



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.
Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

25.04.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДОГО
ТОПЛИВА***

Направление подготовки (специальность)
18.04.01 Химическая Технология

Направленность (профиль/специализация) программы
Химические технологии энергоносителей и сырьевых материалов в металлургии

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очно-заочная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	1

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 7.08.2020 г. № 910)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Металлургии и химических технологий

16.04.2025 г. протокол № 8

Зав. кафедрой



А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

25.04.2025 г. протокол № 7

Председатель



А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры кафедры МиХТ, канд. техн. наук



Т.Г. Волощук

Рецензент:

доцент кафедры ПЭиБЖД, канд. техн. наук



А.Ю.Перятинский

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины (модуля) «Оборудование и технология переработки твердого топлива» является формирование у обучающихся знаний, умений и практических навыков в области теории и практики существующих и перспективных методов переработки твердого топлива при использовании современного оборудования.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Оборудование и технология переработки твёрдого топлива входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Подготовка углей к коксованию

Коксование углей

Улавливание и переработка химических продуктов коксования

по программе подготовки бакалавра направления «Химическая технология»

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Анализ и синтез химико-технологических систем

Информационные технологии для обработки эмпирических данных

Массоперенос в системах с участием твёрдой фазы

Учебная - научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)

Получение синтетического жидкого топлива

Технология композиционных материалов

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Оборудование и технология переработки твёрдого топлива» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-4	Способен выполнять производственные задачи по выпуску товарной продукции топливно-энергетического комплекса
ПК-4.1	Оценивает параметры и режимы технологических процессов, вносит предложения по их совершенствованию, анализирует результаты производственной деятельности в топливно-энергетическом комплексе

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 6,1 акад. часов;
- аудиторная – 6 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 98 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Значение твердых горючих ископаемых для народного хозяйства								
1.1 Качественные показатели ТГИ, определяющие их использование в различных отраслях народного хозяйства	1			0,5	12	Поиск дополнительной информации	Экспресс опрос	ПК-4.1
1.2 Требование к твердым горючим ископаемым, поступающим на термическую переработку				0,5	14,1	Поиск дополнительной информации. Работа с библиографическими материалами	Экспресс-опрос	ПК-4.1
Итого по разделу				1	26,1			
2. Теоретические основы и практика переработки ТГИ различной стадии метаморфизма								
2.1 Технологические схемы и новое оборудование процесса полуккоксования ТГИ	1			1	12	Поиск дополнительной информации. Работа с библиографическими материалами	Экспресс-опрос. Доклад. Презентация	ПК-4.1
2.2 Технологические схемы и новое оборудование процесса гидрогенизации ТГИ				1	12	Поиск дополнительной информации. Работа с библиографическими материалами	Экспресс-опрос. Доклад. Презентация.	ПК-4.1

2.3 Технологические схемы и новое оборудование процесса газификации ТГИ				1	10	Поиск дополнительной информации. Работа с библиографичес- кими маиериалами	Экспресс-опрос. Доклад. Презентация.	ПК-4.1
Итого по разделу				3	34			
3. Технологический расчет оборудования								
3.1 Расчеты на основе материального баланса. Расчет объемов реакторов	1			1	12,9	Поиск дополнительной информации. Работа с библиографичес- кими маиериалами	Проверка задания	ПК-4.1
3.2 Тепловой расчет основного оборудования. Энергетический и эксергетический балансы				1	12	Поиск дополнительной информации. Работа с библиографичес- кими маиериалами	Проверка задания	ПК-4.1
3.3 Конструкционные материалы в химическом машиностроении					13	Поиск дополнительной информации. Работа с библиографичес- кими маиериалами	Экспресс-опрос	ПК-4.1
Итого по разделу				2	37,9			
Итого за семестр				6	98		зачёт	
Итого по дисциплине				6	98		зачет	

5 Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Оборудование и технология переработки твердого топлива» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

