

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 «Криогенные технологии»

**Направление подготовки**  
18.03.01 «Химическая технология»

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

**Квалификация выпускника**  
Бакалавр

**Форма обучения**  
Заочная

### Цель освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование знаний по современным криогенным технологиям в области низкотемпературных процессов разделения газовых смесей и извлечения жидких углеводородных компонентов из природных газов;

Задачи изучения дисциплины: приобретение будущим специалистом необходимых базовых знаний по дисциплине и практических навыков, необходимых для применения их в профессиональной деятельности.

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 ВПО

Дисциплина «Криогенные технологии» является дисциплиной по выбору образовательной программы для подготовки выпускников к выполнению профессиональной деятельности после окончания института.

В рамках изучения дисциплины формируются такие трудовые функции, как принятие и обоснование конкретных решений при создании систем разделения газовых и жидкостных смесей; использование информации о новых технологических процессах разделения смесей и новых видах оборудования.

Дисциплина базируется на знаниях студентами следующих дисциплин: общая и неорганическая химия; органическая химия; физика; математика; информатика.

Теоретические знания и практические навыки, полученные студентами при изучении дисциплины «Криогенные технологии», могут быть использованы в процессе выполнения выпускной работы.

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.

### 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-3	Способен изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	З-ПК-3 — Применяет знания иностранного языка, научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта для программ испытаний и оформления технической документации У-ПК-3 — Демонстрирует умение по сбору и накоплению экспериментальных данных с применением иностранного языка В-ПК-3 — Проводит текущие и дополнительные испытания, анализирует результаты с учетом научно-технической информации и на основании отечественного и зарубежного опыта

### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебной дисциплины	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
Профессиональное и трудовое воспитание	- формирование культуры исследовательской и инженерной деятельности <b>(В16)</b>	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования инженерного мышления и инженерной культуры за счёт -практических студенческих исследований современных производственных систем; -проектной деятельности студентов по разработке и оптимизации технологических систем, связанной с решением реальных производственных задач; -прохождения через разнообразные игровые, творческие, фестивальные формы, требующие анализа сложного объекта, постановки относительно него преобразовательных задач для их оптимального решения.	1. Организация круглого стола на тему «Криогенные технологии». 2. Формирование производственного коллективизма в ходе совместного решения модельных и практических задач.

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 9-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. единицы, 72 ак. часа.

### Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма*)	Максимальный балл за раздел**
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КРС		
1	1-2	Криогенные технологии	14	3			11	СР (письменно)	25
2	3-8	Разделение газов.	58	3		6	49	КР (письменно)	25
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>72</b>	<b>6</b>		<b>6</b>	<b>60</b>	Зачет	50

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
СР	Самостоятельная работа
КР	Контрольная работа

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, обрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Лекция 1. Криогенные технологии.</b> 1.Основные понятия. 2.Понятие криогенной системы. 3. Применение криогенных технологий в промышленности.	2	1-3
<b>Лекция2. Криогенная технология разделения воздуха</b> 1.Воздух как сырьё для получения азота и кислорода. 2.Основные продукты разделения воздуха. 3.Криогенная технология разделения воздуха	1	1-3

<b>Лекция 3. Воздухоразделительные установки</b> 1.Классификация. 2.Технологическая схема 3.Устройство и работа блока очистки воздуха.	2	1-3
<b>Лекция 4. Блок предварительного охлаждения</b> 1.Назначение и работа блока предварительного охлаждения. Теплообменник-ожижитель. 2.Детандер. 3.Поршневые детандеры 4.Турбодетандеры.	1	1-3

#### Перечень практических работ

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Тема 2. Основы криогенных систем. Основные понятия и определения	1	1-3
Тема 3. Свойства газов. Уравнения состояния реальных газов.	1	1-3
Тема 4. Воздухоразделительные установки. Производительность установок. Очистка газов	2	1-3
Тема 6. Ректификационные колонны. Материальный баланс ректификационных колонн.	2	1-3

#### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<b>Криогенные технологии.</b> История развития криогенных технологий. Современные криогенные технологии	5	1-3
<b>Криогенное оборудование.</b> Материалы для криогенного оборудования. Перспективы использования криогенного оборудования	7	1-3
<b>Криогенная технология разделения воздуха</b> Физические методы воздухоразделения	6	1-3
<b>Воздухоразделительные установки</b> Основное и вспомогательное оборудование	9	1-3
<b>Блок предварительного охлаждения</b> Материалы, используемые в криогенных системах	7	1-3
<b>Ректификационные колонны.</b> Колонны однократной и двукратной ректификации Азотная и кислородная ректификационные колонны. Особенности работы таких колонн. Получение аргона	8	1-3
<b>Получение СПГ.</b> Состав природного газа Сжижение газа. Установки для сжижения газа Выделение «тяжелых» углеводородов и «неконденсирующихся» компонентов – азот и гелий. Схемы СПГ	8	1-3
<b>Газификационные установки.</b> Компрессорные газификаторы. Холодные газификаторы. Криогенные резервуары Способы хранения сжиженных промышленных газов в резервуарах.	10	1-3

## Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса «Криогенные технологии», используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. 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. Лабораторные работы проводятся в лаборатории 535. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий

В рамках учебных курсов могут быть предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, университетов, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
	Раздел 1. «Криогенные технологии»	ПК-2, ПК-3	Собеседование – (устно) Коллоквиум – письменно
	Раздел 2. «Разделение газов»	ПК-2, ПК-3	Собеседование – (устно) Коллоквиум - письменно
Промежуточная аттестация			
	Зачет	ПК-2, ПК-3	Вопросы к зачету (устно)

Входной контроль предназначен для выявления пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний. Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

### Вопросы входного контроля

1. Криогенные технологии
2. Где применяются криогенные технологии
3. Состав воздуха
4. Температуры кипения газов
5. Какие газы можно получить при разделении воздуха?
6. Какой процесс лежит в основе разделения газов?
7. Принцип разделения воздуха
8. Процесс ректификации
9. Сжижение природных газов

Текущий контроль – это непрерывно осуществляемый мониторинг уровня усвоения знаний и формирования умений и навыков в течение семестра. Текущий контроль знаний, умений и навыков студентов осуществляется в ходе учебных (аудиторных) занятий, проводимых по расписанию. Формами текущего контроля выступают собеседование по темам, которые отрабатываются на практических занятиях и рефераты.

Перечень тем для подготовки реферата и презентации:

1. Криогенное оборудование
2. История развития криогенных технологий
3. Перспективы развития криогенных технологий
4. Получение сырого аргона

- 5.Получение технически чистого аргона
- 6.Получение неонгелиевой смеси
- 7.Получение Криптона из воздуха
- 8.Получение сжиженного природного газа
- 9.Получение сжиженного водорода
- 10.Хранение сжиженных газов
- 11.Криогенные газовые машины
- 12.Газификационные установки

Аттестация раздела по дисциплине проводится в форме коллоквиума, На выполнение задания отводится 45 минут. Коллоквиум – это форма контроля, направленная на проверку уровня освоения контролируемого теоретического и практического материала по вопросам.

### **Перечень вопросов для подготовки Коллоквиум 1**

- 1.Криогенные технологии
- 2.Основные понятия
- 3.Криогенные температуры
- 4.Понятие криогенной системы.
- 5.Применение криогенных технологий в промышленности
- 6.Криогенные машины
- 7.Классификация криогенных машин
- 8.Криогенное оборудование

### **Коллоквиум 2**

- 1.Основные продукты разделения воздуха.
- 2.Криогенная технология разделения воздуха
- 3.Классификация ВРУ.
- 4.Технологическая схема ВРУ
- 5.Основное оборудование ВРУ.
- 6.Вспомогательное оборудование ВРУ.
- 7.Устройство и работа блока очистки воздуха.
- 8.Детандеры
- 9.Колонны однократной и двукратной ректификации
- 10.Установки для сжижения природного газа
- 11.Криогенные резервуары

Студенты выполняют контрольную работу. Методические указания к контрольной работе приведены в ИОС.

Вариант задания контрольной работы определяется в соответствии с последней цифрой шифра по таблице для контрольных работ.

