



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

05.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОБЩАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Направление подготовки (специальность)

22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы

Химические технологии энергоносителей и сырьевых материалов в металлургии

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения

очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	1
Семестр	1, 2

Магнитогорск
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Metallургии и химических технологий
28.01.2026, протокол № 4

Зав. кафедрой



А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
05.02.2026 г. протокол № 5

Председатель



А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры кафедры МиХТ, канд. хим. наук



С.А. Крылова

Рецензент:

доцент кафедры Химии, канд. хим. наук



Е.В. Тарасюк

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 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 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

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

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

- развитие у студентов способности проникать в сущность химико-технологических процессов, рассматривать их во взаимосвязи для управления качеством химической продукции, освоение методов анализа и синтеза химико-технологических систем, формирование навыков практического использования полученных знаний для будущей профессиональной деятельности.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Общая химическая технология входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Математика

Общая и неорганическая химия

Физика

Введение в направление

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

Исследование процессов производства кокса

Системы управления химико-технологическими процессами

Современные методы получения синтез-газа

Улавливание, переработка и использование промышленных газов

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Общая химическая технология» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии
ОПК-1.1	Решает профессиональные задачи в области металлургии и процессов металлообработки, используя фундаментальные знания
ОПК-1.2	Владеет способами и приемами решения исследовательских задач в предметной области металлургии и металлообработки
ОПК-1.3	Применяет фундаментальные междисциплинарные знания для решения задач в профессиональной деятельности

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 67 академических часов;
- аудиторная – 63 академических часов;
- внеаудиторная – 4 академических часов;
- самостоятельная работа – 113,3 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен, зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Введение								
1.1 Основные понятия и определения. Сырьевая и энергетическая база химической промышленности	1	2			0,5	Подготовка к собеседованию	Собеседование Экзамен	ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу		2			0,5			
2. Общие закономерности химических процессов								
2.1 Термодинамика химических превращений	1	2		1	2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к практическому занятию, тестированию, семинару (коллоквиуму)	Выступление на семинаре, выполнение расчетных заданий, Тест. Экзамен	ОПК-1.2, ОПК-1.3
2.2 Кинетика ХТП. Промышленный катализ		4		2	2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к практическому занятию, семинару (коллоквиуму), тестированию	Выступление на семинаре, выполнение расчетных заданий Тест, Экзамен	ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу		6		3	4			
3. Химико-технологические системы (ХТС)								
3.1 Химическое	1	2		5	3	Самостоятельно	Выступление на	ОПК-1.1,

производство как ХТС. Показатели эффективности функционирования. Состав и структура ХТС.						е изучение учебной и научной литературы. Подготовка к практическому занятию, семинару (коллоквиу-му)	семи-наре, выполнение расчетных заданий Экзамен	ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу		2		5	3			
4. Производство основных химических продуктов								
4.1 Производство аммиака, неорганических кислот, удобрений	1	7		4	4,9	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Выполнение расчетных заданий Подготовка к семинару, тестированию	Выступление на семинаре Расчетное задание. Тест Экзамен	ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу		7		4	4,9			
5. Разработка ХТС								
5.1 Основные этапы разработки ХТС. Модели ХТС.	1	2		1	2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию	Собеседование Выступление на семинаре Экзамен	ОПК-1.1, ОПК-1.3
5.2 Свойства ХТС как системы		2		1	2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию	Собеседование Выступление на семинаре Экзамен	ОПК-1.1, ОПК-1.3
Итого по разделу		4		2	4			
6. Анализ ХТС.								
6.1 Задачи анализа. Эффективность использования материальных ресурсов Энергетическая и эксергетическая эффективность ХТС. Эффективность организации процесса в ХТС.	1	5		1	2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, собеседованию	Собеседование Выступление на семинаре Экзамен	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу		5		1	2			
7. Синтез ХТС.								
7.1 Задачи и методы синтеза ХТС.	1	6		1	2	Самостоятельное изучение	Собеседование Выступление на	ОПК-1.1, ОПК-1.2,

Технологические концепции создания ХТС Совмещенные процессы. Перестраиваемые ХТС.					учебной и научной литературы. Подготовка к практическому занятию, собеседованию	семинаре Экзамен	ОПК-1.3
Итого по разделу	6		1	2			
Итого за семестр	32		16	20,4		экзамен	
8. Расчет и анализ ХТС.							
8.1 Расчет материальных и тепловых балансов ХТП	2		10	45,9	Подготовка к практическому занятию, семинару (коллоквиуму) выполнение домашнего задания	Домашнее задание. Зачет	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
8.2 Анализ и синтез различных систем и подсистем химического производства			5	47	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к практическому занятию, собеседованию, выполнение домашнего задания	Собеседование Домашнее задание Зачет	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
Итого по разделу			15	92,9			
Итого за семестр			15	92,9		зачёт	
Итого по дисциплине	32		31	113,3		экзамен, зачет	

5 Образовательные технологии

Проектирование обучения строится на основе следующих принципов:

- Обучение на основе интеграции с наукой и производством.
- Профессионально-творческая направленность обучения.
- Ориентированность обучения на личность.
- Ориентированность обучения на развитие опыта самообразовательной деятельности будущего специалиста.

