



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

А.С. Савинов

«02» 10 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ В МЕТАЛЛУРГИИ»

Направление подготовки

22.03.02 – Metallurgy

Профиль программы

Обработка металлов и сплавов давлением (прокатное производство)

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения

заочная

Институт
Кафедра
Курс

Металлургии, машиностроения и материаловобработки
Технологии металлургии и литейных процессов
3

Магнитогорск
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе требований ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия, утвержденного приказом №1427 от 04.12.2015 г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологии металлургии и литейных процессов 04 августа 2018 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой _____ / К.Н. Вловин /



Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии, машиностроения и материалобработки «02» октября 2018 г. (протокол № 2)

Председатель _____ / А.С. Савинов /



Согласовано:
зав. кафедрой технологий обработки материалов

_____ / А.Б. Моллер /



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

_____ / А.М. Столяров /



Рецензент:
Директор ООО «Шлаксервис», канд.техн.наук

_____ / А.Б. Великий /



1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Моделирование процессов и объектов в металлургии» является формирование у обучающихся представлений и навыков по разработке математических моделей металлургических агрегатов и технологических процессов производства черных металлов.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина Б1.Б.22 «Моделирование процессов и объектов в металлургии» является одной из базовых дисциплин.

Для изучения данной дисциплины необходимо предварительное изучение дисциплин: «Информатика и информационные технологии», «Физическая химия», «Математическая статистика в металлургии», «Методы оптимизации», «Основы металлургического производства», «Материаловедение», «История металлургии».

Для освоения данной дисциплины студент должен обладать навыками работы в электронных таблицах «Excel», знать методы математической статистики и оптимизации, применяемые при обработке экспериментальных данных, знать сущность физико-химических процессов металлургического производства, конструкцию основных агрегатов и технологию процессов производства чугуна и стали.

Освоение данной дисциплины необходимо для изучения следующих дисциплин: «Информационные технологии в металлургии», «Металлургическая теплотехника», «Физические свойства металлов», практики и подготовки выпускной квалификационной работы.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Моделирование процессов и объектов в металлургии» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-4 – готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач	
Знать	<i>современные методы теоретического и экспериментального исследования процессов и объектов в металлургии</i>
Уметь	<i>прогнозировать возможность решения инженерных задач в металлургии</i>
Владеть	<i>методами исследования и способностью объяснять его результаты применительно к профессиональной деятельности</i>
ПК-5 – способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов	
Знать	<i>методы математического моделирования металлургических объектов и технологических процессов</i>
Уметь	<i>использовать методы математического моделирования металлургических объектов и технологических процессов</i>
Владеть	<i>навыками использования стандартных программных средств электронных таблиц «Excel» для разработки математических моделей</i>
ПК-11 - готовностью выявлять объекты для улучшения в технике и технологии	

Знать	<i>эффективные варианты устранения недостатков конструкции металлургического агрегата и совершенствования технологического процесса</i>
Уметь	<i>выявлять эффективные варианты устранения недостатков конструкции металлургического агрегата и совершенствования технологического процесса</i>
Владеть	<i>навыками выявления эффективных вариантов устранения недостатков конструкции металлургического агрегата и совершенствования технологического процесса</i>

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы 144 акад. часа, в том числе:

- контактная работа – 10,9 акад. часа:
 - аудиторная – 8 акад. часов;
 - внеаудиторная – 2,9 акад. часа;
- самостоятельная работа – 124,4 акад. часа;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. часа

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Понятие математической модели, общие принципы и этапы ее построения	3	0,5			15	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	<i>ОПК-4-з ПК-5-зув</i>
2. Вычислительный эксперимент и адекватность моделей	3	1			30	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	<i>ПК-5-зув</i>
3. Применение численных методов для анализа и расчета процессов, протекающих при производстве и обработке металлов и сплавов	3	1	4/2И		39,4	Подготовка к лабораторной работе	Лабораторная работа	<i>ОПК-4-зув ПК-5-зув ПК-11-зув</i>
4. Методы решения сопряженных задач	3	1			20	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	<i>ПК-5-зув ПК-11-зув</i>
5. Постановка и пути решения оптимизационных задач	3	0,5			20	Самостоятельное изучение литературы	Собеседование	<i>ПК-5-зув ПК-11-зув</i>
Итого по дисциплине		4	4/2И		124,4		Экзамен	

5 Образовательные и информационные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных и информационных технологий в преподавании дисциплины «Моделирование процессов и объектов в металлургии» используются традиционная и информационно-коммуникационная технологии.