В ходе практических работ выполняются групповые или индивидуальные задания по заданной теме. Практические работы проводятся с элементами исследования и внедрением инновационной технологии коллективного взаимообучения. (Для формирования системного творческого технического мышления и способности генерировать нестандартные технические идеи при решении творческих производственных задач). Контекстный метод обучения при проведении практических занятий позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. Для решения задач исследовательского характера на практических занятиях проводится учебная дискуссия, как метод интерактивного обучения, позволяющая обмениваться взглядами студентам по конкретной проблеме. Высокая степень самостоятельности выполнения студентами заданий способствует развитию логического мышления и более глубокому освоению теоретических положений, изученных на лекциях. По результатам, полученным при решении задач, происходит дискуссия и формулируется вывод об оптимальном режиме проведения технологического процесса. На практических занятиях применяются также следующие виды интерактивного обучения: контекстное обучение, междисциплинарное обучение, эвристическая беседа, позволяющие находить ответ на проблему, используя знания, полученные и на других дисциплинах.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе подготовки рефератов, подготовке к практическим работам и аттестации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Химия горючих ископаемых : учебник / О. И. Серебряков, Т. С. Смирнова, В. С. Мерчева [и др.]. — 2-е изд., доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 404 с. — (Высшее образование: Магистратура). - ISBN 978-5-16-015577-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1041945> — Режим доступа: по подписке.

2. Современные аналитические методы исследования твердых горючих ископаемых : учебное пособие / С. А. Эпштейн, В. И. Минаев, И. М. Никитина [и др.]. — Москва : Горная книга, 2016. — 108 с. — ISBN 978-5-98672-451-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101755> — Режим доступа: для авториз. пользователей

б) Дополнительная литература:

Егорова, Е. В. Химическая технология твердых горючих ископаемых. Газификация твердых топлив : учебное пособие / Е. В. Егорова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 35 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/240008> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2.Абрамкин, Н. И. Физико-химическая геотехнология: процессы сжигания и газификация угля в подземных условиях : учебное пособие / Н. И. Абрамкин, 2.Г. А. Янченко. — Москва : МИСИС, 2019. — 97 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116905> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3.Евменова, Г. Л. Направление комплексного использования минерального сырья : учебное пособие / Г. Л. Евменова. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 115 с. — ISBN 978-5-906969-05-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105391> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4.Неведров, А. В. Химия природных энергоносителей : учебное пособие / А. В. Неведров, Е. В. Васильева, А. В. Папин. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019. — 165 с. — ISBN 978-5-00137-054-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122219> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Вязьмин, А. В. Расчеты химико-технологических процессов: теория и практика : учебно-методическое пособие / А. В. Вязьмин, Ю. Г. Пикулин. — Москва : РТУ МИРЭА, 2019. — 77 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171501>— Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Свечникова Н. Ю.Химическая технология топлива : учебно-методическое пособие / Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина, Т. Г. Волощук ; Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина, Т. Г. Волощук ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2153> . - ISBN 978-5-9967-1288-5. - Текст : электронный.

2. Волощук, Т. Г. Технология и использование углеродных материалов : учебное пособие [для вузов] / Т. Г. Волощук, В. Н. Петухов ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-2020-0. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2938> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Учебные аудитории для проведения практических групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных аттестаций

Доска, мультимедийный проектор, экран

Помещения для самостоятельной работы обучающихся

Персональные компьютеры с пакетом MS Office с выходом в интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования

Приложение 1

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Примеры заданий для аудиторных занятий

1. Рассчитать качественные показатели шихты по проценту участия шихтокомпонентов и их качественным характеристикам (см табл.1).

Таблица 1. Качественные характеристики шихтокомпонентов.

Наименование поставщика	Марка ГОСТ 25543-88	%	Показатели качества шихтокомпонентов					
			Влага, W^r , %	Зольность, A^d , %	Выход Летучих веществ V^{daf} , %	Сера, $S_{общ}$, %	Отражательная способность витринита, R_o , %	Толщина пластического слоя, Y , мм
ЦОФ Беловская	80% Ж, 20% КС	27,1	8,6	11,1	32,6	0,56	0,88	28
ОФ Распадская	ГЖО, ГЖ	16,2	8,9	9,0	34,2	1,06	0,89	18

Беловская	КО,КС	5,5	9,0	8,4	22,6	0,45	1,12	12
ОФ Междуреченская	КС+ОС	10,2	9,3	8,9	19,7	0,34	1,42	10
ГОФ Красногорская	К, КО	6,7	9,2	9,5	24,3	0,42	1,18	13
ОФ Бачатская	КО	5,3	9	7,8	23,1	0,39	1,12	11
ГОФ Северная	К	2,5	9,1	9,3	22,7	0,60	1,21	17
ЦОФ Восточная	К, КЖ	6,5	9,5	10,8	26,9	0,86	1,19	22

2. Рассчитать зольность кокса при зольности шихты, поступающей на коксование 8,9% и выходе кокса в количестве 79%.