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Общая химическая технология» используются различные образовательные технологии:

1. Традиционные образовательные технологии: информационная лекция, практические занятия.

2. Информационно-коммуникационные образовательные технологии: лекция-визуализация. Практическое занятие в форме презентации – представление результатов с использованием специализированных программных сред.

3. Информационно-развивающие технологии, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими. При самостоятельном изучении литературы применение современных информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

4. Деятельностные практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при разборе конкретных ситуаций, основанных на практических примерах, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.

5. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.

6. Интерактивные технологии: коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе. Изложение проблем и их совместное решение.

7. Личностно-ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента, при выполнении различных заданий, на консультациях.

В ходе диалогового обучения студенты учатся критически мыслить, решать сложные проблемы на основе анализа обстоятельств и соответствующей информации, взвешивать альтернативные мнения, принимать продуманные решения, участвовать в дискуссиях, общаться. Для этого на занятиях организуются групповая работа, работа с документами и различными источниками информации.

Реализация такого подхода осуществляется следующим образом:

1. Распределение тем домашних заданий (рефератов) с учетом пожеланий студентов, тематики их научных интересов и т.п.

2. Подготовка студентами формы отчетности самостоятельной работы (реферат-презентация, выступление на семинаре, выполненное расчетное задание).

3. Обсуждение подготовленного отчета в режиме дискуссии с элементами коллективного решения творческих задач.

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

а) Основная литература:

1. Игнатенков, В. И. Общая химическая технология: теория, примеры, задачи : учебное пособие для вузов / В. И. Игнатенков. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 195 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09222-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/536887> .

2. Основы проектирования процессов переработки природных энергоносителей: Учебное пособие / Кравцов А.В., Самборская М.А., Вольф А.В., - 2-е изд. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 166 с. / Издательство « ИНФРА-М» Электронно-библиотечная система. <https://znanium.com/read?id=268307>

б) Дополнительная литература:

1. Крылова С. А. Введение в анализ и синтез химико-технологических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. А. Крылова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1379> . - Макрообъект.

2. Рябов, В. Д. Химия нефти и газа : учебное пособие / В.Д. Рябов. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 311 с. — DOI 10.12737/1017513. - ISBN 978-5-16-015106-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1876804> . – Режим доступа: по подписке.

3. Технология переработки углеводородных газов : учебник для вузов / В. С. Арутюнов, И. А. Голубева, О. Л. Елисеев, Ф. Г. Жагфаров. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 723 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12398-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495689> .

4. Комиссаров, Ю. А. Химическая технология: многокомпонентная ректификация : учебное пособие для вузов / Ю. А. Комиссаров, К. Ш. Дам. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 255 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05626-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/viewer/himicheskaya-tehnologiya-mnogokomponentnaya-rectifikaciya-454367#page/1> .

5. Перевалов, В. П. Тонкий органический синтез: проектирование и оборудование производств : учебное пособие для вузов / В. П. Перевалов, Г. И. Колдобский. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 312 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11860-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/viewer/tonkiy-organicheskiy-sintez-proektirovanie-i-oborudovanie-proizvodstv-446284#page/1>

6. Смирнов А. Н. Гетерогенные химические процессы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/20953> . - Макрообъект. - Текст :

7. Смирнов А. Н. Химические реакторы. Гомогенный изотермический процесс [Элек-тронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим дос-тупа: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/20954> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

8. Летовальцев, А. О. Химическая технология: металлургия, коррозия металлов и способы защиты от нее, сырьевое и энергетическое обеспечение химических производств, химическое материаловедение: учебное пособие / А. О. Летовальцев, Е. А. Решетникова ; Южный федеральный университет. — Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. - 102 с. - ISBN 978-5-9275-3174-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1088139> . - Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

1. Смирнов, А. Н. Производство химических продуктов : учебное пособие. Ч. 1 / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL:

<https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2227> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Производство химических продуктов. Ч. 2. Производство серной кислоты : практикум / А. Н. Смирнов [и др.] ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2514> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Смирнов, А. Н. Производство химических продуктов. Часть 3. Производство фосфорной кислоты : практикум [для вузов] / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, Д. И. Алексеев ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2765> . - 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
Браузер Yandex	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И.	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа

Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебная аудитория для проведения практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Доска, учебные столы, стулья

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Стеллажи для хранения оборудования

Методическая литература для учебных занятий

Инструменты для ремонта и профилактического обслуживания учебного оборудования

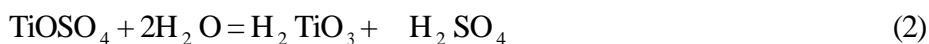
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Примеры расчетных заданий:

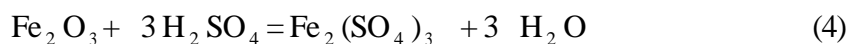
Расчет расходных коэффициентов

Пример 1. Рассчитать расход ильменитовой руды и серной кислоты для получения 1 т TiO_2 , если содержание титана в руде составляет 24,3% (масс.), а степень разложения $FeTiO_3$ и Fe_2O_3 89%. В производстве применяется 80% серная кислота с 50% избытком от теоретического.

Решение: Получение TiO_2 идет по следующим реакциям:



Fe_2O_3 также реагирует с H_2SO_4 (побочная реакция):



Найдем содержание Ti в чистом ильмените:

$$1 \text{ моль } FeTiO_3 - 1 \text{ моль } Ti$$

$$\text{или } 152 \text{ кг } FeTiO_3 - 48 \text{ кг } Ti$$

$$\omega(Ti) = \frac{48}{152} 100 = 31,5\%$$

По условию содержание Ti в руде составляет 24,3%.

Найдем содержание $FeTiO_3$ в руде:

$$31,5 - 100\%$$

$$24,3 - x, \quad x = 78\%$$

Значит, Fe_2O_3 в руде содержится $100 - 78 = 22\%$.

Расход $FeTiO_3$ для получения 1 т TiO_2 по реакциям (1) - (3) составляет:

$$1 \text{ кмоль } FeTiO_3 - 1 \text{ кмоль } TiO_2$$

$$152 \text{ кг } FeTiO_3 - 80 \text{ кг } TiO_2$$

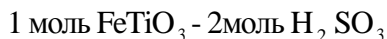
$$x - 1000 \text{ кг}, \quad x = 1900 \text{ кг},$$

С учетом степени разложения: $1900: 0,89 = 2130 \text{ кг}$,

с учетом состава руды: $2130: 0,78 = 2731 \text{ кг}$.

Расход H_2SO_4 :

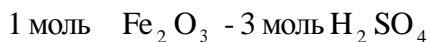
- по реакции (1):



$$152 \text{ кг} \quad - \quad 2 \cdot 196 \text{ кг}$$

$$1900 \text{ кг} \quad - \quad x, \quad x = 2450 \text{ кг}$$

- по реакции (4):



$$160 \text{ кг} \quad - \quad 294 \text{ кг}$$

$$(2731 \cdot 0,22) \text{ кг} \quad - \quad x, \quad x = 1104 \text{ кг}$$

Всего $2450 + 1104 = 3554 \text{ кг}$.

С учетом 50%-го избытка от теоретического:

$$3554 \cdot 1,5 = 5331 \text{ кг}.$$

С учетом 80% концентрации:

$$5331: 0,8 = 6664 \text{ кг}$$

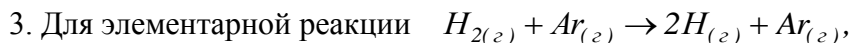
Ответ: руды 2731 кг, кислоты 6664 кг.

Термодинамика и кинетика ХТП

1. Для реакции $\text{A} = \text{C} + 2 \text{D}$ рассчитайте состав реакционной смеси, если начальное количество реагента А – 30 моль, а степень его превращения – 0,8.

Для реакции $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ определите возможность протекания в прямом направлении и константу равновесия при стандартных условиях и при температуре 700 К (воспользовавшись уравнением Темкина-Шварцмана).

2. При синтезе аммиака газ, выходящий из колонны, имеет состав (об.%): NH_3 - 17,0; N_2 - 11,0; H_2 - 72,0. Рассчитать соотношение $\text{N}_2 : \text{H}_2$ в исходной смеси.



константа скорости при 3000 К равна $2,2 \cdot 10^4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$. Концентрации реагентов равны, моль/л: водорода - $4,1 \cdot 10^{-3}$, аргона - $4,1 \cdot 10^{-4}$. При какой концентрации аргона скорость реакции увеличится в 2 раза?

