. Комолова. — Электрон. дан. — М. : МИСИС, 2010. — 72 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/2062">http://e.lanbook.com/book/2062</a> — Загл. с экрана
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шишляев, В. Н. Основы кристаллизаций сплавов : учебное пособие / В. Н. Шишляев. — Пермь : ПНИПУ, 2006. — 161 с. — ISBN 5-88151-527-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/160751">https://e.lanbook.com/book/160751</a> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. EBSCO Information Services-EBSCOhost Research Databases(бессрочно)
2. -Информационные ресурсы ФИПС(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	115 (1)	персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. доска, проектор, компьютер, стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации
Практические занятия и семинары	115 (1)	персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. доска, проектор, компьютер, стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации
Самостоятельная работа студента	115 (1)	персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. доска, проектор, компьютер, стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации
Лабораторные занятия	115 (1)	персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. доска, проектор, компьютер, стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации
Экзамен	115 (1)	персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. доска, проектор, компьютер, стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации