

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Физика и естественнонаучные дисциплины»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
по дисциплине «Технология связанного азота»

**Направления подготовки**  
«18.03.01. Химическая технология»

**Основная профессиональная образовательная программа**  
«Химическая технология неорганических веществ»

**Квалификация выпускника**  
Бакалавр

**Форма обучения**  
Заочная

Балаково

### **Цель освоения дисциплины**

Целью преподавания дисциплины является получение знаний, необходимых для плодотворной творческой деятельности бакалавра. Дисциплина «Технология связанного азота» формируют технологическое мировоззрение бакалавров для их производственно-технологической и проектно-конструкторской профессиональной деятельности.

Задачи изучения дисциплины: изучение технологии сырья, используемого в технологии связанного азота, изучение процесса синтеза аммиака и технологии получения азотной кислоты. Бакалавр по дисциплине «Технология связанного азота» должен решать профессиональные задачи в соответствии с производственно-технологической, научно-исследовательской, организационно-управленческой и проектной деятельностью.

Изучение дисциплины должно основываться на следующих профессиональных стандартах:

- 26.001. Специалист по обеспечению комплексного контроля производства наноструктурированных композиционных материалов;
- 26.004. Специалист по производству волокнистых наноструктурированных композиционных материалов.

### **Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Курс «Технология связанного азота» связан с необходимостью знаний основ общей и неорганической химии, аналитической химии и физико-химических методов анализа, общей химической технологии, технологии катализаторов и адсорбентов, процессов и аппаратов химической технологии, широкое использование, которых не только даёт возможность наиболее точно выразить теоретические закономерности, но и является необходимым инструментом их установления. Теоретические знания и практические навыки, полученные студентами при изучении дисциплины «Технология связанного азота», должны быть использованы в процессе изучения последующих дисциплин: «Ресурсо- и энергосбережение в технологии неорганических веществ», «Экологические проблемы основной химической промышленности», «Расчет и выбор материалов и оборудования при проектировании».

После изучения дисциплины выпускники должны быть готовы к выполнению следующих трудовых функций:

- А/06.6. Разработка предложений по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства;
- D/01.6. Совершенствование технологии, механизация и автоматизация производственных процессов;
- А/01.6. Проведение анализа сырья, полуфабрикатов и готовой продукции производства наноструктурированных композиционных материалов.

### **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие

компетенции:

– профессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2	способен использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности	З-ПК-2 Знать свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе для соблюдения технологического регламента У-ПК-2 Уметь использовать знания свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач по выпуску продукции в строгом соответствии с техническими требованиями В-ПК-2 Владеть навыками разработки предложения по комплексному использованию сырья и утилизации отходов производства
ПК-7	способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	З-ПК-7 Знать технологии и системы экологического менеджмента при проведении испытаний с использованием технических средств У-ПК-7 Уметь выполнять работы по сбору и накоплению данных при разработке технологических процессов В-ПК-7 Владеть навыками выбора технических устройств и технологий с учетом экологических последствий их применения для подготовки проекта плана мероприятий по использованию сырья в дополнительных производственных целях

#### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление /цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебной дисциплины	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
Профессиональное воспитание	Формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения ( <b>В18</b> )	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.	1. Организация научно-практических конференций, круглых столов, встреч с ведущими специалистами предприятий химической отрасли города по вопросам технологического лидерства России. 2. Участие в подготовке публикаций в высокорейтинговых рецензируемых научных изданиях
Профессиональное воспитание	Формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного	1. Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через участие студентов при выполнении лабораторных работ. 2. Формирование вертикальных связей и

