

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



**УТВЕРЖДАЮ:**

Проректор по научно-  
педагогической работе

(подпись)

(ФИО)

*А.А. Трофименко*

» июня 2017 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки:	22.03.02 «Металлургия»
Профиль подготовки:	Металлургия стали Электрометаллургия
Программа:	Бакалавриат
Форма обучения:	Очная, заочная

Форма обучения:	Очная	Заочная
Семестр	7	9
Общая трудоёмкость в з.е./часах	5/180	5/180
Аудиторные занятия (час.), в том числе	68	14
лекции (час.)	34	6
практические (семинарские) занятия (час.)	34	8
лабораторные работы (час.)	—	—
Самостоятельная работа (час.), в том числе	76	58
курсовой проект (работа), (семестр/час.)	7/27	9/27
индивидуальное задание, (кол./час.)	—	—
Форма промежуточной аттестации (экзамен (зачёт), час.)	Экзамен, 36 час	Экзамен, 36 час

Донецк, 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Проектирование технологических процессов» составлена в соответствии с учебным планом по направлению (специальности) подготовки для магистров дисциплины по выбору. Профессиональный цикл. 22.03.02 «Электromеталлургия», для бакалавров 2017 года приёма.

Составитель: Салмап Ирина Николаевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Металлургия стали и сплавов».

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Металлургия стали и сплавов».

Протокол от « 07 » июня 2017 года № 16

Заведующий кафедрой

  
(подпись)

Троянский А.А.

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** **Металлургия стали и сплавов**

Протокол от « 07 » июня 20 17 года № 16

Заведующий кафедрой

  
(подпись)

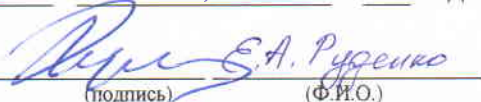
Троянский А.А.

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ДонНТУ по направлению (специальности) подготовки

Протокол от « 22 » июня 20 17 года № 7

Председатель

  
(подпись)

Е.А. Руденко

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20 18 года приёма на заседании кафедры

Протокол от « 30 » 08 20 18 года № 1

Заведующий кафедрой

  
(подпись)

Троянский А.А.

(Ф.И.О.)

Согласовано с выпускающей кафедрой

Заведующий кафедрой

  
(подпись)

Троянский А.А.

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись)

(Ф.И.О.)

Согласовано с выпускающей кафедрой

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись)

(Ф.И.О.)

Согласовано с выпускающей кафедрой

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись)

# 1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель и задачи дисциплины

## Цель дисциплины

Ознакомление студентов с металлургическим заводом и его составляющими – зданиями, сооружениями, производственными цехами. Научить их основам проектирования, а именно, что должно располагаться в каждом производственном цехе, здании, помещении. А также научить определять габаритные размеры всех помещений, которые располагаются на территории завода.

В результате освоения дисциплины студент должен:

### знать

- основы проектирования;
- назначение и состав завода;
  - последовательность выполнения проекта;
  - схемы работы цеха;
  - определение характеристик и количества основного оборудования;
  - определение габаритов здания цеха;
  - как происходит Выбор оборудования и расчет его количества.

### уметь

- расшифровывать марки сталей
- выполнять расчет технологии производства стали в кислородном конвертере;
- выполнять расчет плавки в дуговой сталеплавильной печи;
- выполнять расчет раскисления и легирования стали на установке ковш-печь;
- выполнять расчет параметров разливки стали на МНЛЗ;
- анализировать полученные результаты расчета и применять их при проектировании зданий, сооружений, помещений цеха, которые входят в состав завода.
- Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОК-2, ОК-5, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-7, ОПК-8, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-9

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к циклу выборочных дисциплин свободного выбора ВУЗа профессиональной и практической подготовки вариативной части учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Автоматизация производственных процессов, микропроцессорная техника», «Цветная металлургия», «Металлургия электростали и ферросплавов», «Разливка и затвердевание металлов».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реали-

зуются студентом при изучении последующих дисциплин: «Внепечная обработка стали», «Конверторное производство стали», «Производство металла в подовых агрегатах».

