

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
ГГТУ им. П.О. Сухого

А.А. Бойко

\_\_\_\_\_ (подпись)

04.07. 2019

\_\_\_\_\_ (дата утверждения)

Регистрационный № УД-<sub>маг</sub> 118 /уч.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАВКИ СПЛАВОВ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1-42 80 01 «Инновационные технологии в металлургии»

2019

Учебная программа составлена на основе:  
образовательного стандарта ОСВО 1-42 80 01-2019;  
учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-42 80 01 «Инновационные технологии в металлургии»  
№ I 42-2-05/уч. 03.04.2019, № I 42-2-13/уч. 03.04.2019.

### **СОСТАВИТЕЛЬ**

Л.Е.Ровин, доцент кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент.

### **РЕЦЕНЗЕНТ**

Н.Н. Бардюгов, главный металлург ОАО «СтанкоГомель»

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ**

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 6 от 02.05.2019);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 6 от 21.05.2019);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 6 от 26.06.2019).

Регистрационный номер МТФ: № УД 056-18/уч.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа нового поколения по курсу «Современные технологии плавки сплавов черных и цветных металлов» предназначена для преподавателей в качестве руководства в работе с магистрантами специальности 1-42 80 01 «Инновационные технологии в металлургии».

Программа составлена в соответствии с «Порядком разработки и утверждения учебных программ и программ практики для реализации содержания образовательных программ высшего образования», образовательным стандартом и учебными планами специальности.

### **Цели и задачи учебной дисциплины**

Современная техника предъявляет все более высокие требования к качеству металлов и сплавов. Для целого ряда изделий машиностроения, радиоэлектронной, приборостроительной промышленности, космической техники и т.п. требуются высококачественные стали, цветные и специальные сплавы, отличающиеся высокими служебными свойствами, однородностью по структуре, отсутствием дефектов кристаллизационного происхождения.

Во всех промышленно развитых странах все большее развитие получают специальные процессы электроплавки, новые типы плавильных агрегатов, позволяющие получать металлы и изделия ответственного назначения, обеспечивающие ресурсосбережение, снижение энергозатрат, вредных выбросов и высокий уровень автоматизации.

Объектом изучения дисциплины «Современные технологии плавки сплавов черных и цветных металлов» являются перспективные технологии и плавильные агрегаты, способы интенсификации плавки, методы и примеры модернизации печей, используемых в металлургии и литейном производстве.

Целью дисциплины является изучение перспективных видов и особенностей конструкций оборудования и режимов технологических процессов плавки, подготовка специалиста к практической работе, связанной с выбором и осуществлением рациональной технологии выплавки качественных сталей и сплавов с заданными свойствами.

Задачами дисциплины является получение магистрантами знаний по новым и перспективным технологиям и агрегатам, способам интенсификации плавки, модернизации печей, используемых в металлургии и литейном производстве основным методикам расчета этого оборудования.

### **Место учебной дисциплины**

Дисциплина «Современные технологии плавки сплавов черных и цветных металлов» является одной из прикладных и базовых учебных дисциплин магистратуры, вопросы по ней являются частью билетов Государственной экзаменационной комиссии.

## **Требования к знаниям и умениям магистрантов после изучения дисциплины**

В результате изучения дисциплины магистранты должны:

*знать:*

- теорию и технологию специальных процессов электроплавки стали и ферросплавов;
- методы и способы интенсификации процессов плавки;
- новые процессы и агрегаты для получения высококачественных сплавов;
- новые процессы и агрегаты, обеспечивающие ресурсосбережение, включая рециклинг и рекуперацию.

*уметь:*

- управлять физико-химическими процессами, протекающими в плавильных агрегатах;
- выбирать и рассчитывать рациональные режимы и параметры плавильных установок и оптимизации технологии плавки.

*владеть:*

- приемами анализа и оценки эффективности технических решений в области плавки сплавов;
- методами расчета теплового баланса, топливоиспользования и экономических параметров;
- методами сравнительной оценки технологических характеристик процессов получения высококачественных сплавов в различных агрегатах.

## **Требования к компетентности специалиста**

Требования к специальным компетенциям специалиста

Магистр должен:

- СК-1 Уметь адаптировать современные технологии плавки сплавов черных и цветных металлов, способы внепечной обработки расплавов для получения новых конструкционных материалов требуемой чистоты по содержанию вредных примесей и неметаллических включений.