	характер трудовой деятельности и неслужебного поведения <b>(B21)</b>	<p>мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через выполнение групповых лабораторных работ.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</li> </ul>	формальных правил жизни при проведении студенческих конкурсов
Профессиональное воспитание	Формирование творческого мышления применительно к сфере химической технологии неорганических веществ <b>(B35)</b>	<p>Использование для формирования чувства личной ответственности в области технологии технологии минеральных удобрений солей и щелочей / технологии основного неорганического синтеза;</p> <p>2. Развитие навыков творческого мышления путем содействия и поддержки участия студентов в научно-практических мероприятиях внутривузовского регионального и/или всероссийского уровня в сфере химических технологий.</p>	<p>1. Организация и проведение экскурсий, научно-практических конференций, форумов, круглых столов, вебинаров по вопросам профессиональной деятельности</p> <p>2. Участие в студенческих олимпиадах и конкурсах научных проектов, творческих мероприятиях, конкурсах профессионального мастерства, в том числе по стандартам WorldSkills.</p> <p>3. Участие в подготовке публикаций в</p>

			периодических научных изданиях; 4. Участие в деятельности студенческого научного общества.
--	--	--	---

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 9-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 ак. часа.

### Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттес та ция раздела (форма)	Макси маль- ный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1	1, 2	Общие сведения о технологии связанного азота Производство азота и кислорода	28	1	2	-	24	УО-1, ЛР, ЛР, КР	25
	3	Производство водорода и азотовородной смеси (АВС) для синтеза аммиака	29	2	4/4	-	24		
2	4	Синтез аммиака	26	2	-	-	24	Т	25
	5	Производство азотной кислоты	25	1	-	-	24		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>108</b>	<b>6</b>	<b>6/4</b>	<b>-</b>	<b>96</b>	<b>Экзамен</b>	<b>50</b>

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Общие сведения о технологии связанного азота</b> Азотная промышленность <b>Производство азота и кислорода</b> Холодильный цикл низкого давления с расширением воздуха в турбодетандере (цикл Капицы)	1	[1-4]
<b>Производство водорода и азотовородной смеси (АВС) для синтеза аммиака</b> Основные способы производства водорода и АВС для синтеза аммиака Технологическая схема конверсии природного газа	2	[1-4]
<b>Синтез аммиака</b> Равновесие реакции синтеза аммиака Технологические схемы синтеза аммиака	2	[1-4]
<b>Производство азотной кислоты</b> Свойства азотной кислоты Технологическая схема получения азотной кислоты	1	[1-4]

## Перечень лабораторных работ

Тема лабораторных работ. Задания, вопросы,отрабатываемые на лабораторном занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Кислородные соединения азота	2	[5]
Свойства азота и его водородных соединений	4/4	[8]

## Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<b>Производство азота и кислорода</b> Высокотемпературная фиксация азота Производство азота и кислорода из воздуха криогенным методом Разделение жидкого воздуха методом ректификации Типы воздуходелительных установок Холодильный цикл высокого давления с однократным дросселированием сжатого воздуха (цикл Линде) Холодильный цикл среднего давления с расширением воздуха в детандере (цикл Клода)	24	[1-13]
<b>Производство водорода и азотоводородной смеси (АВС) для синтеза аммиака</b> Получение водорода конверсией природного газа Катализаторы конверсии метана Конверсия оксида углерода (II) Катализаторы конверсии оксида углерода (II) Газификация твердого топлива Физико-химические основы процессов конверсии природного газа Технологические схемы конверсии природного газа Технология конверсии природного газа Методы очистки природных газов от сернистых соединений	24	[1-13]
<b>Синтез аммиака</b> Характеристика аммиака Катализаторы синтеза аммиака Выделение аммиака из прореагировавшей азотоводородной смеси Пути совершенствования схем синтеза аммиака	24	[1-13]
<b>Производство азотной кислоты</b> Окисление аммиака Окисление оксида азота (II) Переработка оксидов азота в азотную кислоту Катализаторы окисления аммиака Влияние параметров окисления аммиака на выход оксида азота (II)	24	[1-13]

## Образовательные технологии

Реализация освоения данной дисциплины обеспечивается доступом каждого обучающегося к базам данных и библиотечным фондам, формируемым по полному перечню дисциплин (модулей) основной образовательной программы. В БИТИ НИЯУ МИФИ действует компьютерные классы, в которых проводятся занятия по различным дисциплинам направления подготовки «Химическая технология», в том числе и классы обеспечены доступом к сети Интернет для самостоятельной подготовки

студентов. На кафедре имеются компьютеры с возможностью работы в специальных программах и доступа к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам, к таким как база данных периодических изданий. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий.

