

Автономная некоммерческая организация высшего образования  
**«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

«Утверждаю»



Проректор по УМР

О.М. Вальц

«07» сентября 2017 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И**  
**ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА»**

Направление подготовки:

**22.03.02 Metallurgy**

Профиль подготовки:

**22.03.02.1 Technology of casting processes**

Квалификация (степень):

**бакалавр**

Форма обучения:

**заочная**

Санкт-Петербург

2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Моделирование процессов и объектов производства» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.03.02 «Металлургия».

Основным документом для разработки рабочей программы является рабочий учебный план по направлению 22.03.02 «Металлургия», профилю 22.03.02.1 «Технология литейных процессов».

Учебные и методические материалы по учебной дисциплине размещены в электронной информационно-образовательной среде университета.

**Разработчики:**

А.В. Сивенков, к.т.н., доцент

**Рецензенты:**

В.В. Цуканов д.т.н., начальник лаборатории "Металлургических технологий производства сталей для судостроения" НИЦ "Курчатовский институт"-ЦНИИ КМ "Прометей"

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Машиностроения и металлургии» «06» сентября 2017 года, протокол №1

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	5
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ .....	5
4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	9
5. Темы контрольной работы.....	9
5.2. Темы курсовой работы.....	10
5.3. Перечень методических рекомендаций.....	10
5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену .....	10
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	11
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	12
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	13
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	13
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	14
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ .....	14
12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА .....	15
Приложение.....	16

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Целью освоения дисциплины «Моделирование процессов и объектов производства» является – приобретение студентом знания теоретических основ и практических навыков компьютерного моделирования технологических процессов и других объектов в металлургии и литейном производстве.

1.2. Изучение дисциплины «Моделирование процессов и объектов производства» способствует решению следующих задач профессиональной деятельности:

– овладение студентами методами и практическими приёмами моделирования важнейших процессов на участках литейного производства для исследования этих процессов;

– в дальнейшем для оптимального управления ими.

1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

## *профессиональные (ПК)*

<i>Код компетенции</i>	<i>Наименование и (или) описание компетенции</i>
<b>ПК-1</b>	Способность к анализу и синтезу
<b>ПК-3</b>	Готовность использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности
<b>ПК-4</b>	Готовность использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы
<b>ПК-5</b>	Способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов
<b>ПК-16</b>	Способность обосновывать выбор оборудования для осуществления технологических процессов

1.4. В результате освоения дисциплины обучающийся должен

**Знать:** теорию вероятностей и математическую статистику; сущность математико-металлургического эксперимента; основные статистические критерии и их оценку; основные понятия математического моделирования и приемы построения моделей n-факторного эксперимента; методы получения математических уравнений, описывающих эксперимент; методы математического анализа производственной деятельности металлургического предприятия.

**Уметь:** выбирать и применять параметрические критерии для оценки различия и связи экспериментальных величин; правильно ставить задачу, определять пути решения и прогнозировать результат; оценивать по

опытным данным ковариационные и корреляционные матрицы уравнений линейной и нелинейной среднеквадратичной регрессии; рассчитывать по результатам эксперимента линейные и нелинейные регрессионные модели, проверять их адекватность и принимать обоснованные решения о выборе моделей; планировать факторный эксперимент для поиска оптимума, анализировать полученные результаты; планировать эксперимент для построения многомерных диаграмм «состав-свойство»; уметь отбирать существенные факторы; оценивать двойственность в линейном программировании; знать о мерах дифференциации.

**Владеть:** компьютерным моделированием, делающим возможной переработку больших количеств информации в составе математических моделей сложных металлургических, в частности литейных, объектов

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Моделирование процессов и объектов производства» относится к вариативной части обязательных дисциплин блока Б1.

Дисциплина взаимосвязана с дисциплинами: «Физика», «Математика», «Информатика», «Метрология», «Металлургическая теплотехника», «Технология литейного производства».

Освоение дисциплины неразрывно связано с изучением дисциплин: «Основы производства алюминия», «Автоматизация управления производством», «Экономическая оценка инвестиций», «Производство отливок из стали», «Производство отливок из чугуна», «Производство отливок из сплавов цветных металлов», «Ресурсо- и энергосбережение в литейном производстве».