4. Некоторая химическая реакция протекающая без катализатора имеет энергию активации $E_1 = 5 \cdot 10^4$ кДж/моль и константу скорости k_1 при температуре 500°C . В присутствии катализатора при этой же температуре энергия активации составила $E_2 = 3,5 \cdot 10^4$ кДж/моль, а константа скорости k_2 . Определите:

а) во сколько раз увеличится скорость каталитической реакции по сравнению с некаталитической при тех же условиях?

б) при какой температуре каталитическая реакция будет протекать с такой же скоростью, что и некаталитическая при 500°C .

Составление материального баланса

Пример 2. Составить материальный баланс окисления аммиака (на 1 т азотной кислоты). Степень окисления NH_3 до NO - 0,97; до N_2 - 0,03; NO до NO_2 - 1,00. Степень абсорбции 0,92.

Содержание аммиака в сухой аммиачно – воздушной смеси 7,13% (масс.). Воздух насыщен парами воды при 30°C . Относительная влажность 80%.

Тепловые расчеты. Составление теплового баланса

Пример 3. При обжиге шихты, содержащей 10 т известняка и кокс определить:

а) расход кокса состава (масс.%): C - 91; зола – 7; влага – 2;

б) состав обжиговых газов (об.%); в) тепловой эффект реакции обжига. Степень разложения при обжиге известняка 95%. Воздух подается с 40% избытком.

Пример 4. Смешали 2 кг 20%-го раствора серной кислоты и 3 кг 12%-го раствора NaOH .

Определить температуру раствора после смешения, если первоначальная температура кислоты и щелочи 20°C , потери тепла в окружающую среду 1%.

Пример 5. Составить тепловой баланс реактора для получения водорода каталитической конверсией метана. Состав исходной газовой смеси (м^3): CH_4 - 97,8; H_2O - 250,0. Потери теплоты составляют 4% от прихода. Температура смеси на входе в реактор - 380°C , на выходе 800°C .

С примерами выполнения некоторых расчетных заданий можно ознакомиться по учебным пособиям:

1. Смирнов, А. Н. Производство химических продуктов : учебное пособие. Ч. 1 / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2227> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Производство химических продуктов. Ч. 2. Производство серной кислоты : практикум / А. Н. Смирнов [и др.] ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул.

экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2514> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Смирнов, А. Н. Производство химических продуктов. Часть 3. Производство фосфорной кислоты : практикум [для вузов] / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, Д. И. Алексеев ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2765> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

Методические указания к выполнению домашнего задания по анализу и синтезу различных систем химического производства (по заданию преподавателя или выбору студента, согласованного с преподавателем).

Примеры индивидуальных домашних заданий (ИДЗ):

ИДЗ №1 Провести анализ работы бензольного отделения в условиях АО «Уральская Сталь» с целью увеличения степени извлечения бензольных углеводородов из коксового газа, стабилизации работы и улучшения технико-экономических показателей ХТС производства сырого бензола.

ИДЗ №2 Провести анализ подсистемы термохимической очистки печного агрегата линии АНГЦ-3 ПАО «ММК» и сформулировать рекомендации по улучшению качества очистки и подготовки поверхности полосы.

ИДЗ №3 Провести анализ эффективности работы искрового спектрометра марки «SpectroMAXx-2», используемого в лаборатории аналитической химии ПАО «ММК» на участке ПМП и ЛПЦ-8. Сформулировать рекомендации по устранению недостатков в его работе и повышения точности результатов анализа.

Рекомендуемое название разделов в пояснительной записке

1. Содержание.
2. Задание.
3. Введение.
4. Синтез ХТС.
 - 4.1. Обоснование создания эффективной ХТС;
 - 4.2. Определение технологической топологии ХТС;
 - 4.3. Установление технологических и конструкционных параметров ХТС, технологических параметров режима и потоков;
 - 4.4. Изображение графических моделей ХТС (функциональной, структурной, операторной, технологической схемы с описанием).

5. Анализ ХТС.

5.1. Представление изучаемого объекта в виде иерархической структуры ХТС;

5.2. Построение математической модели ХТС; (при возможности или внести этот раздел после изучения других соответствующих дисциплин)

5.3. Изучение свойств и эффективности функционирования ХТС

6. Заключение.

7. Список использованной литературы.

Раздел «Задание». В нем должен быть указан конкретный тип производственного процесса, для которого будет проводиться синтез и анализ ХТС. Здесь же приводится задача, которую следует решать для изучения свойств и эффективности функционирования ХТС.

Во введении (ориентировочно 1-3 стр.) в краткой и четкой форме должны быть сформулированы и обоснованы основные пути развития рассматриваемого производства, сформулирована цель работы, оценена актуальность выбранной темы и пути решения поставленной задачи.