#### **Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
<b>Входной контроль</b>			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
<b>Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости</b>			
1	Общие сведения о технологии связанного азота Производство азота и кислорода	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Отчет по лабораторной работе (письменно)
	Производство водорода и азотородной смеси (АВС) для синтеза аммиака		Тест (письменно)
2	Синтез аммиака	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2,	Отчет по лабораторной

	Производство азотной кислоты	З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	работе (письменно)  Тест (письменно)
Промежуточная аттестация			
1	Экзамен	ПК-2, ПК-7	Тест (письменно)

Перечень основных показателей оценки результатов, элементов практического опыта, знаний и умений, подлежащих входному, текущему контролю и промежуточной аттестации

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
Входной контроль			
1	Входной контроль		
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Общие сведения о технологии связанного азота Производство азота и кислорода	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает технологию высокотемпературной фиксации азота, схему холодильного цикла Линде, схему холодильного цикла Клода, схему холодильного цикла Капицы, основные способы производства водорода и АВС, катализаторы конверсии метана и оксида углерода (II) Владеет методикой исследования свойств кислородных соединений азота, определения содержания аммонийного азота в аммиачной селитре, определения содержания азота в сульфате аммония Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для определения содержания азота в соединениях
	Производство водорода и азотородной смеси (АВС) для синтеза аммиака		
2	Синтез аммиака	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7	Знает характеристики аммиака, влияние условий синтеза аммиака на технологический процесс, свойства азотной кислоты, технологическую схему синтеза аммиака, технологическую схему производства азотной кислоты Владеет методикой исследования свойств азота
	Производство азотной кислоты		



			и его водородных соединений, определения массовой доли аммиака, определения массовой доли азотной кислоты Умеет использовать справочные материалы и расчетные формула для определения содержания азота в соединениях
	<b>Экзамен</b>	ПК-2, ПК-7	Демонстрирует основные знания и умения в соответствии с разделами 1, 2.

### Оценочные средства

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Входной контроль	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Устный опрос – УО
2	Отчет по лабораторной работе	Техническое средство, которое может быть использовано для контроля приобретенных студентом профессиональных навыков и умений по управлению конкретным материальным объектом.	Лабораторная работа – ЛР
3	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Контрольная работа -КР
4	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тесты - Т

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

### Вопросы входного контроля (УО):

- 1.Электронное строение азота. Физические и химические свойства азота
- 2.Свойства аммиака
- 3.Соли аммония
- 4.Основные составные части химического производства
- 5.Критерии оценки эффективности производства
- 6.Оксиды азота

7.Азотистая кислота

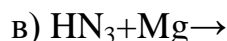
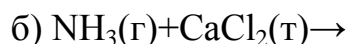
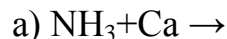
8.Азотная кислота

9.Кинетика химических реакций. Константа равновесия

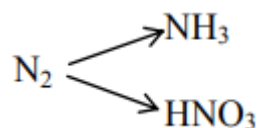
10.Контактные массы

### Вопросы для отчета по лабораторной работе №1:

1. Закончите уравнения реакций и укажите, к какому типу относится каждая из них:



2. Осуществите следующие превращения (число стадий должно быть минимальное) и укажите условия проведения реакций:



3. Какие соединения в жидком аммиаке играют роль соответственно кислот и оснований?

4. Приведите примеры реакций в жидком аммиаке: нейтрализации; взаимодействия с хлором.