Приобретенные знания студентами будут непосредственно использованы при курсовом и дипломном проектировании и в дальнейшей производственной и научной деятельности.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

### 3.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Количество часов
<b>Максимальная учебная нагрузка (всего)</b>	<b>180</b>
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>	<b>18</b>
в том числе:	
лекции	6
практические занятия	10
курсовая работа	2
<b>Самостоятельная работа обучающегося</b>	<b>162</b>
<i>Промежуточная аттестация в форме экзамена</i>	

### 3.2. Объем учебной дисциплины в зачетных единицах

№ п/п	Наименование модуля и темы учебной дисциплины	Трудоёмкость по учебному плану (час/з.е.)	Виды занятий				Виды контроля		
			Лекции	Практическое занятие	Курсовая работа	Самостоятельная работа	Контрольная работа	Курсовая работа (проект)	Зачёт (экзамен)
1	Модуль 1. Общая классификация математических моделей	18/0,5				18			
2	Модуль 2. Общая методика построения математических моделей металлургических (литейных) процессов	18/0,5	0,5			17,5			
3	Модуль 3. Моделирование процессов обезуглероживания стали	18/0,5	0,5	1		16,5			
4	Модуль 4. Моделирование и оптимизация процесса оборота литейных материалов	18/0,5	1	1		16			
5	Модуль 5. Основы моделирования литейных объектов с распределенными параметрами	24/0,7	1	2		21			
6	Модуль 6. Моделирование процесса формирования отливки в малотеплопроводной форме	24/0,7	1	2		21			
7	Модуль 7. Моделирование процессов непрерывного литья	24/0,7	1	2		21			
8	Модуль 8. Оптимизационное моделирование литейных объектов	24/0,7	1	2		21			
9	Курсовая работа	18/0,5			2	16			
	<b>Всего</b>	<b>180/5</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>162</b>		<b>1</b>	<b>экз.</b>



динамики содержания вредных примесей по циклам оборота в зависимости от степени освежения оборотного продукта. Учет случайных погрешностей дозирования и потерь материалов в процессе их оборота. Определение оптимального количества освежающих добавок.

***Виды учебных занятий:***

- Лекция: Моделирование и оптимизация процесса оборота литейных материалов 1 час
- Практическое занятие: Моделирование и оптимизация процесса оборота регенерируемых формовочных смесей 1 час

**МОДУЛЬ 5. Основы моделирования литейных объектов с распределенными параметрами (24 часа)**

Методы математического моделирования объектов, описываемых уравнениями математической физики. Метод конечных разностей и ограничения его использования. Явная и неявная разностные схемы в различных системах координат. Учёт начальных и граничных условий. Основные сведения о методе конечных элементов и области целесообразности его применения.

***Виды учебных занятий:***

- Лекция: Основы моделирования литейных объектов с распределенными параметрами 1 час
- Практическое занятие: Численное моделирование процесса затвердевания расплава в форме (одномерная задача) 2 час

**МОДУЛЬ 6. Моделирование процесса формирования отливки в малотеплопроводной форме (24 часа)**

Понятие малотеплопроводной формы. Использование теплового баланса системы “металл-форма”. Передача скрытой теплоты металла (сплава) материалу формы. Особенности краевых условий на границе раздела “металл-форма”. Численный расчёт процесса нагрева формы и соответствующей толщины корочки затвердевшего металла при плоском фронте кристаллизации (одномерная задача). Отличительные особенности моделирования процессов формирования цилиндрического и сферического фронтов кристаллизации. Алгоритмы моделирования при использовании метода конечных разностей. Трёхмерные задачи моделирования процессов формирования отливок произвольной формы методом конечных элементов с применением специального программного обеспечения.

***Виды учебных занятий:***

- Лекция: Моделирование процесса формирования отливки в малотеплопроводной форме 1 час
- Практическое занятие: Численное моделирование процессов формирования непрерывнолитых слитков (одномерные задачи) 2 час

**МОДУЛЬ 7. Моделирование процессов непрерывного литья (24 часа)**

Особенности процессов непрерывного (полунепрерывного) литья и подходы к их моделированию. Методики учета выделения скрытой теплоты



при затвердевании металлов, эвтектических сплавов и сплавов, затвердевающих в интервалах температур. Применение метода конечных разностей и метода конечных элементов при моделировании процессов непрерывного литья. Схемы построения сеток. Алгоритм моделирования методом конечных разностей. Формирование матриц теплопроводности, демпфирования и вектора тепловой нагрузки при использовании метода конечных элементов.

