

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

Д.Ш. Султанова

«30» мая 2022 г.



Рабочая программа дисциплины в виде электронного документа выгружена из информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу  
Простая электронная подпись, ID подписи: 1060  
Подписал Проректор по учебной работе Д.Ш. Султанова  
Дата 30.05.2022

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
по дисциплине «**МЕМБРАНЫ И МЕМБРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**»

|                          |                                                                                    |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Специальность:           | 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов                         |
| Специализация:           | Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств |
| Квалификация выпускника: | Инженер                                                                            |
| Форма обучения:          | Очная                                                                              |
| Институт:                | Институт химического и нефтяного машиностроения                                    |
| Кафедра-разработчик:     | Кафедра «Процессов и аппаратов химической технологии»                              |
| Курс; семестр            | 5; 9                                                                               |

| Вид нагрузки                      | Часы | Зачётные единицы |
|-----------------------------------|------|------------------|
| Лекция                            | 18   | 0,5              |
| Лабораторная работа               | 36   | 1                |
| Практическое занятие              | 18   | 0,5              |
| Контроль самостоятельной работы   | 36   | 1                |
| Самостоятельная работа            | 81   | 2,25             |
| Форма аттестации: Экзамен (9 сем) | 27   | 0,75             |
| Всего                             | 216  | 6                |

Рабочая программа составлена с учётом требований Федерального государственного образовательного стандарта (приказ № 732 от 09.08.2021) по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов для специализации «Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств» на основании учебных планов набора обучающихся 2022 года.

Разработчик программы:

Доцент

А.В. Малыгин

Доцент

А.Р. Фазлыев

### **СОГЛАСОВАНО**

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Процессов и аппаратов химической технологии», протокол от 17.05.2022 г. № 10.

Заведующий кафедрой *Согласовано* А.В. Клинов

### **УТВЕРЖДЕНО**

Начальник центра УМЦ

*Утверждаю*

Л.А. Китаева

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Мембраны и мембранные технологии» являются:

- а) формирование знаний о теоретических основах мембранных технологий и конструкциях аппаратов для их проведения,
- б) ознакомление с основами мембранного материаловедения и методами получения мембран;
- в) ознакомление с основными сферами применения различных мембранных процессов и варианты их проведения;
- г) обучение способам применения полученных знаний для решения практических задач.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Мембраны и мембранные технологии» относится к формируемой участниками образовательных отношений части ООП и формирует у обучающихся по специализации «Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Мембраны и мембранные технологии» обучающийся по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- 1. Материаловедение
- 2. Процессы и аппараты химической технологии
- 3. Специализированные программно-вычислительные комплексы
- 4. Физика
- 5. Явления переноса

Дисциплина «Мембраны и мембранные технологии» является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин:

- 1. Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
- 2. Компьютерное проектирование оборудования химических и нефтехимических производств
- 3. Разработка проектно-сметной документации
- 4. Системы моделирования химико-технологических процессов

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

**ПК-5 Способен обеспечивать контроль за состоянием основного технологического оборудования, своевременную диагностику и ремонт**

ПК-5.1. Знает основные конструктивные особенности применяемого технологического оборудования

ПК-5.2. Умеет проводить своевременную диагностику технологического оборудования с выявлением отклонений от нормальной его работы

ПК-5.3. Владеет навыками устранения неисправностей основного технологического оборудования

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

**Знать:**

- основные конструктивные особенности мембранных установок;
- параметры характеризующие эффективность процесса мембранного разделения;
- причины вызывающие снижение эффективность процесса мембранного разделения в ходе эксплуатации оборудования.

**Уметь:**

- проводить анализ технологических параметров процессов мембранного разделения;
- прогнозировать влияние изменений технологических параметров на эффективность процессов мембранного разделения.

#### **Владеть:**

- навыками выбора метода очистки поверхности мембран в зависимости от конфигурации модуля, химической стабильности мембраны и типа загрязнений;
- навыками подбора реагентов для удаления отложений на поверхности мембран методом химической очистки.

#### **4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| № п/п | Раздел дисциплины                             | Семестр  | Виды учебной работы (в часах) |                      |              |           |           | Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации  |
|-------|-----------------------------------------------|----------|-------------------------------|----------------------|--------------|-----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------|
|       |                                               |          | Лекция                        | Практические занятия | Лабораторные | КСР       | СРС       |                                                                       |
| 1     | 2                                             | 3        | 4                             | 5                    | 6            | 7         | 8         | 9                                                                     |
| 1.    | Основные понятия мембранной технологии        | 9        | 4                             | 2                    | 4            | 2         | 8         | Лабораторная работа; Практические занятия; Экзамен                    |
| 2.    | Мембранные процессы                           | 9        | 10                            | 2                    | 24           | 18        | 40        |                                                                       |
| 3.    | Проектирование модулей и мембранных процессов | 9        | 4                             | 14                   | 8            | 16        | 33        | Лабораторная работа; Практические занятия; Расчетное задание; Экзамен |
|       | <b>Итого по семестру</b>                      | <b>9</b> | <b>18</b>                     | <b>18</b>            | <b>36</b>    | <b>36</b> | <b>81</b> | <b>Экзамен</b>                                                        |