5. Опишите строение молекул гидразина и объясните его агрегатное состояние, самоионизацию в жидком состоянии, способность к образованию солей гидразина, окислительные и восстановительные свойства.

### Вопросы для отчета по лабораторной работе №2:

1. Осуществите следующие превращения (число стадий должно быть минимальное), укажите условия проведения реакций:

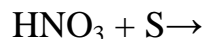


2. Как объяснить, что азотная кислота и нитраты тяжелых металлов менее устойчивы, чем нитраты щелочных металлов?

3. Напишите уравнения реакций термического разложения солей



4. Составьте электронно-ионные и молекулярные уравнения реакции:



5. Какой ион обуславливает высокую окислительную активность концентрированной азотной кислоты? Что происходит при добавлении к ней серной кислоты? Напишите уравнение реакции.

### Вопросы для отчета по лабораторной работе №3:

1. Что такое гигроскопические точки?

2. Что влияет на слеживаемость аммиачной селитры и как ее предотвратить?

3. Какая реакция протекает при нагревании аммиачной селитры до 200-270 °С?

5. Перечислите стадии промышленного производства аммиачной селитры.

6. Для каких растений и на каких почвах используют аммиачную селитру?

#### Вопросы для отчета по лабораторной работе №4:

1. Классификация азотных удобрений.
2. Основные формы азотных удобрений. Состав и свойства азотных удобрений.
3. Запишите реакцию получения сульфата аммония. К какому числу реакций она относится?
4. Какими способами, в аппаратурном отношении, можно получить сульфат аммония? Что такое сатуратор?
5. Пути повышения эффективности азотных удобрений.

#### Вопросы для отчета по лабораторной работе №5:

1. Характеристика аммиака. Сырье, применяемое в производстве аммиака.
2. Перспективы развития синтеза аммиака в России и в мире.
3. Пути увеличения равновесной концентрации аммиака в процессе его синтеза.
4. Катализаторы, используемые в процессе синтеза аммиака.
5. Для каких видов удобрений используют аммиак?

#### Вопросы для отчета по лабораторной работе №6:

1. Применение азотной кислоты
2. Основные стадии производства азотной кислоты
3. Катализаторы, применяемые в производстве азотной кислоты
4. От чего зависит количество выделяющегося тепла при нейтрализации аммиака азотной кислотой?
5. Чему равен тепловой эффект реакции нейтрализации аммиака азотной кислотой при использовании чистых 100%-ных веществ?

Задания **контрольной работы (КР)** выполняются индивидуально по вариантам, соответствующим последней цифре шифра студента. Варианты контрольных заданий

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

1. Свойства и применение азота
2. История развития азотной промышленности
3. Перспективы развития азотной промышленности
4. Масштабы производства связанного азота
5. Сырье и вспомогательные материалы в производстве связанного азота
6. Физико-химические свойства оксидов азота
7. Свойства безводной азотной кислоты
8. Свойства водных растворов азотной кислоты
9. Свойства растворов оксидов азота NO и NO<sub>2</sub>
10. Окисление аммиака в оксид азота (II)
11. Физико-химические основы процесса получения азотной кислоты
12. Катализаторы окисления аммиака
13. Переработка оксидов азота в азотную кислоту