***Виды учебных занятий:***

Лекция: Моделирование процессов непрерывного литья 1 час  
Практическое занятие: Численное моделирование процессов формирования непрерывнолитых слитков (двумерные задачи) 2 час

**МОДУЛЬ 8. Оптимизационное моделирование литейных объектов (24 часа)**

Постановка задачи в условиях действия ограничений на пространство переменных, определяющих состояние объекта (системы). Применение методов математического программирования (линейного, нелинейного и стохастического). Формирование целевой функции и ограничений. Примеры задач математического программирования в области литейного производства. Определение оптимального состава плавильных шихт, обеспечивающих содержание химических элементов в заданных пределах с учётом их угара или пригара и, вместе с тем, - минимальную стоимость шихты. Оптимальное распределение заказов на участке литейного цеха. Оптимизация технологических параметров.

***Виды учебных занятий:***

Лекция: Оптимизационное моделирование литейных объектов 1 час  
Практическое занятие: Применение метода конечных элементов при моделировании литейных процессов 2 час

**5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**5. Темы контрольной работы**

Контрольная работа учебным планом не предусмотрена.

## 5.2. Темы курсовой работы

Модуль дисциплины	Наименование тем
Модуль 2. Общая методика построения математических моделей металлургических (литейных) процессов	Моделирование состава шихты для выплавки серого чугуна
Модуль 4. Моделирование и оптимизация процесса оборота литейных материалов	
Модуль 5. Основы моделирования литейных объектов с распределенными параметрами	
Модуль 8. Оптимизационное моделирование литейных объектов	

## 5.3. Перечень методических рекомендаций

№ п/п	Наименование
2	Методические рекомендации по выполнению курсовой работы.

## 5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Стохастические и детерминированные модели.
2. Модели систем с сосредоточенными и распределенными параметрами.
3. Оптимизирующие модели металлургических процессов и их использование на основе методов математического программирования.
4. Реакция окисления углерода шихты как основная в большинстве сталеплавильных процессов.
5. Особенности математического моделирования процесса аргонно-кислородного рафинирования при глубоком обезуглероживании стали.
6. Технологические факторы процесса обезуглероживания.
7. Выбор оптимальных условий обезуглероживания на основе его математического моделирования.
8. Использование оборотных материалов в литейном производстве как фактор существенного повышения его экономической эффективности.
9. Переходные процессы в ходе оборота материалов: накопление вредных примесей и физическая деградация компонентов.
10. Математические модели динамики содержания вредных примесей по циклам оборота в зависимости от степени освежения оборотного продукта.
11. Учет случайных погрешностей дозирования и потерь материалов в процессе их оборота.
12. Определение оптимального количества освежающих добавок.
13. Методы математического моделирования объектов, описываемых уравнениями математической физики.

14. Метод конечных разностей и ограничения его использования.
15. Явная и неявная разностные схемы в различных системах координат.
16. Понятие малотеплопроводной формы. Использование теплового баланса системы “металл-форма”.
17. Передача скрытой теплоты металла (сплава) материалу формы.
18. Особенности краевых условий на границе раздела “металл-форма”.
19. Численный расчёт процесса нагрева формы и соответствующей толщины корочки затвердевшего металла при плоском фронте кристаллизации (одномерная задача).
20. Отличительные особенности моделирования процессов формирования цилиндрического и сферического фронтов кристаллизации.
21. Алгоритмы моделирования при использовании метода конечных разностей.
22. Трёхмерные задачи моделирования процессов формирования отливок произвольной формы методом конечных элементов с применением специального программного обеспечения.
23. Особенности процессов непрерывного (полунепрерывного) литья и подходы к их моделированию.
24. Методики учета выделения скрытой теплоты при затвердевании металлов, эвтектических сплавов и сплавов, затвердевающих в интервалах температур.
25. Применение метода конечных разностей и метода конечных элементов при моделировании процессов непрерывного литья.
26. Алгоритм моделирования методом конечных разностей. Формирование матриц теплопроводности, демпфирования и вектора тепловой нагрузки при использовании метода конечных элементов.
27. Применение методов математического программирования (линейного, нелинейного и стохастического).
28. Формирование целевой функции и ограничений.
29. Задачи математического программирования в области литейного производства.
30. Оптимальное распределение заказов на участке литейного цеха.
31. Оптимизация технологических параметров.