3. Определить необходимое количество молотковых дробилок для измельчения угольной шихты, если известно, что поступает на дробление 2050 т/час шихты, а производительность дробилки составляет 450 т/час.

4. Рассчитать выход газа, смолы, сырого бензола с 1 т. рабочей и сухой шихты при параметрах:

4.1 Технический анализ шихты, %: $W^p = 8,4$; $S^c_{\text{общ.}} = 2,26$; $A^c = 7,4$. Элементный состав (%): $C^c = 80,95$; $H^c = 4,37$; $O^c = 3,83$; $N^c = 1,56$; $V^c = 24,5$.

4.2 Технический анализ шихты, %: $W^p = 8,4$; $S^c_{\text{общ.}} = 2,26$; $A^c = 7,4$. Элементный состав (%): $C^c = 80,95$; $H^c = 4,37$; $O^c = 3,83$; $N^c = 1,56$; $V^c = 24,5$.

4.3 Технический анализ шихты, %: $W^p = 8,4$; $S^c_{\text{общ.}} = 2,26$; $A^c = 7,4$. Элементный состав (%): $C^c = 80,95$; $H^c = 4,37$; $O^c = 3,83$; $N^c = 1,56$; $V^c = 24,5$.

5. Рассчитать годовую производительность одной печи и коксовой батареи по коксу влажностью 6% и расход шихты.

5.1 Технический анализ шихты, %: $W^p = 7,9$; $A^c = 8,3$; $V^r = 27,5,0$; $S^c_{\text{общ.}} = 0,6$; $N^c = 1,5$.

Насыпная масса шихты 0,8 т/м³.

Полезный объем печи 41,6 м³,

Число печей в батарее 65,

Продолжительность оборота 14 час.

5.2. Рассчитать годовую производительность одной печи и коксовой батареи по коксу влажностью 6% и расход шихты. Технический анализ шихты, %: $W^p = 7,9$; $A^c = 8,3$; $V^r = 27,5,0$; $S^c_{\text{общ.}} = 0,6$; $N^c = 1,5$.

Насыпная масса шихты 0,8 т/м³.

Полезный объем печи 41,6 м³,

Число печей в батарее 65,

Продолжительность оборота 14 час.

6. Рассчитать теоретический процесс газификации антрацита смесью кислорода и водяного пара 50 %: 50 % с получением оксигенного генераторного газа.

Элементный анализ антрацита на сухую беззольную массу: $C^{\text{daf}} = 95,5$ %; $H^{\text{daf}} = 1,2$ %; $O^{\text{daf}} = 1,05$ %; $S^{\text{daf}} = 1,75$ %; $N^{\text{daf}} = 0,5$ %. Влажность антрацита $W^p = 6$ %, зольность $A^p = 5$ %.

7. Рассчитать теоретический процесс газификации каменного угля смесью кислорода и водяного пара 50 %: 50 % с получением оксигенного генераторного газа.

Элементный анализ каменного угля на сухую беззольную массу: $C^{\text{daf}} = 86$ %; $H^{\text{daf}} = 5,5$ %; $O^{\text{daf}} = 4,5$ %; $S^{\text{daf}} = 2,5$ %; $N^{\text{daf}} = 1,5$ %. Влажность каменного угля $W^p = 6$ %, зольность $A^p = 11,5$ %.