14. Промышленные схемы производства разбавленной азотной кислоты
15. Прямой синтез концентрированной азотной кислоты
16. Концентрирование азотной кислоты с применением серной кислоты
17. Концентрирование азотной кислоты с применением нитрата магния
18. Новые способы получения концентрированной азотной кислоты
19. Получение азотной кислоты особой чистоты
20. Физико-химические свойства аммиачной селитры
21. Качество аммиачной селитры
22. Основные стадии производства аммиачной селитры
23. Технологические схемы производства аммиачной селитры
24. Жидкие азотные удобрения. Аммиачная вода
25. Жидкие азотные удобрения. Аммиакаты
26. Физико-химические свойства карбамида
27. Физико-химические основы синтеза карбамида
28. Требования к качеству аммиака и диоксиду углерода при производстве карбамида
29. Промышленные схемы производства карбамида
30. Новые направления в области фиксации атмосферного азота
31. Определить количество аммиака, требуемое для производства 50000 т/год азотной кислоты, и расход воздуха на окисление аммиака (в м<sup>3</sup>/ч), если цех работает 355 дней в году, выход окиси азота  $x_1=0,97\%$ , степень абсорбции  $x_2=0,92$ , а содержание аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси – 7,14% (масс.).
32. Определить количество аммиака, требуемое для производства 55000 т/год азотной кислоты, и расход воздуха на окисление аммиака (в м<sup>3</sup>/ч), если цех работает 355 дней в году, выход окиси азота  $x_1=0,97\%$ , степень абсорбции  $x_2=0,92$ , а содержание аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси – 7,15% (масс.).
33. Определить количество аммиака, требуемое для производства 60000 т/год азотной кислоты, и расход воздуха на окисление аммиака (в м<sup>3</sup>/ч), если цех работает 355 дней в году, выход окиси азота  $x_1=0,97\%$ , степень абсорбции  $x_2=0,92$ , а содержание аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси – 7,16% (масс.).
34. Определить количество аммиака, требуемое для производства 65000 т/год азотной кислоты, и расход воздуха на окисление аммиака (в м<sup>3</sup>/ч), если цех работает 355 дней в году, выход окиси азота  $x_1=0,97\%$ , степень абсорбции  $x_2=0,92$ , а содержание аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси – 7,17% (масс.).
35. Определить количество аммиака, требуемое для производства 70000 т/год азотной кислоты, и расход воздуха на окисление аммиака (в м<sup>3</sup>/ч), если цех работает 355 дней в году, выход окиси азота  $x_1=0,97\%$ , степень абсорбции  $x_2=0,92$ , а содержание аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси – 7,18% (масс.).
36. Определить количество аммиака, требуемое для производства 75000 т/год азотной кислоты, и расход воздуха на окисление аммиака (в м<sup>3</sup>/ч), если цех работает 355 дней в году, выход окиси азота  $x_1=0,97\%$ , степень абсорбции  $x_2=0,92$ , а содержание

аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси – 7,19% (масс.).

37. Определить количество аммиака, требуемое для производства 80000 т/год азотной кислоты, и расход воздуха на окисление аммиака (в м<sup>3</sup>/ч), если цех работает 355 дней в году, выход оксида азота  $x_1=0,97\%$ , степень абсорбции  $x_2=0,92$ , а содержание аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси – 7,12% (масс.).

38. Определить количество аммиака, требуемое для производства 85000 т/год азотной кислоты, и расход воздуха на окисление аммиака (в м<sup>3</sup>/ч), если цех работает 355 дней в году, выход оксида азота  $x_1=0,97\%$ , степень абсорбции  $x_2=0,92$ , а содержание аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси – 7,11% (масс.).

39. Определить количество аммиака, требуемое для производства 90000 т/год азотной кислоты, и расход воздуха на окисление аммиака (в м<sup>3</sup>/ч), если цех работает 355 дней в году, выход оксида азота  $x_1=0,97\%$ , степень абсорбции  $x_2=0,92$ , а содержание аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси – 7,09% (масс.).

40. Определить количество аммиака, требуемое для производства 95000 т/год азотной кислоты, и расход воздуха на окисление аммиака (в м<sup>3</sup>/ч), если цех работает 355 дней в году, выход оксида азота  $x_1=0,97\%$ , степень абсорбции  $x_2=0,92$ , а содержание аммиака в сухой аммиачно-воздушной смеси – 7,08% (масс.).

### Тестовые задания:

#### Вариант №1

1. Из какого материала выполнена кусковая насадка, применяемая в печах при регенеративном методе получения оксида азота (II)?