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине по решению кафедры оформлен отдельным приложением к рабочей программе.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) основная литература**

1. Горюнов И. И. Автоматизация технологических процессов и инженерных систем [Электронный учебник] : сборник научных трудов, посвященный 50-летию кафедры "Автоматизация инженерно-строительных технологий" / И. И. Горюнов, Ф. Н. Дьяконов, В. А. Завьялов, 2010. - 96 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16402>

2. Агеев Н.Г. Моделирование процессов и объектов в металлургии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Г. Агеев. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. — 108 с. — 978-5-7996-1712-7. —

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65950.html>

3. Моделирование процессов и объектов в металлургии [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям для студентов 4 курса очной формы обучения специальности 110600 «Обработка металлов давлением» / . — Электрон. текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 14 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17709.html>

### **б) дополнительная литература**

1. Основы производства и обработки металлов [Электронный учебник] : учеб.-метод. комплекс / сост. В. В. Дембовский, 2009, Изд-во СЗТУ. - 159, [1] с. включ. обл. —

Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>

2. Афонькин М. Г. Технология получения изделий в машиностроении : учебное пособие / М. Г. Афонькин ; рец.: Б. А. Кривицкий, В. Л. Акимов, 2009, Изд-во СЗТУ. - 39 с.

3. Оптимизация решений в металлургии и литейном производстве [Электронный учебник] : метод. указания к выполнению лаб. работ / сост.: В. В. Дембовский, Ю. Н. Зинин, В. Т. Сенченко, 1999, СЗПИ. - 17 с. — Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>

### **Программное обеспечение**

1. ППП MS Office-2010
2. Тестовый редактор Блокнот
3. Браузеры IE, Google, Chrome, Opera и др.

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронная информационно-образовательная среда АНО ВО "СЗТУ" (ЭИОС СЗТУ) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://edu.nwotu.ru/>
2. Электронная библиотека АНО ВО "СЗТУ" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>
3. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
5. Информационная системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН)[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>
6. Справочная правовая система «Консультант Плюс»,
7. Справочная правовая система «Гарант».

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение дисциплины «Моделирование процессов и объектов производства» имеет свои особенности, которые обусловлены её местом в подготовке бакалавра. Выполняя важную образовательную функцию, связанную с формированием культуры мышления у студентов, «Моделирование процессов и объектов производства» выступает в качестве основы приобретения способностей к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения. На основе изучения данной дисциплины у обучаемых формируются нравственно-патриотическое сознание, вырабатывается гражданская позиция.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельную работу студента, консультации.

На завершающем этапе изучения дисциплины необходимо, воспользовавшись предложенными вопросами для подготовки к зачету и экзамену, размещенными в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС), проверить качество усвоения учебного материала.

В случае затруднения в ответах на поставленные вопросы рекомендуется повторить учебный материал.

После изучения соответствующих тем дисциплины следует приступить к выполнению контрольных работ.

В завершении изучения учебной дисциплины студент обязан пройти промежуточную аттестацию. Вид промежуточной аттестации определяется рабочим учебным планом. Форма проведения промежуточной аттестации – компьютерное тестирование с использованием автоматизированной системы тестирования знаний студентов в ЭИОС.

К промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие требования рабочего учебного плана, выполнившие курсовую работу и набравшие достаточное количество баллов за учебную работу в соответствии с балльно-рейтинговой системой.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

### **10.1. Internet – технологии**

(WWW(англ. World Wide Web – Всемирная Паутина) – технология работы в сети с гипертекстами;

FTP (англ. File Transfer Protocol – протокол передачи файлов) – технология передачи по сети файлов произвольного формата;

IRC (англ. Internet Relay Chat – поочередный разговор в сети, чат) – технология ведения переговоров в реальном масштабе времени, дающая возможность разговаривать с другими людьми по сети в режиме прямого диалога;

ICQ (англ. I seek you – я ищу тебя, можно записать тремя указанными буквами) – технология ведения переговоров один на один в синхронном режиме.

### **10.2. Дистанционное обучение с использованием ЭИОС на платформе Moodle**

– Технология мультимедиа в режиме диалога.

– Технология неконтактного информационного взаимодействия (виртуальные кабинеты, лаборатории).

– Гипертекстовая технология (электронные учебники, справочники, словари, энциклопедии).

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Библиотека.
2. Справочно-правовая система Консультант Плюс.
3. Электронная информационно-образовательная среда университета.
4. Локальная сеть с выходом в Интернет.