Лекции проходят как в традиционной информационной форме, так и в форме лекций-визуализаций с использованием презентаций в виде видеоматериалов.

На лабораторных занятиях с использованием персональных компьютеров выполняются индивидуальные задания по изучаемому разделу дисциплины. При проведении занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. Результаты выполненных заданий защищаются и подвергаются коллективному обсуждению с выявлением и анализом проблемных ситуаций.

Самостоятельная работа студентов необходима при подготовке к лекциям, лабораторным занятиям, контрольной работе и итоговой аттестации в форме экзамена.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Моделирование процессов и объектов в металлургии» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение лабораторной работы. Лабораторная работа выполняется на компьютере в электронных таблицах «Excel».

Пример лабораторной работы.

С использованием метода математического моделирования изучить влияние на длину лунки жидкого металла в слябовой непрерывнолитой заготовке двух факторов: толщины отливаемой заготовки и температуры металла в промежуточном ковше МНЛЗ.

Теоретическая часть

Максимальная протяженность лунки жидкого металла в непрерывнолитой заготовке может быть определена по формуле

$$L_{ж. макс} = \tau_3 \cdot v_{ макс}, \quad (1)$$

где $L_{ж. макс}$ – наибольшая длина лунки, м;
 τ_3 – продолжительность затвердевания заготовки, мин;
 $v_{ макс}$ – максимальная скорость вытягивания заготовки из кристаллизатора, м/мин.

Продолжительность затвердевания слябовой непрерывнолитой заготовки рассчитывается согласно зависимости

$$\tau_3 = \left(\frac{a}{2k_3} \right)^2, \quad (2)$$

где a – толщина отливаемой заготовки, мм;
 k_3 – коэффициент затвердевания стали, мм/мин^{0,5}.

В формуле (2) величина коэффициента затвердевания стали зависит от величины перегрева стали в промежуточном ковше МНЛЗ над температурой ликвидус и рассчитывается по уравнению

$$k_3 = 30 - 0,2\Delta t_{пер}, \quad (3)$$

где $\Delta t_{пер}$ – величина перегрева стали, °С.

В анализируемой двухфакторной зависимости длины лунки жидкого металла одной из независимых переменных является температура стали в промежуточном ковше, по-

этому в формуле (3) целесообразно использовать следующее выражение:

$$\Delta t_{пер} = t_{нк} - t_{ликв}, \quad (4)$$

где $t_{нк}$ – температура стали в промежуточном ковше, °С;
 $t_{ликв}$ – температура ликвидус стали, °С.

Температура ликвидус стали зависит от химического состава металла и рассчитывается по формуле

$$t_{ликв} = 1539 - 73[C] - 12[Si] - 3[Mn] - 30[S] - 28[P] - 1[Cr] - 3,5[Ni] - 7[Cu] - 3[Al], \quad (5)$$

где 1539 – температура затвердевания чистого железа, °С;
 73; 12; 3; 30; 28; 1; 3,5; 7; 3 – величины снижения температуры затвердевания железа при введении в него одного процента, соответственно, углерода, кремния, марганца, серы, фосфора, хрома, никеля, меди и алюминия, °С/%;

[C], [Si], [Mn], [S], [P], [Cr], [Ni], [Cu], [Al] – содержание в стали, соответственно, углерода, кремния, марганца, серы, фосфора, хрома, никеля, меди, алюминия, %.

Величины температуры стали в промежуточном ковше превышают температуру ликвидус на принимаемые значения величины перегрева металла.

В формуле (1) величина максимальной скорости вытягивания заготовки из кристаллизатора может быть вычислена по формуле

$$v_{макс} = [1,55 - 0,01(t_{нк} - t_{ликв})] \cdot v_p, \quad (6)$$

где v_p – рабочая скорость вытягивания заготовки из кристаллизатора, м/мин.

Рабочая скорость вытягивания заготовки рассчитывается по формуле

$$v_p = k_v \frac{a+b}{a \cdot b} 10^3, \quad (7)$$

где k_v – коэффициент скорости вытягивания, м²/мин;
 a, b – толщина и ширина заготовки, мм.