Раздел 4. Синтез ХТС представляет одну из главных составных частей расчетно-пояснительной записки. Любой рассматриваемый химико-технологический процесс или химико-технологическое производство следует представлять как сложную ХТС, состоящую из большого числа аппаратов и связей между ними. Конечная цель синтеза (разработки) ХТС – создание высокоэффективного химического производства, т.е. производства, позволяющего получать продукцию не только в заданном объеме и требуемого качества, но и экономически целесообразным путем.

Раздел 4.1. Обоснование создания высокоэффективных ХТС. Проводится на основе литературных данных. В кратком обзоре литературы (ориентировочно 5-10 страниц) должен содержаться критический анализ данных о рассматриваемом производстве, имеющихся в учебниках, монографиях, периодической и патентной литературе. В обзоре должны быть обозначены наиболее прогрессивные технологические схемы и оборудование, предложена такая схема технологического процесса, которая позволит выпускать продукцию высокого качества с наименьшими затратами материальных и энергетических ресурсов и одновременно обеспечит требования, предъявляемые к защите окружающей среды. При этом в литературном обзоре должны быть названы пути создания эффективной технологической схемы (введение циклических потоков, схем замкнутого водооборота, замена оборудования более прогрессивным, введение изменений в технологический процесс и т.д.).

Раздел 4.2. Определение технологической топологии ХТС. Технологической топологией ХТС называют характер и порядок соединения отдельных аппаратов в технологической схеме. С учетом литературной проработки на отдельной странице студент должен выбрать аппараты схемы, определить характер связей между

аппаратами, установить оптимальный порядок соединения отдельных элементов в технологическую схему.

Раздел 4.3. Установление технологических и конструкционных параметров ХТС, технологических параметров режима и потоков.

В этом разделе расчетно-пояснительной записки следует на отдельной странице (можно в виде таблицы) указать значения входных переменных, т.е. физические параметры входных потоков сырья (температуры, давления и др.), технологических параметров ХТС (степень превращения сырья, степень разделения химических компонентов, констант скоростей реакций, коэффициентов массо- и теплопередачи и т.п.), конструкционных параметров ХТС (геометрических характеристик аппаратного оформления – объема химического реактора, основного сечения аппарата, высоты слоя насадки и т.п.), параметров технологического режима в аппаратах (элементах ХТС) – температуры, давления, активности применяемого катализатора, условий гидродинамики потоков компонентов; параметров технологических потоков (массовый расход, температура, давление, концентрация веществ в потоке и т.п.).

Раздел 4.4. Изображение графических моделей ХТС.

Качественные (обобщенные) модели существуют двух видов: операционно-описательные и иконографические.

Иконографические модели связаны с наглядным графическим изображением, чертежом. Это различные виды схем химико-технологического процесса, выполненных в виде чертежей: функциональная, структурная, операторная, технологическая.

Функциональная схема дает общее представление о процессе функционирования ХТС. По ней можно определить, какие операции совершаются в производстве и в какой последовательности. Сведений о типах отдельных элементов функциональная схема не дает.

Структурная схема дает изображение всех элементов ХТС в виде блоков и технологических связей между ними.

Операторная схема дает наглядное представление о физико-химической сущности технологических процессов системы.

Технологическая схема дает наиболее качественное представление о процессе. Каждый элемент процесса показан в виде условного общепринятого стандартного изображения. По схеме можно судить о типах и способах соединения элементов, о последовательности отдельных технологических процессов.

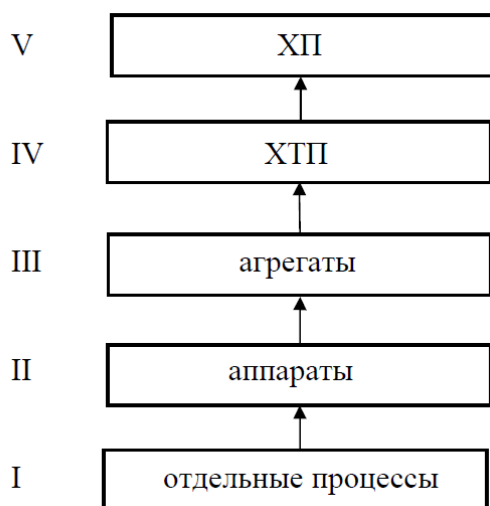
Все модели рассматриваемой ХТС представляются полно, каждая на отдельном листе. Вначале приводится химическая схема ХТС в стехиометрической форме, далее последовательно функциональная, структурная, операторная, технологическая.

Изображение технологической схемы сопровождается описанием технологического процесса.

Описание технологического процесса проводится с учётом последовательности основных технологических операций в соответствии с выбранной технологической схемой производства и её аппаратным оформлением. В описании указываются назначение отдельных стадий, физико-химическая сущность процессов, номера позиций с технологической схемы. Приводится краткое описание работы основного оборудования.