Контрольные задания для выполнения контрольной работы

- 1.Криогенные технологии
- 2.Криогенное оборудование
- 3.Криогенные машины
- 4.Воздух как сырьё для получения азота и кислорода.
- 5.Основные продукты разделения воздуха.
- 6.Криогенная технология разделения воздуха
- 7.Воздухоразделительные установки. Классификация ВРУ.
- 8.Технологический процесс разделения воздуха. Принцип работы криогенной ВРУ
- 9.Технологическая схема ВРУ.
- 10.Основное оборудование ВРУ.
- 11.Вспомогательное оборудование ВРУ.
- 12.Устройство и работа блока очистки воздуха.
- 13.Назначение и работа блока предварительного охлаждения
- 14.Детандеры
- 15.Принцип работы ректификационной колонны.
- 16.Технологические схемы получение жидкого азота и кислорода
- 17.Получение редких газов

18. Основные тенденции развития ВРУ.

19. Получение СПГ

20. Газификационные установки

Промежуточная аттестация осуществляется в форме зачета.

**Перечень вопросов для подготовки к зачету:**

1. Криогенные технологии
2. Криогенное оборудование
3. Криогенные машины
4. Воздух как сырьё для получения азота и кислорода.
5. Основными продуктами разделения воздуха являются промышленные газы:
6. Криогенная технология разделения воздуха
7. Воздухоразделительные установки. Общие сведения.
8. Классификация ВРУ.
9. Технологический процесс разделения воздуха.
10. Принцип работы криогенной ВРУ
11. Технологическая схема ВРУ.
12. Основное оборудование ВРУ.
13. Вспомогательное оборудование ВРУ.
14. Устройство и работа блока очистки воздуха.
15. Назначение и работа блока предварительного охлаждения
16. Детандеры
17. Принцип работы ректификационной колонны.
18. Аппарат двухкратной ректификации воздуха:
19. Технологические схемы получения жидкого азота и кислорода
20. Получение редких газов
21. Основные тенденции развития ВРУ.
22. Получение СПГ
23. Газификационные установки

**Оценивание студента на зачете по дисциплине «Криогенные технологии»:**

Оценка в баллах за каждый вид работы представляет собой произведение заработанного студентом процента (по шкале см. ниже) на количество баллов, выделенное для данного вида работ.

**Шкала оценки входного контроля:**

**Зачтено:** Задание выполнено верно, сдано в установленные сроки

**Не зачтено:** Задание не выполнено, выполнено с ошибками, которые требуется исправить, или сдано после установленного срока

**Шкала оценки теста, самостоятельной работы, зачета**

(в процентах):

<b>Баллы</b> (итоговой рейтинговой оценки)	<b>Освоение компетенций</b>	<b>Требования к знаниям</b>
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.

Распределение максимальных баллов по видам работ в пределах разделов:

I раздел (25 баллов)		II раздел (25 баллов)	Зачет (50 баллов)
Самостоятельная работа (СР)	Тест (Т)	Контрольная работа (КР)	50 баллов
8 баллов	17 баллов	25 баллов	
Итого: 100 баллов			

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. Потехин, В. М. Химия и технология углеводородных газов и газового конденсата: учебник / В. М. Потехин. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 568 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/96863/#563>

Дополнительная литература:

2. Голубева, И. А. Газоперерабатывающие предприятия России: монография / И. А. Голубева, И. В. Мещерин, Е. В. Родина; под редакцией А. Л. Лapidуса. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 456 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/156409/#450>

3. Синицына И.Н. Криогенные технологии. Методические указания для выполнения контрольной работы. Апробация

**Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

- процесс реализации образовательной программы по дисциплине «Криогенные технологии» обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения;
- перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» необходимых для освоения дисциплины:

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам (раздел «Математика и естественнонаучное образование», подраздел «Химическая технология») [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>;

**Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в аудитории 535. Мультимедийный курс лекций, видеофильмы.

**Учебно-методические указания 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 участия в практических занятиях

Перед посещением занятия уяснить тему занятия и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвовать в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

## 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

## **Учебно-методические указания для преподавателей**

### 1. Указания для проведения лекций

На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, 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.

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. Приводить примеры.

Задавать по ходу изложения лекционного материала 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.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить о теме практического занятия, теме самостоятельной работы, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к занятиям, тестированию, подготовке рефератов. Определить место и время консультации студентам.

## 2. Указания для проведения практических занятий

Четко обозначить тему занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов.

## 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).

После каждого лекционного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине.

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 составил: доцент, Зернышкина А.А.

Рецензент: доцент, Герасимова В.М.

Программа одобрена на заседании УМКН 18.03.01 «Химическая технология».

Председатель учебно-методической комиссии Чернова Н.М.