## 12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

<b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>	<b>Баллы</b>
Участие в online занятиях, прослушивание видеолекций	0 - 5
Контрольный тест к модулю 1-4	0 – 14
Контрольный тест к модулю 5-8	0 - 16
<b>КУРСОВАЯ РАБОТА</b>	<b>0 - 35</b>
<b>ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ</b>	<b>0 - 30</b>
<b>ВСЕГО</b>	<b>0 - 100</b>

<b>БОНУСЫ (баллы, которые могут быть добавлены до 100)</b>	<b>Баллы</b>
- за активность	0 - 10
- за участие в олимпиаде	0 - 50
- за участие в НИРС	0 - 50
- за оформление заявок на полезные методы (рацпредложения)	0 - 50

### Оценка по курсовой работе

Оценка	Количество баллов
отлично	31 – 35
хорошо	25 – 30
удовлетворительно	18 – 24
неудовлетворительно	менее 18

### Балльная шкала оценки

<b>Оценка (экзамен)</b>	<b>Баллы</b>
Отлично	<b>86 – 100</b>
Хорошо	<b>69 – 85</b>
Удовлетворительно	<b>51 – 68</b>
Неудовлетворительно	<b>менее 51</b>

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 1. Перечень формируемых компетенций

#### *профессиональные (ПК)*

Код компетенции	Наименование и (или) описание компетенции
ПК-1	Способность к анализу и синтезу
ПК-3	Готовность использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности
ПК-4	Готовность использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы
ПК-5	Способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов
ПК-16	Способность обосновывать выбор оборудования для осуществления технологических процессов

### 2. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые модули (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Модуль 1. Общая классификация математических моделей	ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16	Контрольный тест 1-4
2	Модуль 2. Общая методика построения математических моделей металлургических (литейных) процессов	ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16	
3	Модуль 3. Моделирование процессов обезуглероживания стали	ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16	
4	Модуль 4. Моделирование и оптимизация процесса оборота литейных материалов	ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16	
5	Модуль 5. Основы моделирования литейных объектов с распределенными параметрами	ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16	
6	Модуль 6. Моделирование процесса формирования отливки в	ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16	



	малотеплопроводной форме		
7	Модуль 7. Моделирование процессов непрерывного литья	ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16	Контрольный тест 5-8
8	Модуль 8. Оптимизационное моделирование литейных объектов	ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16	
9	Модули 1 - 8	ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16	Итоговый контрольный тест. Курсовая работа

### 3. Показатели и критерии оценивания компетенций по этапам формирования, описание шкал оценивания

Этапы освоения компетенции	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
Первый этап	Знать: теорию вероятностей и математическую статистику; сущность математико-металлургического эксперимента; основные статистические критерии и их оценку; основные понятия математического моделирования и приемы построения моделей n-факторного эксперимента; методы получения математических уравнений, описывающих эксперимент; методы математического анализа производственной деятельности металлургического предприятия. (ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16)	Не знает	Знает теорию вероятностей и математическую статистику; но не знаком с понятием математического моделирования .	Способен построить модель n-факторного эксперимента, но допускает ошибки в методы получения математических уравнений, описывающих эксперимент.	Знает сущность математико-металлургического эксперимента, но допускает ошибки в методах математического анализа производственной деятельности металлургического предприятия.	Знает методы получения математических уравнений, описывающих эксперимент; методы математического анализа производственной деятельности металлургического предприятия.
Второй этап	Уметь: выбирать и применять параметрические критерии для оценки различия и связи экспериментальных величин; правильно ставить задачу, определять пути решения и прогнозировать результат; оценивать по опытным данным ковариационные и корреляционные матрицы уравнений линейной и нелинейной среднеквадратичной регрессии; рассчитывать по результатам эксперимента линейные и нелинейные регрессионные модели, проверять их адекватность и принимать обоснованные решения о выборе моделей; планировать факторный эксперимент для поиска оптимума, анализировать полученные результаты; уметь отбирать существенные факторы; оценивать двойственность в линейном программировании; знать о мерах дифференциации. (ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16)	Не умеет	Ошибается при выборе и применении параметрических критериев для оценки различия и связи экспериментальных величин.	Правильно ставит задачу, определяет пути решения и прогнозирует результат, но ошибается в оценке по опытным данным ковариационных и корреляционных матриц уравнений линейной и нелинейной среднеквадратичной регрессии.	Правильно рассчитывает по результатам эксперимента линейные и нелинейные регрессионные модели; планирует факторный эксперимент для поиска оптимума, но допускает ошибки при анализе их результатов.	Правильно принимает обоснованные решения о выборе моделей; планирует факторный эксперимент для поиска оптимума, анализирует полученные результаты; умеет отбирать существенные факторы; оценивать двойственность в линейном программировании; знает о мерах дифференциации.