Раздел 5. Анализ ХТС – т.е. получение сведений о функционировании ХТС в зависимости от выбранной химической схемы, структуры технологических связей между элементами и подсистемами, а также от конструкционных и технологических параметров, исходя из заданных свойств и показателей функционирования, имеющих оптимальное значение.

Раздел 5.1. Иерархическая структура ХТС представляет собой возрастающую по масштабам последовательность:



Иерархическая структура ХТС показывает наличие отношений соподчиненности между уровнями (подсистемами) и существование взаимосвязи между подсистемами одного и того же уровня.

Раздел 5.2. Сущность математического моделирования, являющегося математическим методом химической кибернетики, заключается в том, что детальное изучение процесса производится на математической модели при помощи ЭВМ.

Математическое моделирование осуществляется в три взаимосвязанные стадии:

- 1) формализация изучаемого процесса - построение математической модели (составление математического описания);
- 2) программирование решения задачи (алгоритмизация), обеспечивающее нахождение численных значений определяемых параметров;
- 3) установление соответствия (адекватности) модели изучаемому процессу.

Математическое моделирование начинается с составления собственно математической модели. Эта модель, отражающая соответствующий физический или химический процесс, представляется в виде определенной математической записи, объединяет опытные факты и устанавливает взаимосвязь между параметрами исследуемого процесса; при этом используются теоретические методы и необходимые экспериментальные данные.

Конечной целью разработки математических моделей является прогноз результатов проведения процесса и выработка рекомендаций по возможным воздействиям на его ход.

При отсутствии достаточной информации об описываемом процессе, его изучение начинается с построения простейших моделей, но без нарушения основной качественной специфики исследуемого процесса.

При выполнении домашнего задания студентам предлагается установить основные закономерности протекания исследуемого процесса и составить математические уравнения используя литературные данные об описываемом процессе и опираясь на базовые законы химии – закон действия масс, принцип Ле-Шателье и др.

Математическая модель может быть двух уровней:

$$y_k = f(x_k, z_k, u_k)$$

- *описание элемента ХТС*

где X_k – параметр состояния потока на входе в k -тый аппарат (элемент);

Z_k - конструкционный параметр элемента;

U_k – управляющий параметр;

Y_k – параметр потока на выходе из k -того аппарата.

- *описание технологических связей между аппаратами*

$$X_k = \alpha_{L-k} * y_L,$$

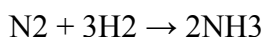
где α_{L-k} - для потока, выходящего из L -го аппарата и входящего в k -тый аппарат;

y_L - параметр состояния потока, выходящего из L -ого аппарата.

ПРИМЕР:

Создать математическую модель и выявить пути повышения эффективности процесса синтеза аммиака.

Химическая схема процесса



Скорость прямой реакции выражается уравнением

$$v = k[\text{N}_2] * [\text{H}_2]^3$$

Принимая, что $[\text{N}] = \text{const}$, можно записать:

$$y = k_1 * x_1^3$$

где y - скорость прямой реакции

k_1 - коэффициент пропорциональности

x_1 - концентрация водорода $[\text{H}]$.

Принимая, что температурный коэффициент скорости данной химической реакции равен 2.7, можно записать, что

$$y = k_1 \cdot x_1^3 \cdot 2,7^{\frac{x_2}{10}}$$

где x_2 – изменение температуры химической реакции ΔT .

Поскольку процесс синтеза происходит в газовой фазе, можно количественно оценить влияние давления в системе на скорость химического процесса. Так, при увеличении давления в системе, эквивалентного уменьшению объема системы в 2 раза (при этом во столько же раз происходит повышение концентраций реагирующих веществ), скорость прямой реакции возрастает в 16 раз. Таким образом правомерно записать

$$y = k_1 \cdot x_1^3 \cdot 2,7^{\frac{x_2}{10}} \cdot 4^{x_3}$$

где x_3 – изменение давления, соответствующее уменьшению объема системы в 2 раза.

Анализируя полученную математическую зависимость можно сделать вывод о характере влияния основных технологических параметров (концентрации исходных реагентов, температуры и давления) на скорость прямой химической реакции.

Раздел 5.3. Изучение свойств и эффективности функционирования ХТС.

Производится путем выполнения технологических расчетов для ХТС, которые (по заданию) могут включать:

- определение теоретических расходных коэффициентов рассматриваемого производства;
- определение фактических расходных коэффициентов рассматриваемого производства;
- определение технического состава продукта;
- составление материального баланса отдельного узла, химического реактора или процесса;
- составление теплового баланса отдельного узла, химического реактора или процесса.