Требования к иным компетенциям специалиста

Магистр должен:

- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
- работать с научной, технической и патентной литературой, словарями, справочными материалами, рационально использовать справочную литературу по выбору материалов, технологий их обработки, обеспечивающих необходимые показатели свойств изделий;
- быть готовым к работе над комплексными проектами;
- взаимодействовать со специалистами смежных профессий, анализировать и оценивать собранные данные;

- быть способным оценивать функциональные возможности сложного исследовательского оборудования и границы применения теоретических моделей;
- на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности.

### **Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий**

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Современные технологии плавки сплавов черных и цветных металлов» для специальности 1-42 80 01 «Инновационные технологии в металлургии» составляет для всех форм получения образования – 90 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах, составляет 3 зачетных единицы.

Форма получения высшего образования: дневная и заочная.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

<b>Вид занятий, курс, семестр</b>	<b>Дневная форма</b>	<b>Заочная форма</b>
Курс	1	1
Семестр	1	1,2
Лекции (часов)	34	10
Лабораторные занятия (часов)		
Всего аудиторных (часов)	34	10
<b>Форма текущей аттестации по учебной дисциплине</b>		
Экзамен (семестр)	1	2

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

**Введение. Современное состояние техники плавки.** Общие сведения о перспективных способах плавки черных и цветных сплавов. Основные принципы создания новых процессов и агрегатов, ресурсосбережение, экология, компьютеризация производства.

### **Раздел 1. Технологии и агрегаты электроплавки.**

Тема 1.1. Основные принципы создания новых процессов электродуговой плавки. Сверхмощные печи. Интенсификация плавки: повышение удельной мощности, использование рекуперации тепла, предварительный нагрев шихты, шахтно-дуговые печи. Печи переменного и постоянного тока.

Тема 1.2. Повышение теплового к.п.д. печей, использование альтернативных энергоносителей. Модернизация печей, периферийных устройств, систем очистки выбросов. Управление процессами плавки, системы контроля. Методы получения высококачественных и специальных сталей.

Тема 1.3. Теплоизоляция дуговых печей, футеровка, замкнутое водяное охлаждение. Герметизация печей.

Тема 1.4. Индукционный нагрев. Перспективные конструкции печей и варианты технологии плавки черных сплавов. Применение индукционных печей для плавки цветных сплавов. Дуплекс – процессы с использованием индукционных печей. Индукционные миксеры и заливочные установки. Материалы для тигля.

### **Раздел 2. Топливные печи.**

Тема 2.1. Шахтные плавильные печи. Комплексные ваграночные установки закрытого типа. Рекуперация тепла и основные схемы рекуператоров. Методы снижения удельных затрат кокса, раздельное дутье, альтернативные виды топлива. Системы обезвреживания и очистки выбросов. Системы дозирования и загрузки шихты. Модернизация действующих вагранок. Получение высококачественного чугуна.

Тема 2.2. Ротационные плавильные печи. Рециклинг дисперсных металлоотходов черных и цветных сплавов. Конструктивные особенности и режимы плавки дисперсных металлических и многокомпонентных материалов. Использование отходов в качестве дополнительного топлива и восстановителя.

Тема 2.3. Устройства сжигания топлива разного вида. Способы повышения температуры продуктов горения, использование кислорода.

### **Раздел 3. Специальные виды электроплавки.**

Тема 3.1. Устройство и технология плавки в вакуумно-индукционных печах. Плавка и конструкция вакуумно-дуговых печей. Плазмотроны. Плазменные и плазменно-дуговые установки.

Тема 3.2. Процессы электрошлакового переплава и электрошлакового литья, гарнисажные печи. Особенности и области применения.

Тема 3.3. Устройство и процессы плавки металлов в электроннолучевых печах. Применение ЭЛП при получении высококачественных сплавов. Перспективы развития специальных процессов электроплавки.

#### **Раздел 4. Внепечная обработка сплавов.**

Тема 4.1. Специальная обработка жидкого металла и агрегаты для внепечной ковшевой обработки сплавов. Установки печь-ковш, системы продувки и введения присадок в расплав. Вакуумирование и сравнительный анализ эффективности различных способов и типов вакууматоров.