- а) из оксидов марганца или циркония;
- б) из оксидов магния или цинка;
- в) из оксидов хрома или платины;
- г) из оксидов магния или циркония.

#### Вариант №2

1. Какой металл обладает наибольшей каталитической активностью по отношению к реакциям окисления аммиака в производстве азотной кислоты?

- а) титан;
- б) золото;
- в) платина;
- г) медь.

#### Вариант №1

2. Третьей стадией в технологии конверсии природного газа является:

- а) очистка природного газа от сернистых соединений;
- б) двухступенчатая каталитическая конверсия природного газа;
- в) двухступенчатая каталитическая конверсия оксида углерода;
- г) очистка катализаторов от контактных ядов.

#### Вариант №2

2. Что происходит при дросселировании сжатых реальных газов?

- а) повышение температуры;

- б) понижение температуры;
- в) дросселирование не оказывает влияние на изменение параметров состояния газов;

#### Вариант №1

3. На чем основан железопаровой способ получения водорода?

- а) на взаимодействии паров серной кислоты со свежевосстановленным порошкообразным железом при температурах  $\sim 800^{\circ}\text{C}$ ;
- б) на взаимодействии водяного пара со свежевосстановленным порошкообразным железом при температурах  $\sim 100^{\circ}\text{C}$ ;
- в) на взаимодействии водяного пара со свежевосстановленным порошкообразным железом при температурах  $\sim 800^{\circ}\text{C}$ ;
- г) на взаимодействии паров серной кислоты со свежевосстановленным порошкообразным железом при температурах  $\sim 100^{\circ}\text{C}$ ;

#### Вариант №2

3. Какая часть воздуха направляется межтрубное пространство конденсатора 5 в цикле Капицы?

- а) 50%;
- б) около 5%;
- в) 100%;
- г) около 95%.

#### Вариант №1

4. Сколько молекул водорода образуется при взаимодействии метана с водой?

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

#### Вариант №2

4. Какой катализатор используется на второй ступени каталитической конверсии оксида углерода в технологии конверсии природного газа?

- а) среднетемпературный железохромовый катализатор;
- б) низкотемпературный цинкхроммедный катализатор;
- в) высокотемпературный цинкхроммедный катализатор;
- г) высокотемпературный железохромовый катализатор.

#### Вариант №1

5. На чем основаны абсорбционные методы очистки газов от сернистых соединений?

- а) на прямом поглощении вредных примесей жидкими поглотителями;
- б) на селективном поглощении вредных примесей твердыми поглотителями;
- в) на прямом поглощении вредных примесей твердыми поглотителями;
- г) на селективном поглощении вредных примесей жидкими поглотителями.

#### Вариант №2

5. По какой реакции происходит конверсия природного газа водяным паром?

- а)  $\text{CH}_4 + 0,5\text{O}_2 = \text{CO} + 2\text{H}_2$ ;

- б)  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ;
- в)  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_4 + 3\text{H}_2$ ;
- г)  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$ .

Вариант №1

6. Какие соединения являются каталитическими ядами для никелевых катализаторов?

- а) водородные соединения;
- б) соединения кислорода;
- в) азотные соединения;
- г) сернистые соединения.

Вариант №2

6. Сколько молекул водорода образуется при взаимодействии оксида углерода (II) с водой?

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

Вариант №1

7. Чем обогащен высококипящий компонент при ректификации воздуха?

- а) кислородом;
- б) водородом;
- в) азотом;
- г) углеродом.

Вариант №2

7. На чем основаны адсорбционные методы очистки газов от сернистых соединений?

- а) на прямом поглощении вредных примесей жидкими поглотителями;
- б) на селективном поглощении вредных примесей твердыми поглотителями;
- в) на прямом поглощении вредных примесей твердыми поглотителями;
- г) на селективном поглощении вредных примесей жидкими поглотителями.