Расчет теоретических расходных коэффициентов производится в соответствии со стехиометрическими уравнениями химической реакции, протекающей в рассматриваемой ХТС.

Расчет фактических расходных коэффициентов производится с учетом возможного меняющегося технического состава продуктов при их хранении и транспортировке, а также с учетом потерь сырья и возвратных (или безвозвратных отходов).

Материальный баланс рассматриваемой ХТС или её подсистемы строится на основе закона сохранения массы с учетом стехиометрических балансовых соотношений и может быть представлен таблицей, диаграммой и т.д. Тепловой баланс рассматриваемой ХТС или её подсистемы строится на основе закона сохранения энергии с учетом термодинамических, термодинамических балансовых соотношений.

Кроме расчетных характеристик для оценки эффективности функционирования ХТС можно использовать экологические рекомендации, которые носили бы описательный характер или конкретную информацию по охране окружающей среды.

В этом разделе курсовой работы могут приводиться схемы обезвреживания, химизмы процессов, протекающих с целью обезвреживания отходящих газов или стоков, особенности аппаратного оформления этих процессов, характеристика применяемых для обезвреживания веществ, материалов и др.

Раздел «Заключение» (ориентировочный объем 1 страница). Формулируются краткие выводы, вытекающие из выполненной работы. В них характеризуются техническое решение выбранной технологической схемы, дается оценка рекомендуемого процесса, его технико-экономической эффективности, решения вопросов охраны окружающей среды.

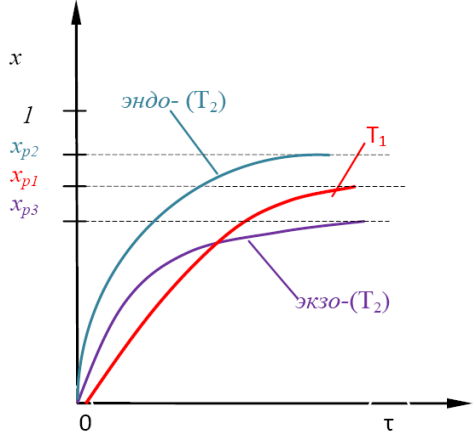
Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии		
ОПК-1.1	Решает профессиональные задачи в области металлургии и процессов металлообработки, используя фундаментальные знания	<ol style="list-style-type: none"> 1. Химическое производство. Иерархическая организация процессов в химическом производстве: молекулярный уровень, уровень малого объема, уровень потока, уровень реактора, уровень системы. 2. Химико-технологический процесс. Классификация ХТП . Лимитирующие стадии. Процессы, протекающие в кинетической, диффузионной и переходной областях. 3. Критерии эффективности хим.производства и ХТП: технические, экономические; социальные. 4. Направление химических реакций. Изменение энергии Гиббса в ходе реакции. Уравнение изотермы Вант- Гоффа. Основные задачи технологических расчетов на основании термодинамических закономерностей химических превращений. 5. Общие закономерности химических процессов. Равновесие в технологических процессах. Принцип Ле-Шателье. Способы смещения равновесия. Степень превращения сырья. выход продуктов. 6. Скорость химико-технологических процессов. Кинетическая и диффузионная области технологических процессов. Способы увеличения скорости процесса. 7. Факторы, определяющие скорость химико-технических процессов, протекающих в гомо- и гетерогенных средах. Роль концентрации реагентов, температуры, давления и обновления поверхности реагирующих фаз на скорость протекания технологических процессов. 8. Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов. Кинетическое уравнение.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>Константа (коэффициент) скорости.</p> <p>9. Зависимость скорости реакции от температуры. Энергия активации. Уравнение Аррениуса. Катализаторы. Промышленный катализ. Контактные массы. Их состав.</p> <p>10. Технологические приемы ускорения (замедления) реакций. Экономические и технологические факторы, ограничивающие применение высоких температур и давлений как средств регулирования скорости ХТП.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Определить принципиальную возможность протекания реакции $CO_{2(g)} + 4H_{2(g)} \leftrightarrow CH_{4(g)} + 2H_2O_{(g)}$ $-394,4 \quad 0 \quad -50,8 \quad -228,4 \quad \text{кДж / моль}$ при стандартных условиях (T=298 К). Значения ΔG_{298}^0 всех участников реакции приведены под уравнением. - Используя принцип Ле-Шателье предложите способы увеличения равновесной степени превращения при протекании реакций $CO + H_2O = CO_2 + H_2 + Q_p; \quad C_4H_{10} = C_4H_8 + H_2 - Q_p.$ Напишите выражение для константы равновесия. - Какие преимущества имеет схема производства азотной кислоты при двух давлениях (рис.) по сравнению со схемой при едином давлении?