Тема 4.2. Методы повышения качества сплавов. Методы контроля качества сплавов и готовой продукции. Перспективы развития металлургии и литейного производства в Республике Беларусь.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов	Форма контроля зна
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Современное состояние техники плавки.	2	-					Устный опрос
	<b>Раздел 1. Технологии и агрегаты электроплавки</b>							Устный опрос
1.1	Основные принципы создания новых процессов электродуговой плавки.	4						Устный опрос
1.2	Повышение теплового к.п.д. печей, использование альтернативных энергоносителей.	2						Устный опрос
1.3	Теплоизоляция дуговых печей, футеровка, замкнутое водяное охлаждение. Герметизация печей.	2						Устный опрос
1.4	Индукционный нагрев. Перспективные конструкции печей и варианты технологии плавки черных сплавов.	4						Устный опрос
<b>2</b>	<b>Раздел 2 Топливные печи</b>		-	-		-	-	
2.1	Шахтные плавильные печи. Комплексные ваграночные установки закрытого типа.	4						Устный опрос
2.2	Ротационные плавильные печи. Рециклинг дисперсных металлоотходов черных и цветных сплавов.	4						Устный опрос
2.3	Устройства сжигания топлива разного вида. Способы повышения температуры продуктов горения, использование кислорода.	2						Устный опрос
<b>3</b>	<b>Раздел 3 Специальные виды электроплавки</b>		-	-		-	-	
3.1	Устройство и технология плавки в вакуумно-индукционных печах.	2						Устный опрос
3.2	Процессы электрошлако-	2						Устный опрос

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	вого переплава и электрошлакового литья, гарнисажные печи. Особенности и области применения.							
3.3	Устройство и процессы плавки металлов в электроннолучевых печах.	2						Устный опрос
<b>4</b>	<b>Раздел 4 Внепечная обработка сплавов</b>		-	-		-	-	Устный опрос
4.1	Специальная обработка жидкого металла и агрегаты для внепечной ковшевой обработки сплавов.	2						Устный опрос
4.2	Методы повышения качества сплавов. Методы контроля качества сплавов и готовой продукции.	2						Устный опрос
<b>Итого (часов) по дисциплине:</b>		<b>34</b>	-	-		-	-	<b>экзамен</b>

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Заочная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов	Форма контроля зна
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Современное состояние техники плавки.	0,5	-					Устный опрос
	<b>Раздел 1. Технологии и агрегаты электроплавки</b>							Устный опрос
1.1	Основные принципы создания новых процессов электродуговой плавки.	0,5						Устный опрос
1.2	Повышение теплового к.п.д. печей, использование альтернативных энергоносителей.	0,5						Устный опрос
1.3	Теплоизоляция дуговых печей, футеровка, замкнутое водяное охлаждение. Герметизация печей.	0,5						Устный опрос
1.4	Индукционный нагрев. Перспективные конструкции печей и варианты технологии плавки черных сплавов.	1						Устный опрос
2	<b>Раздел 2 Топливные печи</b>		-	-		-	-	
2.1	Шахтные плавильные печи. Комплексные ваграночные установки закрытого типа.	1						Устный опрос
2.2	Ротационные плавильные печи. Рециклинг дисперсных металлоотходов черных и цветных сплавов.	1						Устный опрос
2.3	Устройства сжигания топлива разного вида. Способы повышения температуры продуктов горения, использование кислорода.	1						Устный опрос
3	<b>Раздел 3 Специальные виды электроплавки</b>		-	-		-	-	
3.1	Устройство и технология плавки в вакуумно-индукционных печах.	1						Устный опрос
3.2	Процессы электрошлако-	0,5						Устный опрос

	вого переplava и электрошлакового литья, гарнисажные печи. Особенности и области применения.							
3.3	Устройство и процессы плавки металлов в электроннолучевых печах.	0,5						Устный опрос
<b>4</b>	<b>Раздел 4 Внепечная обработка сплавов</b>		-	-		-	-	Устный опрос
4.1	Специальная обработка жидкого металла и агрегаты для внепечной ковшевой обработки сплавов.	1						Устный опрос
4.2	Методы повышения качества сплавов. Методы контроля качества сплавов и готовой продукции.	1						Устный опрос
<b>Итого (часов) по дисциплине:</b>		<b>10</b>	-	-		-	-	<b>экзамен</b>

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Основная литература

1. Арутюнов В.А., Бухмистров В.В., Крупенников С.А.; Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей./ под науч.ред. Арутюнова В.А.// под науч. ред. Арутюнова В.А.- Москва: Metallurgia, 1990. – 238 с.
2. Михайлов Д.П. печи литейных цехов: учебное пособие для вузов / Д.П.Михайлов, А.Н. Болдин, А.Н. Граблев. – 2-е изд. стер.- Старый Оскол: ТНТ.2017.-495с.
3. Глинков М.А., Глинков Г.М. Общая теория тепловой работы печей.:Учебник для вузов. – Москва: Metallurgia, 1990. – 230 с.
4. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах: учебное пособие для вузов./Под ред. В.И. Тимошпольского // Тимошпольский В.И., Трусова И.А., Стеблов А.Б., Павлюченков И.А. – Минск: Высшая школа, 1992. – 217с.