Вариант №1

8. Что поступает в межтрубное пространство противоточного теплообменника 3 в цикле Линде?

- а) сжатый воздух;
- б) исходный воздух;
- в) несконденсировавшаяся часть воздуха;
- г) сконденсировавшаяся часть воздуха.

Вариант №2

8. Какую роль выполняет никель в нанесенных катализаторах, применяемых для конверсии метана?

- а) роль носителя;
- б) роль трегера;
- в) роль активной части катализатора;

г) роль инертной подложки.

#### Вариант №1

9. Как(ое)ие соединения(е)я образуются при гидрировании сероуглерода?

- а) метан;
- б) сероводород;
- в) метан и сероводород;
- г) угарный газ и сероводород.

#### Вариант №2

9. На чем основан радиационно-химический метод нагревания воздуха при высокотемпературной фиксации азота?

- а) на облучении воздуха частицами высокой энергии в ядерном реакторе;
- б) на сжигании газообразного топлива;
- в) на сжигании жидкого топлива;
- г) на сжигании твердого топлива.

#### Вариант №1

10. По какой реакции происходит газификация твердого топлива с последующей конверсией?

- а)  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2 + 41,7 \text{ кДж}$ ;
- б)  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{CO} = 3\text{Fe} + 4\text{CO}_2$ ;
- в)  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C} + \text{H}_2\text{O} + 41,7 \text{ кДж}$ ;
- г)  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + \text{H}_2 + 41,7 \text{ кДж}$ .

#### Вариант №2

10. Что происходит при железопаровом способе получения водорода?

- а) кислород и водород переходит в газовую фазу;
- б) кислород связывается в нелетучие соединения, а водород переходит в газовую фазу;
- в) кислород и водород связывается в нелетучие соединения;
- г) кислород связывается в нелетучие соединения, а водород переходит в жидкую фазу.

#### Вариант №1

11. Исходным сырьем для получения чистого азота является

- а) воздух;
- б) вода;
- в) аммиак;
- г) азотная кислота.

#### Вариант №2

11. Какое соединение образуется при отравлении никелевого катализатора?

- а)  $\text{NiO}$ ;
- б)  $\text{NiS}$ ;
- в)  $\text{NiH}_2$ ;
- г)  $\text{NiN}$ .

#### Вариант №1

12. Что необходимо выполнять для снижения потерь платиновых катализаторов на



стадии окисления аммиака в производстве азотной кислоты?

- а) повышать температуру окисления;
- б) повышать вибрацию платиновых сеток;
- в) понижать температуру окисления, исключать вибрацию платиновых сеток и осуществлять улавливание унесенной платины из газового потока;
- г) осуществлять улавливание унесенной платины из газового потока.

Вариант №2

12. Чем обогащен легкокипящий компонент при ректификации воздуха?

- а) кислородом;
- б) водородом;
- в) азотом;
- г) углеродом.

Вариант №1

13. Какая часть воздуха направляется в турбодетандер 4 в цикле Капицы?

- а) 50%;
- б) около 5%;
- в) 100%;
- г) около 95%.

Вариант №2

13. Что поступает на ректификацию после цикла Линде?

- а) сжатый воздух;
- б) исходный воздух;
- в) несконденсировавшаяся часть воздуха;
- г) сконденсировавшаяся часть воздуха.

Вариант №1

14. При каких величинах осуществляют синтез аммиака при низком давлении?

- а) 1-5 МПа;
- б) 10-15 МПа;
- в) 25-35 МПа;
- г) 45-100 МПа.

Вариант №2

14. Как(ое)ие соединения(е)я образуются при гидрировании сероксида углерода?

- а) метан;
- б) сероводород;
- в) метан и сероводород;
- г) угарный газ и сероводород.

Вариант №1

15. Какое вещество используется в качестве носителя при получении нанесенных катализаторов, применяемых для конверсии метана?

- а) никель;
- б) алюминий;

в) оксид железа (III);

г) оксид алюминия.