Вопросы для подготовки докладов и презентаций

1. Технология получения жидкого топлива из твердых горючих ископаемых. Основное оборудование гидрогенизации.
2. Технология получения полукокса. Сырье. Основное оборудование печей для полукоксования.
3. Технология подземной газификации твердых горючих ископаемых. Сырье. Основное оборудование для подземной газификации.
4. Технология получения металлургического кокса. Сырье. Основное оборудование коксовых цехов. Работа коксовых батарей.
5. Технология газификации твердого топлива. Основной химизм процесса. Работа реакторов.
6. Использование кокса в доменном процессе. Требования к качеству кокса. Технология доменного производства.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-4 Способен выполнять производственные задачи по выпуску товарной продукции топливно-энергетического комплекса		
ПК-4.1	Оценивает параметры и режимы технологических процессов, вносит предложения по их совершенствованию, анализирует результаты производственной деятельности в топливно-энергетическом комплексе	<i>Примерный перечень теоретических вопросов:</i> 1. Промышленные реакторы. Классификация. Требования, предъявляемые к конструкции 2. реактора. Факторы, влияющие на элементы конструкции реактора. 3. Контактные аппараты. Реакторы с неподвижным, движущимся и кипящим слоем катализатора. Достоинства и недостатки. Расчет реактора синтеза аммиака 4. Высокотемпературные реакторы. Промышленные печи. Типы камер. 5. Жидкофазные реакторы. Системы Т-Ж. Системы Ж-Ж. Системы Г-Ж. 6. Аппараты для гетерогенно-каталитических реакций реакторы для газовых реакций 7. Типовые конструкции сушилок. Схемы сушки. Сравнение и выбор сушилок. Расчет сушилок. 8. Основное оборудование цехов для полукоксования. Технологический цикл. Процессы. Типы технологических связей, рециклы, потоки. 9. Эффективность работы предприятий: производительность, интенсивность, себестоимость, капитальные затраты, производительность труда. Качество продукции. Пути повышения эффективности работы предприятия: механизация, автоматизация, компьютеризация. Безотходная технология. 10. Выход продукта: теоретический и практический, стехиометрический и равновесный; зависимость выхода от степени превращения для обратимых и необратимых реакций. 11. Классификация оборудования для переработки твердого топлива. Требования,

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		предъявляемые к оборудованию. <i>Задачи для самостоятельного решения:</i> 1. Составить материальный баланс процесса газификации 1 т кокса, идущего по реакциям: $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2 - 131 \text{ кДж}$ $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2 + 42 \text{ кДж.}$ 1,8 : 1, степень превращения углерода в коксе – 0,90, выход оксида углерода – 0,85. Найти общее количество подведённого тепла. Выбрать тип сборника для жидкого продукта, рассчитать вместимость и число сборников при следующих исходных данных: расход продукта $L = 27500 \text{ кг/ч}$; плотность $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$; время заполнения сборника $\tau = 0,25 \text{ ч}$. Высота сборника не должна превышать 3 м. 2. Докажите, что модель каскада реакторов идеального смешения является промежуточной между моделями идеального вытеснения и идеального смешения. Объясните, в чем заключается преимущество каталитических аксиальных реакторов по сравнению с радиальными. <i>Задание на решение задач из профессиональной области</i> 1. Нарисуйте схемы нескольких реакторов. Покажите на одном из них структурные элементы. 2. Рассчитайте объем РИС в котором осуществляется реакция первого порядка. Объемный расход $0.05 \text{ м}^3/\text{с}$, конечная степень превращения 75%, константа скорости реакции $k = 0.3 \text{ мин}^{-1}$ 3. Нарисуйте схему протекания гетерогенно-каталитического процесса и перечислите его основные стадии. 4. Нарисуйте схему нескольких типов реакторов. Покажите на одном из них структурные элементы реактора. 5. Нарисуйте графики зависимости скорости необратимой реакции от концентрации, степени превращения, температуры.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		6. Нарисуйте графики зависимости скорости обратимой реакции от концентрации, степени превращения, температуры 7. Средняя температура контактных газов в утилизационном котле равна 270°C, коэффициент теплоотдачи от них к стенке котла $\alpha = 20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$. Котел установлен на открытом воздухе. Температура воздуха 5°C, скорость ветра 5 м/с. Пользуясь справочными данными о теплофизических свойствах теплоизоляционных материалов, выбрать такой материал, чтобы при толщине его не более 400 мм температура наружной поверхности котла не превышала 40°C. 8. Описать схему регенерации энергии с дополнительным приводом компрессора от газовой турбины. В чем заключается энергоэффективность такой схемы? 9. Перечислите варианты использования потоков воды с одинаковой тепловой энергией, какие из них наиболее рациональны?

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Оборудование и технология переработки твердого топлива» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета в устной форме.

Показатели и критерии оценивания зачета:

- оценку **«зачтено»** обучающийся получает, если может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач, может дать оценку предложенной ситуации.
- оценку **«не зачтено»** обучающийся получает, если не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач, дать оценку предложенной ситуации