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (Семина.)	Лабораторные	СРС
Тема 1. Введение в проектирование.	6/3	2/1	2/0	—	3/2
Тема 2. Машинное моделирование плавки.	7/3	2/1	2/0	—	3/2
Тема 3. <u>Модели уравнений состояния многокомпонентных растворов.</u>	7/4	2/1	2/1	—	3/2
Тема 4. Анализ моделей фаз (уравнений состояния) системы металл-шлак.	7/2	2/0	2/0	—	3/2
Тема 5. Основные требования к моделям уравнений состояния фаз.	7/2	2/0	2/0	—	3/2
Тема 6. Выбор уравнений для описания металлической и шлаковой фазы.	7/3	2/0	2/1	—	3/2
Тема 7. Термодинамическая модель плавки.	7/4	2/1	2/1	—	3/2
Тема 8. Алгоритм модели плавки стали.	7/4	2/1	2/1	—	3/2
Тема 9. Общие вопросы построения САПР.	7/2	2/0	2/0	—	3/2
Тема 10. Расчет равновесного состояния системы металл-шлак-газ.	7/4	2/1	2/1	—	3/2
Тема 11. Использование модели для равновесных расчетов.	7/3	2/0	2/1	—	3/2
Тема 12. Кинетика сталеплавильных процессов.	7/2	2/0	2/1	—	3/1
Тема 13. Гидродинамика сталеплавильной ванны.	7/1	2/0	2/0	—	3/1
Тема 14. Плавление и затвердевание лома и добавок.	7/1	2/0	2/0	—	3/1
Тема 15. Оценка интенсивности	7/3	2/0	2/1	—	3/2



перемешивания.					
Тема 16. Построение компьютерной системы автоматического проектирования и управления технологическими процессами в сталеплавильных агрегатах.	6/2	2/0	2/0	—	2/2
Тема 17. Интеллектуальные системы управления в сталеплавильном производстве.	6/2	2/0	2/0	—	2/2
Курсовая работа	27/27				27/27
Подготовка к экзамену	36/36				
Итого:	180/72	34/6	34/8	0	76/58

### 3.2. Лекции

Тема 1. Введение в проектирование.

Содержание темы 1:

Принципы проектирования. Понятия и определения. Структура процесса проектирования. Математическая модель. Алгоритм. Система и модель. Классификация систем.

Литература к теме 1: [1]

Тема 2. Машинное моделирование плавки.

Содержание темы 2:

Этапы моделирования плавки. Решение задач на ЭВМ. Математические модели. Численные методы.

Литература к теме 2: [5]

Тема 3. Модели уравнений состояния многокомпонентных растворов.

Содержание темы 3:

Идеальный (совершенный) раствор. Бесконечно разбавленный раствор. Регулярные растворы (ТРР). Атермальные растворы. Субрегулярные растворы (ТСР). Теория квазирегулярных растворов (ТКР). Квазихимическая теория растворов (КХТ). Квазикристаллическая теория. Модель регулярных ионных растворов. Модель раствора как фазы, имеющей коллективную электронную систему (МКЭ). Полимерная модель. Квазихимическое приближение в модели строго регулярных растворов. Метод параметров взаимодействия Вагнера.

Литература к теме 3: [2-4, 7-11, 14].

Тема 4. Анализ моделей фаз (уравнений состояния) системы металл-шлак.

Содержание темы 4:

Фазы системы. Характеристики фаз. Конденсированные фазы. Модели фаз. Шлак, как фаза с коллективизированной электронной системой. Газовая фаза.

Литература к теме 4: [2 – 4, 7 – 11].

Тема 5. Основные требования к моделям уравнений состояния фаз.

Содержание темы 5:

Общие термодинамические соотношения. Предельные законы. Термодинамическая устойчивость. Температурная зависимость.

Литература к теме 5: [2 – 3, 7, 10, 14].

Тема 6. Выбор уравнений для описания металлической и шлаковой фазы.

Содержание темы 6:

Модель металлической фазы. Модель шлаковой фазы. Выбор стандартного состояния. О условиях корректного использования закона действующих масс.

Литература к теме 6: [2-4, 7, 10].

Тема 7. Термодинамическая модель плавки.

Содержание темы 7:

Обоснование представления плавки моделью двухфазной закрытой системы металл-шлак. Решение задачи расчета равновесных составов фаз из системы уравнений для химических потенциалов. Согласованность констант распределения элементов в системе металл-шлак. Общая структура модели.

Литература к теме 7: [7, 11-14].

Тема 8. Алгоритм модели плавки стали.

Содержание темы 8:

Построение «шаблона» универсальной плавки. Учёт особенностей агрегата. Особенности плавки в ДСП. Плавка в кислородном конвертере. Обработка на УПК. Вакуумирование.

Литература к теме 8: [7, 11-14].

Тема 9. Общие вопросы построения САПР.

Содержание темы 9:

Составление задачи оптимизации. Ограничения хим. состава металла. Учёт окисления легирующих элементов. Влияние печного шлака на угар элементов. Удаление серы. Расчёт коэффициентов усвоения.

Литература к теме 9: [5, 8, 11].

Тема 10. Расчет равновесного состояния системы металл-шлак-газ.

Содержание темы 10:

Вывод критериев равновесия Гиббса методом Лагранжа. Электронный вклад при использовании метода Лагранжа. Электронный вклад в термодинамические функции растворов при переменной валентности. Вывод МКЭ через конфигурационную вероятность с использованием метода Лагранжа. ТСП из параметров взаимодействия Вагнера. Анализ и вывод формул ТСРИР из Михайлова.