### Вариант №2

15. При каких величинах осуществляют синтез аммиака при высоком давлении?

а) 25-35 МПа;

б) 10-15 МПа;

в) 110-160 МПа;

г) 45-100 МПа.

### Оценивание студента на экзамене по дисциплине «Технология связанного азота»:

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Освоение компетенций	Требования к знаниям
100-85	Продвинутый уровень	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Средний уровень	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Базовый уровень	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

Итоговая оценка выставляется путем перевода набранных баллов в соответствии со следующей таблицей:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы и экзамен	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	E
	60-64	
2 – «неудовлетворительно»	Менее 60	F

### Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

#### Основная литература:

1. Ахметов Т.Г., Бусыгин В.М., Гайсин Л.Г., Ахметова Р.Т. Химическая технология неорганических веществ: учебное пособие. - СПб : Издательство «Лань», 2019. - 452 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/119611/#2>

2. Козадерова, О. А. Материальные и тепловые балансы в технологии аммиака и азотной кислоты : учебное пособие / О. А. Козадерова. — Воронеж : ВГУИТ, 2020. — 71 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/171032>

#### Дополнительная литература:

3. Буланова Т. В. Современные аспекты химической технологии неорганических веществ : учебное пособие / Т. В. Буланова, Ю. Р. Гиниятуллина. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2020. — 64 с. - Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163557>

4. Москвичев Ю.А., Григоричева А.К., Павлов О.С. Теоретические основы химической технологии: учебное пособие. - СПб : Издательство «Лань», 2020. - 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/130185/#63>

5. Зубова Н.Г. Кислородные соединения азота / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

6. Зубова Н.Г. Определение содержания аммонийного азота в аммиачной селитре / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

7. Зубова Н.Г. Определение содержания азота в сульфате аммония / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

8. Зубова Н.Г. Свойства азота и его водородных соединений / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

9. Зубова Н.Г. Определение массовой доли аммиака / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

10. Зубова Н.Г. Определение массовой доли азотной кислоты / Методические указания к выполнению лабораторных раб. Апробация, 2020.

11. Журнал «Успехи в химии и химической технологии». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2381>

12. Журнал «Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2484>

13. Журнал «Тонкие химические технологии». - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/journal/2361>

#### **Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Процесс реализации образовательной программы обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения.

#### **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в этих же аудиториях с посещением лабораторий, оснащенных стандартными комплектами отечественных и зарубежных приборов и установок. Мультимедийный курс лекций, видеофильмы, макеты и плакаты.

#### **Учебно-методические рекомендации для студентов**

1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы. Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми. На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач. В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов). Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений. Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

## 2. Указания для выполнения лабораторных работ

Соблюдать требования техники безопасности, для чего прослушать необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории. Перед выполнением лабораторной работы провести самостоятельно подготовку к работе изучив основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы. В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, не допуская по возможности неправильных действий. Основные результаты экспериментов необходимо зафиксировать в письменном виде. При сдаче зачета по работе подготовить отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

## 3. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю. Подготовить письменный отчет о проделанной работе. При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

# **Методические рекомендации для преподавателей**

## 1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лекционного

материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на практическом занятии с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

## 2. Указания для проведения лабораторных занятий.

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории. Перед выполнением лабораторной работы проверить степень готовности студентов, напомнить и обсудить основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работ. В процессе выполнения работы следует постоянно общаться со студентами, не допуская по возможности их неправильных действий. Требовать, чтобы основные результаты экспериментов были зафиксированы студентами в письменном виде. При приеме зачета по работе требовать отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

## 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным. При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе. При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений. С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета

применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Рабочую программу: доцент, Зубова Н.Г.

Рецензент: доцент, Герасимова В.М.

Программа одобрена на заседании УМКН 18.03.01 «Химическая технология».

Председатель учебно-методической комиссии Чернова Н.М.