#### **5. Содержание лекционных занятий по темам**

| № п/п | Раздел дисциплины                      | Часы | Тема лекционного занятия                                                                   | Индикаторы достижения компетенции |
|-------|----------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1     | 2                                      | 3    | 4                                                                                          | 5                                 |
| 1.    | Основные понятия мембранной технологии | 1    | Введение. Понятие о мембранах и мембранных процессах                                       | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3        |
| 2.    |                                        | 3    | Виды и классификация мембран. Требования к мембранам                                       | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3        |
| 3.    | Мембранные процессы                    | 2    | Виды и классификация мембранных процессов разделения                                       | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3        |
| 4.    |                                        | 2    | Механизмы массопереноса через мембраны                                                     | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3        |
| 5.    |                                        | 4    | Мембранные процессы разделения. Поляризационные явления и отложения на поверхности мембран | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3        |

| №<br>п/п | Раздел дисциплины                             | Часы      | Тема лекционного занятия                | Индикаторы<br>достижения<br>компетенции |
|----------|-----------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1        | 2                                             | 3         | 4                                       | 5                                       |
| 6.       |                                               | 2         | Области применения мембранных процессов | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 7.       | Проектирование модулей и мембранных процессов | 2         | Проектирование мембранных модулей       | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 8.       |                                               | 2         | Схемы процессов мембранного разделения  | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
|          | <b>ВСЕГО</b>                                  | <b>18</b> |                                         |                                         |

## 6. Содержание практических/семинарских занятий

| №<br>п/п | Раздел дисциплины                             | Часы      | Тема занятия                                                           | Индикаторы<br>достижения<br>компетенции |
|----------|-----------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1        | 2                                             | 3         | 4                                                                      | 6                                       |
| 1.       | Основные понятия мембранной технологии        | 2         | Семинар по теме "Виды и классификация мембран. Требования к мембранам" | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 2.       | Мембранные процессы                           | 2         | Семинар по теме "Виды и классификация мембранных процессов разделения" | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 3.       | Проектирование модулей и мембранных процессов | 2         | Семинар по теме "Схемы процессов мембранного разделения"               | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 4.       |                                               | 6         | Расчет установки ультрафильтрации                                      | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 5.       |                                               | 6         | Расчет мембранной установки разделения газовых смесей                  | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
|          | <b>ВСЕГО</b>                                  | <b>18</b> |                                                                        |                                         |

## 7. Содержание лабораторных занятий

| №<br>п/п | Раздел дисциплины                      | Часы | Тема занятия                                             | Индикаторы<br>достижения<br>компетенции |
|----------|----------------------------------------|------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1        | 2                                      | 3    | 4                                                        | 6                                       |
| 1.       | Основные понятия мембранной технологии | 4    | Определение размеров пор мембраны методом точки пузырька | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 2.       | Мембранные процессы                    | 4    | Изучение процесса ультрафильтрации                       | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 3.       |                                        | 4    | Изучение процесса нанофильтрации                         | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 4.       |                                        | 4    | Изучение процесса обратного осмоса                       | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 5.       |                                        | 6    | Изучение процесса газоразделения                         | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 6.       |                                        | 6    | Изучение процесса первапорации                           | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |

| №<br>п/п | Раздел дисциплины                             | Часы      | Тема занятия                                                     | Индикаторы<br>достижения<br>компетенции |
|----------|-----------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1        | 2                                             | 3         | 4                                                                | 6                                       |
| 7.       | Проектирование модулей и мембранных процессов | 4         | Моделирование работы браомембранной установки                    | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 8.       |                                               | 4         | Моделирование работы мембранного модуля установки газоразделения | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
|          | <b>ВСЕГО</b>                                  | <b>36</b> |                                                                  |                                         |

## 8. Самостоятельная работа

| №<br>п/п | Темы, выносимые на самостоятельную работу     | Часы      | Форма СРС                                                                                                 | Индикаторы<br>достижения<br>компетенции |
|----------|-----------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1        | 2                                             | 3         | 5                                                                                                         | 6                                       |
| 1.       | Основные понятия мембраной технологии         | 8         | подготовка к лабораторной работе,<br>подготовка к практическому занятию                                   | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 2.       | Мембранные процессы                           | 40        | подготовка к лабораторной работе,<br>подготовка к практическому занятию                                   | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 3.       | Проектирование модулей и мембранных процессов | 33        | подготовка к лабораторной работе,<br>подготовка к практическому занятию,<br>подготовка расчетного задания | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
|          | <b>ВСЕГО</b>                                  | <b>81</b> |                                                                                                           |                                         |

### 8.1 Контроль самостоятельной работы

| №<br>п/п | Темы, выносимые на самостоятельную работу     | Часы      | Форма КСР                                                                                          | Индикаторы<br>достижения<br>компетенции |
|----------|-----------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1        | 2                                             | 3         | 5                                                                                                  | 6                                       |
| 1.       | Основные понятия мембраной технологии         | 2         | прием лабораторной работы, проверка знаний на практическом занятии                                 | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 2.       | Мембранные процессы                           | 18        | прием лабораторной работы, проверка знаний на практическом занятии                                 | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
| 3.       | Проектирование модулей и мембранных процессов | 16        | прием лабораторной работы, проверка знаний на практическом занятии,<br>проверка расчетного задания | ПК-5.1<br>ПК-5.2<br>ПК-5.3              |
|          | <b>ВСЕГО</b>                                  | <b>36</b> |                                                                                                    |                                         |

## 9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности обучающихся в рамках дисциплины «Мембраны и мембранные технологии» используется рейтинговая система. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО КНИТУ.

Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. За контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

| Оценочные средства   | Кол-во | Мин.баллов | Макс.баллов |
|----------------------|--------|------------|-------------|
| <b>9-й семестр</b>   |        |            |             |
| Лабораторная работа  | 8      | 12         | 20          |
| Практические занятия | 3      | 12         | 20          |

|                   |   |           |            |
|-------------------|---|-----------|------------|
| Расчетное задание | 2 | 12        | 20         |
| Экзамен           | 1 | 24        | 40         |
| <b>Итого</b>      |   | <b>60</b> | <b>100</b> |

## **10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и итоговой аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

## **11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины**

### **11.1. Основная литература**

При изучении дисциплины «Мембраны и мембранные технологии» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

| <b>Основные источники информации</b>                                                                                                                                                                             | <b>Количество экземпляров</b>  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| М. Мулдер, Введение в мембранную технологию [Прочее] [учеб. пособие]: М. : Мир, 1999                                                                                                                             | 30 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»  |
| Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский [и др.], Основные процессы и аппараты химической технологии [Учебник] пособие по проектированию : учеб. пособие для студ. хим.-технол. спец. вузов: М. : Альянс, 2007 | 983 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ» |

### **11.2. Дополнительная литература**

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

| <b>Дополнительные источники информации</b>                                                                | <b>Количество экземпляров</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Ю. . Дытнерский, В. . Брыков, Г. . Каграманов, Мембранное разделение газов [Прочее] : М. : Химия, 1991    | 10 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ» |
| Ю. . Дытнерский, Баромембранные процессы. Теория и расчет [Прочее] : М. : Химия, 1986                     | 5 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»  |
| В. . Дубяга, Л. . Перепечкин, Е. . Каталевский, Полимерные мембраны [Прочее] : М. : Химия, 1981           | 3 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»  |
| С. . Духин, М. . Сидорова, А. . Ярошук, Электрохимия мембран и обратный осмос [Прочее] : Л. : Химия, 1991 | 7 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»  |
| , Применение мембран для систем кругового водопотребления [Прочее] : М. : Химия, 1990                     | 11 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ» |

### **11.3. Электронные источники информации**

При изучении дисциплины «Мембраны и мембранные технологии» предусмотрено использование электронных источников информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ: Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «Лань»:Режим доступа: <https://e.lanbook.com>
3. Образовательная платформа «Юрайт»: Режим доступа: <https://urait.ru/>
4. ЭБС «Znanium.com»: Режим доступа: <http://znanium.com/>
5. ЭБС Университетская библиотека онлайн: Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
6. ЭБС IPR SMART: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
7. ЭБС BOOK.ru : Режим доступа: <https://www.book.ru/>
8. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>

#### **11.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Wiley Online Library: <https://onlinelibrary.wiley.com/>

Springer Nature: <https://link.springer.com/>

zbMath : <https://zbmath.org/>

Стандартная справочная база данных NIST <https://webbook.nist.gov/chemistry/>

База данных CoolProp <http://www.coolprop.org/v4/index.html>

Справочно-правовая система «ГАРАНТ» Доступ свободный: [www.garant.ru](http://www.garant.ru)

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» Доступ свободный: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)

#### **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Мембраны и мембранные технологии»:

Офисные и деловые программы: ABBYY FineReader 9.0 проф;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Russian;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Professional Russian;

Офисные и деловые программы: MS Office 2010-2016 Standard

Архиватор 7 Zip

Блокнот Notepad

Яндекс Браузер

Научное ПО PTC Mathcad Education University Edition

Техэксперт

Научное ПО: Aspen HYSYS (ANSYS Academic Research Mechanical and CFD; ANSYS LS-DYNA; ANSYS LS-DYNA HPC-8)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий оснащены оборудованием:

1. лаборатория тепло-массообменных установок, оснащена необходимыми лабораторными установками;
2. компьютерный класс, оснащен компьютерной техникой
3. лекционная аудитория, оснащена презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук),

техническими средствами обучения:

1. компьютерный класс, оснащен электронной доской, ноутбуком;

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой:

1. персональные компьютеры;
2. лазерный принтер;

с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ.

#### **13. Образовательные технологии**

Количество часов занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе по дисциплине «Мембраны и мембранные технологии» составляет 26 ч.

В процессе освоения дисциплины «Мембраны и мембранные технологии» используются следующие образовательные технологии:

- творческие задания;
- работа в малых группах;
- дискуссия;

- разработка проекта (метод проектов);
- системы дистанционного обучения.