Литература к теме 10: [16].

Тема 11. Использование модели для равновесных расчетов.

Содержание темы 11:

Кривые раскисления железа металлами (КРМ). Дифференциальные коэффициенты усвоения (ДКУ). Оптимизация шихты и добавок с использованием ДКУ.

Литература к теме 11: [11].

Тема 12. Кинетика сталеплавильных процессов.

Содержание темы 12:

Переход от неравновесного состояния к равновесному. Кинетика в условном времени с использованием понятия реакционных зон. неоднородность ванны по хим. составу и температуре. Учет массопереноса при вычислении распределения температуры по глубине ванны. Оценка температурной неоднородности ванны сталеплавильного агрегата. «Структура» ванны сталеплавильного агрегата (ДСП, конвертер, УПК) и протекающих в ней процессов.

Литература к теме 12: [9].

Тема 13. Гидродинамика сталеплавильной ванны.

Содержание темы 13:

Интенсивность взаимодействия фаз и скорость перемешивания. Пульсирующее окисление углерода.

Литература к теме 13: [7].

Тема 14. Плавление и затвердевание лома и добавок.

Содержание темы 14:

Особенности плавления лома различных сортов. Влияние насыпной плотности лома на ход процесса. Растворение шлакообразующих материалов. Затвердевание жидкой ванны при длительных простоях.

Литература к теме 14: [8-9].

Тема 15. Оценка интенсивности перемешивания.

Содержание темы 15:

Кипение ванны и его влияние на процесс плавки. Вспенивание шлака. Электромагнитное перемешивание. Продувка инертными газами. Размывание футеровки вследствие перемешивания.

Литература к теме 15: [9-10].

Тема 16. Построение компьютерной системы автоматического проектирования и управления технологическими процессами в сталеплавильных агрегатах.

Содержание темы 16:

АСУ агрегата. Взаимодействие с АСУ смежных этапов технологической цепи. Сквозная автоматизация процесса плавки, внепечной обработки и разливки.

Литература к теме 16: [7-11].

Тема 17. Интеллектуальные системы управления в сталеплавильном производстве.

Содержание темы 17:

Системы слежения и прогнозирования. Планирование длинных серий плавки. Согласование переделов. Формирование портфеля заказов на основании прогнозного расчёта плавки.

Литература к теме 17: [12-13].



### 3.3. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн./заочн	Литерату- ра
1	Математическое моделирование.	2/1	[1-2, 5]
2	Решение задач на ЭВМ.	2/1	[2, 4]
3	<u>Модели уравнений состояния многокомпонентных растворов.</u>	2/1	[2, 3]
4	Газовая фаза.	2/1	[11, 14]
5	Общие термодинамические соотношения.	2/0	[2, 7]
6	Модель металлической фазы.	2/1	[2]
7	Термодинамическая модель плавки.	2/1	[7-10]
8	Алгоритм модели плавки стали.	2/1	[8-9]
9	Влияние печного шлака на угар элементов.	2/0	[7-10]
10	Расчет равновесного состояния системы металл-шлак-газ.	2/1	[7-10]
11	<u>Кривые раскисления железа металлами (KPM).</u>	2/0	[11]
12	Кинетика сталеплавильных процессов.	2/0	[10]
13	<u>Интенсивность взаимодействия фаз и скорость перемешивания.</u>	2/0	[9]
214	Растворение шлакообразующих материалов.	2/0	[7-9]
15	Продувка инертными газами.	2/0	[8-9]
16	Построение компьютерной системы автоматического проектирования.	2/0	[6]
17	Системы слежения и прогнозирование.	2/0	[12-13]
Итого:		34/8	

### 3.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

### 3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн./заочн.
1	Изучение лекционного материала (не менее 50% от объема лекций)	24/16
2	Подготовка к практическим занятиям (не менее 50% от объема аудиторных практических занятий)	25/15
3	Подготовка к лабораторным работам (не менее 50% от объема аудиторных лабораторных занятий)	—/—
4	Выполнение курсового проекта (36 часов)	—/—
5	Выполнение курсовой работы (27 часов)	27/27
6	Выполнение индивидуального задания (не менее 9 часов)	—/—
Итого:		76/58

### 3.6. Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовая работа связана с расчётом технологии выплавки полупродукта в конвертере с использованием математической модели плавки и выполняется согласно [8].

Индивидуальное задание по дисциплине учебным планом не предусмотрено.

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Текущий контроль** знаний студентов.

Для студентов очной формы обучения объектами *текущего контроля* являются:

- а) систематическая работа студента на протяжении семестра, посещение аудиторных учебных занятий;
- б) своевременность выполнения тематических работ индивидуальных домашних заданий;
- в) выполнение заданий модульных (аудиторных) контрольных работ;
- г) защита индивидуальных отчетов по выполненным заданиям (работам);
- д) защита тематических работ индивидуальных домашних заданий.