## Дополнительная учебная и научная литература

- 1.Б.Н.Бондаренко и др. Теория и технология бескоксовой металлургии. – К.,Навукова думка. 2003. -503с.
- 2.А.Н.Макаров. Теория и практика теплообмена в электродуговых и факельных печах, топках, камерах сгорания. 4.1 -Тверь ТГТУ, 2007 -184с.
- 3.Y.N.Toulouesvski, I.Y.Zinurov/ Innovation in Electric Arc Furnaces. London, Springer, 2010 -267с.
- 4.А.В.Егоров. Расчет мощности и параметров электропечей черной металлургии. – Metallurgia, 1990 -280с.
- 5.Устройство и работа сверхмощных дуговых сталеплавильных печей./ Поволоцкий Д.Я. и др. -М.Металлургия, 1990 -176с.
- 6.С.Л.Ровин Рециклинг металлоотходов в ротационных печах. -Минск.Б-НТУ, 2015 -382с.
- 7.А.В.Рябов, Н.В.Чумаков. Расчет процесса электроплавки. -Челябинск, ЮУРГУ, 2005 -176с.
8. Основы теплогенерации.// Казлев М.Д., Гущин С.Н. и др. – Екатеринбург, УГТУ, 1999-285 с.

## Учебно-методические комплексы и электронные курсы

5. Печи литейных цехов [ Электронный ресурс ] : методические указания к курсовым работам для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» дневной формы обучения/ Л.Е.Ровин-Гомель: ГГТУ,2010-57 с.-Режим доступа: [elib.gstu.by](http://elib.gstu.by)
2. ППП ANSYS, модули FLOTTRAN и CFX – (Расчет и моделирование процессов движения газов и теплопередачи в печах).
3. Программа COSMOS, FLOW WORKS (расчет движения газов).

## **Характеристика (описание) инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины**

Основными методами (технологиями) обучения в соответствии с целью, задачами дисциплины и направлениями развития современной системы образования являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное, вариативное изложение, частично-поисковый метод);
- элементы интерактивного обучения (проведение деловых и ролевых игр);
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе.

При преподавании дисциплины в современных условиях является необходимым применение мультимедийных, информационно-коммуникационных технологий и цифровых информационных ресурсов. Занятия рекомендуется проводить с использованием компьютерных презентаций, видеофильмов и других информационно-иллюстративно-демонстрационных средств компьютерных информационных технологий в интерактивном режиме.

## **Методические рекомендации по самостоятельной работе магистрантов**

При изучении дисциплины рекомендуется использовать такие виды самостоятельной работы, как: самостоятельное составление по индивидуальным заданиям аналитических обзоров производственных ситуаций с практической разработкой рекомендаций по решению проблемной ситуации и последующее прослушивание в аудитории на занятиях докладов с использованием подготовленных магистрантами мультимедийных презентаций; выполнение микроисследований по заданной проблеме.

С целью развития у магистрантов навыков работы с учебной и научной литературой, исследовательской работы часть разделов дисциплины они могут изучать самостоятельно по литературе, указанной в программе. Вопросы для самостоятельного изучения включаются в перечень вопросов к экзамену. С целью привлечения магистрантов к участию в конкурсах и олимпиадах можно предложить им индивидуальные задания повышенной степени сложности, которые требуют самостоятельного освоения материала, выходящего за рамки учебной дисциплины, по дополнительной литературе, указанной в программе.

Для организации самостоятельной работы магистрантов необходимо использовать современные информационные технологии: информационные ресурсы учебного портала или электронной библиотеки университета.

Эффективность самостоятельной работы магистрантов проверяется в ходе текущего (рубежного) контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ, тестового контроля по темам и разделам курса (модулям), при защите курсовой работы.

### **Средства диагностики и контроля качества усвоения знаний**

Для оценки достижений магистрантов рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам курса;
- выступление магистрантов с докладами на научно-практических конференциях;
- отчеты по научно-исследовательской работе;
- публикации статей, докладов;
- сдача экзамена по дисциплине.

### **Критерии оценок результатов учебной деятельности**

При оценке знаний магистрантов в баллах применяются критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине
Прогрессивные литейные технологии	МиТОМ	нет Ю.Л. Бобарикин