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>– Производство аммиака из природного газа можно представить химической схемой:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ $CH_4 + 2H_2O = CO_2 + 4H_2$ ○ $3H_2 + N_2 = 2NH_3$ <p style="text-align: center;">или суммарным уравнением</p> $3CH_4 + 6H_2O + 4N_2 = 3CO_2 + 8NH_3.$ <p>Теоретически на производство 1т NH_3 необходимо затратить 494 м³ природного газа (метана). Реальный расходный коэффициент составляет более 1000 м³/1т NH_3. Назовите возможные причины дополнительного расхода природного газа.</p>
ОПК-1.2	Владеет способами и приемами решения исследовательских задач в предметной области металлургии и металлообработки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация моделей ХТС и их основные особенности. 2. Расчет ХТС. Принципы расчета. Базовые уравнения. Материальный баланс. Принципы составления материального баланса химико-технологического процесса. Энергетический (тепловой) баланс. Принцип его составления. 3. Эффективность использования материальных ресурсов. Расходные коэффициенты. Степень использования сырья. 4. Энергетическая эффективность ХТС. 5. Определение эффективности организации процесса в ХТС по результатам балансового расчета ХТС. <p>–</p> <ul style="list-style-type: none"> – Составьте химическую и функциональную схемы производства разбавленной азотной кислоты. Определите условия синтеза. Назовите основное оборудование, используемое в этом производстве. – Составьте химическую и функциональную схемы производства аммиачной селитры. Как используется теплота нейтрализации в процессе?

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<ul style="list-style-type: none"> – Определить расход технического карбида кальция, для получения 200 л ацетилена по реакции $CaC + H_2O = CaO + H_2C_2$. Содержание CaC_2 в техн.карбиде, % (масс)- 82; Степень разложения CaC_2 95% . – Предложить технологические методы ускорения (замедления) реакции конверсии природного газа. – Процесс осуществляется с протеканием простой обратимой реакции первого порядка $A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} R$ <p>Зависимость <i>степени превращения</i> $x(\tau)$ при температурах T_1 и $T_2 > T_1$ для эндотермической и экзотермической реакций в реакторе идеального вытеснения представлена на рис.</p>  <p>штриховыми линиями показаны равновесные степени превращения x_p для тех же условий</p> <p>Какой температурный режим будет оптимальным для обеспечения максимальной</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		интенсивности процесса с экзотермической и эндотермической реакцией?
ОПК-1.3	Применяет фундаментальные междисциплинарные знания для решения задач в профессиональной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> – Рассчитайте массу и объем сухого воздуха, теоретически необходимого для полного сгорания 1 кг угля с массовой долей: С -0,862, Н₂ – 0,046, N₂– 0,012, влаги -0,010, золы – 0,070. – Какой объем занимает кислород массой 8 г при 28 0С и давлении 744 мм рт. ст.? – Энтальпия реакции нейтрализации аммиака 52,5%-ной азотной кислотой ΔН = –106,09 кДж/моль. Определите, сколько воды может испариться за счет теплоты реакции нейтрализации 212,5кг аммиака. Энтальпия парообразования воды ΔН = – 2684 кДж/кг. – Определить расход сырья (поваренная соль, купоросное масло) для производства 1 т сульфата натрия (в расчете на чистый Na₂SO₄). Содержание основных компонентов в сырье, % (масс): NaCl - 96,0; H₂SO₄ - 93,0. Степень разложения NaCl (масс доли) - 0,9. Уравнение реакции $H_2SO_4 + 2NaCl_{(me)} = Na_2SO_4 + 2HCl \uparrow$ – Составить материальный баланс процесса сжигания 1 т серосодержащего сырья кислородом воздуха. Сырье содержит, (мас. доли): S - 0,99, H₂O - 0,06, зола – 0,04. – Обоснуйте выбор условий процесса конверсии метана водяным паром (давление, температура, состав реакционной смеси).

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Общая химическая технология» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена (1 семестр) и зачета (2 семестр).

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач:

- дается комплексная оценка предложенной ситуации;
- демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять;
- последовательное, правильное выполнение всех практических заданий;
- умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций:

- дается комплексная оценка предложенной ситуации;
- демонстрируются достаточные знания теоретического материала и умение их применять; но допускаются незначительные ошибки, неточности
- выполнение всех практических заданий; возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя;
- затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций:

- затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации;
- неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя;
- выполнение заданий при подсказке преподавателя;
- затруднения в формулировке выводов.

– 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 неправильная оценка предложенной ситуации;

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по результатам выполненных заданий на практических занятиях и домашних заданий и ответам на вопросы преподавателя по теме задания и его выполнению.

Показатели и критерии оценивания зачета:

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

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