Для студентов заочной формы обучения *текущий контроль* осуществляется по двум направлениям:

- а) активность студентов во время аудиторных учебных занятий;
- б) выполнение индивидуальной контрольной работы.

Текущий контроль за самостоятельной работой студентов осуществляется преподавателем на лекционных занятиях, во время контрольных опросов в ходе практических занятий, при защите отчетов по выполненным заданиям и по работам индивидуальных домашних заданий (для студентов дневной формы обучения), при рецензировании и защите индивидуальной контрольной работы (для студентов заочной формы обучения), в процессе экспресс-опросов, которые проводятся преподавателем во время учебных занятий, при проверке ответов на задания модульных (аудиторных) контрольных работ.

**Промежуточная аттестация** по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена в соответствии с «Положением об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете (новая редакция)», утвержденном приказом ДОННТУ № 1006-14 от 01.12.2016 г.

Для определения уровня знаний студентов преподаватель руководствуется критериями оценки знаний, являющимися составляющей учебно-методического комплекса дисциплины.

#### 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**Литература:**

Основная:

1. Практикум по физической химии. Термодинамика : учебное пособие для вузов / Е. П. Агеев и др. – Москва : ИЦ "Академия", 2010. – 224 с. – 11 экз.
2. Белик В.В. Физическая и коллоидная химия : учебник для среднего профессионального образования / В. В. Белик и др. – Москва : ИЦ "Академия", 2008. – 288 с. – 1 экз.
3. Кругляков, П.М. Физическая и коллоидная химия: учебное пособие для вузов / П. М. Кругляков, Т. Н. Хаскова ; П.М. Кругляков, Т.Н. Хаскова. - Изд. 3-е, испр. - Москва : Высшая школа, 2010. – 319 с. – 1 экз.

4. Тюрин Ю.И. Физика. Молекулярная физика. Термодинамика : учебник для вузов / Ю. И. Тюрин и др. – СПб. : Лань, 2008. – 288 с. – 1 экз.
5. Волков, А.Ф. Курс физики : учебное пособие для вузов : в 2 т. / А. Ф. Волков и др. – Донецк : ДонНТУ, 2008. Т.1: Физические основы механики. Молекулярная физика и термодинамика. Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм. – 2008. – 232 с. – 20 экз.

**Электронные образовательные ресурсы:**

6. Коновалов Ю. В. Металлургия [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров: в 3 кн. / Ю. В. Коновалов, А. А. Минаев; ГВУЗ "ДонНТУ". – 207 Мб. – Донецк: ГВУЗ "ДонНТУ", 2012. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/met/cd1008.pdf> – Дата обращения 2.06.2017.

**Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:**

К лекциям:

7. Конспект лекций к дисциплине «Системы автоматизированного проектирования технологии плавки» [Электронный ресурс] / сост. С. А. Храпко. – Донецк: ДонНТУ, 2013. – 81 с. – (1,22 Мб). – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/k843.pdf>.

К самостоятельной работе студента:

8. Применение интегрированной системы "Оракул" для моделирования выплавки стали и ферросплавов [Электронный ресурс] / сост. С. А. Храпко. – Донецк: ДонНТУ, 2013. – 18 с. – (1,22 Мб). – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader.

**Периодические издания:**

9. Математическое моделирование (2004-2014).
10. Математика и математическое моделирование (2013-2017) [https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=54179](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=54179) - Дата обращения 22.05.2017.
11. Математические методы и модели: теория, приложения и роль в образовании (2009-2017) [https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=54645](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=54645) - Дата обращения 22.05.2017.
12. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. (2012-2015). – Режим доступа: <http://fermet.misis.ru/jour/index>. – Дата обращения 27.05.2017.
13. Металлургическая и горнорудная промышленность (2004-2008). – Режим доступа: <http://www.metaljournal.com.ua>. – Дата обращения 27.05.2017.

**Электронные образовательные ресурсы:**

14. Коновалов Ю. В. Металлургия [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров: в 3 кн. / Ю. В. Коновалов, А. А. Минаев; ГВУЗ "ДонНТУ". – 207 Мб. – Донецк: ГВУЗ "ДонНТУ", 2012. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/met/cd1008.pdf> – Дата обращения 2.06.2017.



## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. Лекционные занятия:

- доска аудиторная – 1 шт.;
- действующий макет кислородно-конвертерного цеха ПАО «Енакиевский металлургический завод» - 1 шт.;
- парта 5-ти местная – 7 шт.

### 2. Практические занятия:

- доска аудиторная – 1 шт.;
- действующая модель кислородного конвертера – 1 шт.;
- столы и стулья (26 посадочных места)

Составитель рабочей программы \_\_\_\_\_ Салмаш И.Н.

(подпись)