Рекомендуются следующие значения коэффициента скорости вытягивания:

Сталь	k_v , м ² /мин
Углеродистая обыкновенного качества	0,20
Углеродистая качественная и низколегированная	0,16
Средне- и высоколегированная	0,14

Обязательным условием безаварийной газовой резки непрерывнолитой заготовки является соблюдение соотношения

$$\frac{L_{ж.макс}}{L_m} \leq 0,9, \quad (8)$$

где L_m – металлургическая длина МНЛЗ, м.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала и выполнения контрольной работы. Контрольная работа выполняется по индивидуальному заданию согласно тематике, задаваемой преподавателем и приведенной в следующем разделе рабочей программы. Успешная защита результатов контрольной работы является обязательной для допуска к экзамену.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-4 – готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач		
Знать	<i>современные методы теоретического и экспериментального исследования процессов и объектов в металлургии</i>	<p style="text-align: center;"><i>Вопросы для проведения текущего контроля и итоговой аттестации в форме экзамена</i></p> <p><i>Что называется моделью?</i> <i>Каковы особенности математической модели?</i> <i>Какие бывают математические модели (по цели создания, по принципу построения)?</i> <i>В чем сущность формализованного подхода при построении математической модели?</i></p>
Уметь	<i>прогнозировать возможность решения инженерных задач в металлургии</i>	<p><i>Пример лабораторной работы.</i> <i>С использованием метода математического моделирования изучить влияние на длину лунки жидкого металла в слябовой непрерывнолитой заготовке двух факторов: толщины отливаемой заготовки и температуры металла в промежуточном ковше МНЛЗ.</i></p>
Владеть	<i>методами исследования и способностью объяснять его результаты применительно к профессиональной деятельности</i>	<p><i>Пример задания к лабораторной работе.</i> <i>Тип МНЛЗ – криволинейная.</i> <i>Размеры поперечного сечения непрерывнолитой заготовки:</i> <i>толщина – 210, 220, 230, 240, 250 мм;</i> <i>ширина – 1350 мм.</i> <i>Марка стали – 10ХСНД.</i> <i>Величина перегрева металла в промежуточном ковше над температурой ликвидус – 10, 15, 20, 25, 30 °С.</i></p>

ПК-5 – способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов		
Знать	методы математического моделирования металлургических объектов и технологических процессов	<p>Вопросы для проведения текущего контроля и итоговой аттестации в форме экзамена</p> <p>Что такое модель типа «черный ящик»? В чем особенность статических моделей? Какие особенности имеют динамические модели? В чем сущность содержательного подхода при построении математической модели?</p>
Уметь	использовать методы математического моделирования металлургических объектов и технологических процессов	<p>Тематика лабораторной работы по математическому моделированию металлургических процессов</p> <p>Математическое моделирование процесса истечения дутья из верхней кислородной фурмы в конвертере. Математическое моделирование процесса окисления марганца в кислородно-конвертерной плавке. Математическое моделирование процесса формирования макроструктуры непрерывно-литой заготовки.</p>
Владеть	навыками использования стандартных программных средств электронных таблиц «Excel» для разработки математических моделей	<p>Пример задания к лабораторной работе: Математическое моделирование процесса окисления марганца в кислородно-конвертерной плавке. Смоделировать зависимость остаточного содержания марганца в металле от содержания марганца в чугуне и основности шлака для условий ММК. Необходимые для расчетов данные выбираются самостоятельно.</p> <p>Рекомендуемая литература:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Колесников Ю.А., Буданов Б.А., Столяров А.М. Металлургические технологии в высокопроизводительном конвертерном цехе: учебное пособие. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 379с. 2. Бигеев А.М., Бигеев В.А. Металлургия стали. Теория и технология плавки стали. – Магнитогорск: МГТУ, 2000. – 544 с.
ПК-11 - готовностью выявлять объекты для улучшения в технике и технологии		
Знать	эффективные варианты устранения недостатков конструкции металлургического агрегата и совершенствования технологического процесса	<p>Вопросы для проведения текущего контроля и итоговой аттестации в форме экзамена</p> <p>Какова сущность статических моделей в металлургии? Каковы особенности динамического моделирования в металлургии? В чем особенность моделей с распределенными параметрами?</p>