Этапы освоения компетенции	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
Третий этап	Владеть: компьютерным моделированием, делающим возможной переработку больших количеств информации в составе математических моделей сложных металлургических, в частности литейных, объектов. (ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-16)	Не владеет	Частично способен к компьютерному моделированию металлургических объектов.	Владеет методологией компьютерного моделирования, делающим возможной переработку больших количеств информации, но допускает ошибки при переработке информации в составе математических моделей.	Владеет обобщением, анализом, научной информацией, но допускает ошибки при обработке опытных данных в сложных и изменяющихся производственных условиях.	Владеет компьютерным моделированием, делающим возможной переработку больших количеств информации в составе математических моделей сложных металлургических, в частности литейных, объектов.

**4. Шкалы оценивания**  
(балльно-рейтинговая система)

<b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>	<b>Баллы</b>
Участие в online занятиях, прослушивание видеолекций	0 - 5
Контрольный тест к модулю 1-4	0 – 14
Контрольный тест к модулю 5-8	0 - 16
<b>КУРСОВАЯ РАБОТА</b>	<b>0 - 35</b>
<b>ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ</b>	<b>0 - 30</b>
<b>ВСЕГО</b>	<b>0 - 100</b>

**Балльная шкала оценки**

<b>Оценка (экзамен)</b>	<b>Баллы</b>
Отлично	<b>86 – 100</b>
Хорошо	<b>69 – 85</b>
Удовлетворительно	<b>51 – 68</b>
Неудовлетворительно	<b>менее 51</b>

**5. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций при изучении учебной дисциплины в процессе освоения образовательной программы**

**5.1. Типовой вариант задания на курсовую работу**  
«Моделирование состава шихты для выплавки серого чугуна».  
Студенту в индивидуальном порядке задаётся марка сплава.

**5.2. Типовой тест промежуточной аттестации**

1. Что является представлением результата эксперимента на графике?
  - a). Кривая, проведённая между экспериментальными значениями.
  - b). Кривая, проведённая около экспериментальных значений.
  - c). Кривая, аппроксимирующая экспериментальные значения.
  - d). Кривая, связывающая экспериментальные значения.
  - e). Точка (экспериментальное значение).
2. В чём сущность метода наименьших квадратов?
  - a). Минимизация разницы между расчётными и опытными значениями.
  - b). Минимизация сумма квадратов отклонений между расчётными и опытными значениями.
  - c). Минимизация сумма кубов отклонений между расчётными и опытными значениями.
  - d). Минимизация ошибок измерений.
  - e). Минимизация погрешности измерений.
3. Какой метод является научным методом анализа результатов эксперимента?
  - a). Абстрактный.
  - b). Логический.
  - c). Эмпирический.
  - d). Статистический.
  - e). Аналитический.

4. Какое влияние оказывает промах в серии измерений?
- a). Увеличивает погрешность измерений.
  - b). Изменяет среднее значение.
  - c). Изменяет и среднее значение, и погрешность измерений.
  - d). Приводит к неточности результата.
  - e). Изменяет кривую распределения погрешностей измерения.
5. Что характеризует кривая распределения ошибок измерений?
- a). Конкретную серию наблюдений.
  - b). Точность измерений.
  - c). Погрешность измерений.
  - d). Гипотетическую совокупность бесконечного числа измерений конкретной величины конкретным методом.
  - e). Разброс значений измерений.

**6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

- 6.1 Итоговый контрольный тест доступен студенту только во время тестирования, согласно расписания занятий или в установленное деканатом время.
- 6.2. Студент информируется о результатах текущей успеваемости.
- 6.3 Студент получает информацию о текущей успеваемости, начислении бонусных баллов и допуске к процедуре итогового тестирования от преподавателя или в ЭИОС.
- 6.4. Производится идентификация личности студента.
- 6.5. Студентам, допущенным к промежуточной аттестации, открывается итоговый контрольный тест.
- 6.6. Тест закрывается студентом лично по завершении тестирования или