		<p><i>Почему параметры модели могут быть распределенными? Какова особенность имитационных моделей? В чем сущность различных численных методов? Чем отличаются различные методы оптимизации?</i></p>
Уметь	<p><i>выявлять эффективные варианты устранения недостатков конструкции металлургического агрегата и совершенствования технологического процесса</i></p>	<p><i>Тематика лабораторной работы по математическому моделированию металлургических процессов</i></p> <p><i>Математическое моделирование процесса шлакообразования в конвертере с комбинированной продувкой кислородом сверху и аргоном снизу.</i></p> <p><i>Математическое моделирование процесса раскисления стали.</i></p> <p><i>Математическое моделирование процесса вакуумной обработки металла</i></p> <p><i>Математическое моделирование процесса продувки металла в кислородном конвертере сверху</i></p> <p><i>Математическое моделирование процесса окисления фосфора в дуговой сталеплавильной печи.</i></p>
Владеть	<p><i>навыками выявления эффективных вариантов устранения недостатков конструкции металлургического агрегата и совершенствования технологического процесса</i></p>	<p><i>Пример задания к лабораторной работе:</i></p> <p><i>Математическое моделирование процесса окисления фосфора в дуговой сталеплавильной печи. Смоделировать зависимость остаточного содержания фосфора в металле перед выпуском из агрегата от содержания фосфора в ломе и основности шлака при работе с 30 % лома в металлической шихте.</i></p> <p><i>Необходимые для расчетов данные выбираются самостоятельно.</i></p> <p><i>Рекомендуемая литература:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. Бигеев А.М., Бигеев В.А. Металлургия стали. Теория и технология плавки стали. – Магнитогорск: МГТУ, 2000. – 544 с.</i> <i>2. Колесников Ю.А., Буданов Б.А., Столяров А.М. Металлургические технологии в высокопроизводительном конвертерном цехе: учебное пособие. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 379с.</i>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Моделирование процессов и объектов в металлургии» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает два теоретических вопроса. При оценке знаний на экзамене обязательно учитывается оценка, полученная обучающимся ранее при защите индивидуальной лабораторной работы по математическому моделированию конкретного технологического процесса.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

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

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

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

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

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

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Бигеев, В. А. Металлургические технологии в высокопроизводительном электростале-плавильном цехе : учебное пособие / В. А. Бигеев, А. М. Столяров, А. Х. Валихметов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2662.pdf&show=dcatalogues/1/1131349/2662.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020)

2. Колесников, Ю. А. Металлургические технологии в высокопроизводительном конвертерном цехе : учебное пособие / Ю. А. Колесников, Б. А. Буданов, А. М. Столяров ; под ред. В. А. Бигеева; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2015 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2674.pdf&show=dcatalogues/1/1131421/2674.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020)

3. Столяров, А. М. Технологические расчеты по непрерывной разливке стали : учебное пособие / А. М. Столяров, В. Н. Селиванов ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2011 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1556.pdf&show=dcatalogues/1/1124795/1556.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020)

б) Дополнительная литература:

1. Колесников Ю.А., Буданов Б.А., Столяров А.М. *Металлургические технологии в высокопроизводительном конвертерном цехе: учебное пособие.* – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 379с.
2. Бигеев В.А., Столяров А.М., Валиахметов А.Х. *Металлургические технологии в высокопроизводительном электросталеплавильном цехе.* – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 308 с.

в) Методические указания:

1. Столяров А.М., Буданов Б.А. *Математическое моделирование двухфакторной зависимости длины лунки жидкого металла в слябовой непрерывнолитой заготовке: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Моделирование процессов и объектов в металлургии» для студентов специальности 150101.* Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2012. 8 с.
2. Селиванов В.Н., Столяров А.М. *Определение технологических параметров разлива стали на слябовой МНЛЗ.* Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. 20 с.
3. Селиванов В.Н., Столяров А.М. *Определение технологических параметров разлива стали на сортовой МНЛЗ.* Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. 22 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017 Д-593 от 20.05.2016	11.10.2021 27.07.2018 20.05.2017
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно

Интернет-ресурсы

- Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). – URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp.
- Поисковая система Академия Google (Google Scholar) – URL: <https://scholar.google.ru/>.
- Информационная система – Единое окно доступа к информационным системам – URL: <http://window.edu.ru/>.
- Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности». – Режим доступа: <https://www1.fips.ru/>

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
--------------------------	---------------------

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Специализированная мебель
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий	Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель
Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель