Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 08.07.2026 12:23:33
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ / А.С. Соколов /
«26» февраля 2026 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# «Технологические процессы и оборудование отрасли»

Направление подготовки
**15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств**

Профиль
**Компьютерное проектирование оборудования и производств**

Квалификация
**Бакалавр**
Формы обучения
**Очная**

Москва, 2026г.

**Разработчик(и):**
Доцент, к.т.н  /Пирогова О.В. /

**Согласовано:**

Заведующий кафедрой «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств имени профессора М.Б.Генералова»,

 /А.С.Кирсанов/

**Содержание**


1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины 4
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 4
3.2. Тематический план изучения дисциплины 6
3.3. Содержание дисциплины 7
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 7
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 7
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 7
4.2. Основная литература 7
4.3. Дополнительная литература 7
4.4. Электронные образовательные ресурсы 8
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 8
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 8
5. Материально-техническое обеспечение 8
6. Методические рекомендации 8
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 8
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 8
7. Фонд оценочных средств 9
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 9
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения 9
7.3. Оценочные средства 9

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Технологические процессы и оборудование отрасли» следует отнести:
.– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению;
.– познание понятий и применения процессов и аппаратов химической технологии, а также методов их расчёта и интенсификации.

К основным задачам освоения дисциплины «Технологические процессы и оборудование отрасли» следует отнести:
– приобретение теоретических знаний по процессам и аппаратам химической технологии, необходимых для изучения дисциплин профильной подготовки;
– освоение студентами навыков решения прикладных задач;
– изучение работы аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.

Обучение по дисциплине «Технологические процессы и оборудование отрасли» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| **Код и наименование компетенций** | **Индикаторы достижения компетенции** |
|---|---|
| ОПК-5 Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда | ИОПК-5.1. Знает основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда<br>ИОПК-5.2. Использует основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда<br>ИОПК-5.3. Владеет навыками изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технологические процессы и оборудование отрасли» относится к учебным дисциплинам обязательной части блока Б1 «Дисциплины и модули» образовательной программы «Компьютерное проектирование оборудования и производств» направления 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, квалификация (степень) – бакалавр.
Освоение дисциплины «Технологические процессы и оборудование отрасли» в 5-м семестре необходимо для последующего освоения дисциплин «Конструкторско-технологическое

обеспечение проектирования машин отрасли », «Конструкторско-технологическое обеспечение проектирования аппаратов отрасли ».

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа).

### 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

**3.1.1.** Очная форма обучения

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры | |
|---|---|---|---|---|
| | | | **4** | **5** |
| **1** | **Аудиторные занятия** | **72** | 36 | 36 |
| | В том числе: | | | |
| 1.1 | Лекции | 18 | 9 | 9 |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | 18 | 9 | 9 |
| 1.3 | Лабораторные занятия | 36 | 18 | 18 |
| **2** | **Самостоятельная работа** | **72** | 36 | 36 |
| | В том числе: | | | |
| 2.1 | Подготовка к практическим и лабораторным | | | |
| **3** | **Промежуточная аттестация** | | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | **зачет** | **зачет** | **зачет** |
| | **Итого** | **144** | 72 | 72 |

### 3.2 Тематический план изучения дисциплины

**3.2.1.** Очная форма обучения

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Трудоемкость, час | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **сего** | Аудиторная работа | | | | **амостоятельная работа** |
| | | | екции | Семинарские/практические занятия | аборатор ные занятия | рактическая подготовка | |
| 1.1 | Предмет, задачи и роль курса. | 11 | 2 | 2 | 3 | | 4 |
| 1.2 | Понятие о модели и моделирова-нии процессов. | 11 | 2 | 2 | 3 | | 4 |
| 1.3 | Классификация дисперсных двухфазных систем. | 11 | 2 | 2 | 3 | | 4 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.4 | Структурные характеристики осадка | 10 | 1 | 1 | 3 | | 5 |
| 1.5 | Кинетика гравитационного осаждения. | 10 | 1 | 1 | 3 | | 5 |
| 1.6 | Кинетика центробежного осаждения | 10 | 1 | 1 | 3 | | 5 |
| 1.7 | Электроочистка газов. | 9 | 1 | 1 | 2 | | 5 |
| 1.8 | Псевдоожижение: основные понятия, область применения. | 9 | 1 | 1 | 2 | | 5 |
| 1.9 | Перемешивание в жидких средах, области применения и основные характеристики. | 9 | 1 | 1 | 2 | | 5 |
| 1.10 | Основные понятия и определения. Способы распространения теплоты. | 9 | 1 | 1 | 2 | | 5 |
| 1.11 | Теплоотдача. Закон Ньютона. | 9 | 1 | 1 | 2 | | 5 |
| 1.12 | Определение средней движущей силы тепловых процессов. | 9 | 1 | 1 | 2 | | 5 |
| 1.13 | *Нагревание.* Основные сведения. Нагревание водяным паром | 9 | 1 | 1 | 2 | | 5 |
| 1.14 | Нагревание топочными газами | 9 | 1 | 1 | 2 | | 5 |
| 1.15 | Многократное выпаривание. | 9 | 1 | 1 | 2 | | 5 |
| | **Итого** | **144** | **18** | **18** | **36** | | **72** |

### 3.3 Содержание дисциплины

**Тема 1.** Предмет, задачи и роль курса. Способы классификации основных процессов химической технологии по организации процессов и по зависимости их параметров от времени. Кинетика процесса: движущая сила процесса, скорость, сопротивление. Кинетическая классификация основных процессов и аппаратов. Схема технологического расчета аппаратов.

**Тема 2.**Понятие о модели и моделировании процессов. Модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия. Принципы и примеры построения математической модели процесса. Уравнения гидромеханики вязкой несжимаемой жидкости. Подобие процессов. Основные теоремы подобия. Числа гидромеханического подобия. Практическое значение теории подобия.

**Тема 3.**Классификация дисперсных двухфазных систем. Основные гидромеханические процессы. Материальный баланс гидромеханических процессов. *Фильтрование:* основные понятия. Основной кинетический закон фильтрования. Режимы фильтрования.

**Тема 4.** Структурные характеристики осадка. Промывка осадка. Классификация фильтров. Устройство газовых фильтров. Устройство жидкостных фильтров периодического и непрерывного действия. Схема их технологического расчета. Кинетика центробежного фильтрования. Конструкции и схема расчета фильтрующих центрифуг.

**Тема 5.** Кинетика гравитационного осаждения. Уравнение движения частицы под действием силы тяжести. Классификация, устройство и схема расчета отстойников.

**Тема 6.** Кинетика центробежного осаждения Классификация, устройство, схема расчета отстойных центрифуг. Циклонный процесс. Устройство и схема расчета циклонов и гидроциклонов.

**Тема 7.** Псевдоожижение: основные понятия, область применения. Кривая псевдоожижения. Определение первой и второй критических скоростей псевдоожижения. Аппараты с псевдоожиженным слоем.

**Тема 8.** Перемешивание в жидких средах, области применения и основные характеристики. Способы перемешивания. Конструкции мешалок. Расход энергии на перемешивание механическими мешалками.

**Тема 9.** Основные понятия и определения. Способы распространения теплоты. Теплопроводность. Закон Фурье, дифференциальное уравнение теплопроводности.

**Тема 10.**Теплоотдача. Закон Ньютона. Основное кинетическое уравнение теплопередачи. Связь коэффициентов теплопередачи с коэффициентами теплоотдачи.

**Тема 11.Определение средней движущей силы тепловых процессов.** Дифференциальное и критериальное уравнение конвективного теплообмена.

**Тема 12.***Нагревание.* Основные сведения. Нагревание водяным паром («острым» и «глухим»). Конденсатоотводчики. Многоходовые теплообменники. Схема технологического расчета промышленных теплообменников

**Тема 13.**Нагревание топочными газами, жидкими и твердыми промежуточными теплоносителями, электрическим током. *Охлаждение* до обыкновенных температур.

**Тема 14.***Конденсация.* Поверхностная конденсация и конденсация смешением. Барометрический конденсатор смешения. Технологический расчет конденсаторов.

**Тема 15.**Многократное выпаривание. Материальный и тепловой баланс. Общая и полезная разность температур. Технологический расчёт выпарных аппаратов и установок. Выпаривание с применением теплового насоса..

## 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

### 3.4.1. Семинарские/практические занятия

**Семинарское занятие** «Основные кинетические закономерности. Материальный и тепловой баланс»

**Семинарское занятие** «Кинетика гравитационного осаждения»

**Семинарское занятие**«Центробежное осаждение и фильтрование»

**Семинарское занятие**«Перемешивание»

**Семинарское занятие**«Теплопроводность, теплоотдача, теплопередача »

**Семинарское занятие**«Нагревание. Средняя движущая сила. Тепловой баланс»

**Семинарское занятие**«Конденсация»
**Семинарское занятие** «Выпаривание»

### 3.4.2. Лабораторные занятия

**Лабораторное занятие 1**.Вводное занятие по лабораторному практикуму
**Лабораторное занятие 2**. Изучение работы фильтрующей центрифуги периодического действия
**Лабораторное занятие 3**. Кинетика гравитационного осаждения
**Лабораторное занятие 4**. Гидродинамика псевдоожиженного слоя
**Лабораторное занятие 5**. Изучение процессов теплообмена между системами пар - жидкость, жидкость -газ в трубчатых рекуперативных теплообменниках

### 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

1. Гидромеханические процессы:
   - Фильтрующее оборудование:(фильтр-пресс камерные, ФПАКМ, барабанные вакуум-фильтры)
   - Центрифуги (отстойные и фильтрующие, шнековые, сверхцентрифуги, тарельчатые сепараторы).
2. Тепловые процессы:
   - Многокорпусные выпарные установки (с естественной и принудительной циркуляцией раствора различного исполнения и типов)
   - Роторные выпарные аппараты
3. Массообменные (диффузионные) процессы:
   - Абсорбционные установки (пленочные, тарельчатые, насадочные, роторные)
   - Ректификационные установки для разделения бинарных смесей (тарельчатые с разным типом тарелок, насадок и др.).
   - Экстракционные установки (распылительные, насадочные, тарельчатые, пульсационные, центробежные)
   - Сушильные установки (барабанные, распылительные, спиральные, с псевдоожиженным слоем, пневматические)
   - Кристаллизаторы (изогидрические, изотермические, вакуумные, с классификацией кристаллов)
   - Адсорберы (с неподвижным, движущимся и псевдоожиженным зернистым материалом)
   - Сублиматоры

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрено

### 4.2 Основная литература

1. Системный анализ процессов и аппаратов химической технологии : учебник для вузов / Э. Д. Иванчина, Е. С. Чернякова, Н. С. Белинская, Е. Н. Ивашкина. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 114 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11830-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/566410.

### 4.3 Дополнительная литература

1. *Комиссаров, Ю. А.* Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 1242 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19103-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://biblio-online.ru/bcode/589754.

### 4.4 Электронные образовательные ресурсы

ЭОР не разработан

### 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено

### 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Интернет-ресурсы включают доступ к электронным библиотекам университета (http://elib.mgup ; http://lib.mami.ru/lib/content/elektronyy-katalog ), к электронным каталогам вузовских библиотек и крупнейших библиотек Москвы (*http://window.edu.ru* ).

## 5. Материально-техническое обеспечение

При изучении данной дисциплины используются специализированные учебные лаборатории кафедры «Процессы и аппараты химической технологии» 4108 и 4112, оснащенные лабораторными установками, необходимыми для проведения лабораторного практикума:

- кинетика гравитационного осаждения;
- фильтрующая центрифуга;
- определение затрат энергии при перемешивании в жидких средах;
- гидродинамика псевдоожиженного слоя;
- теплообмен в псевдоожиженном слое;
- теплообмен между системами пар-жидкость, жидкость-газ.
- гидродинамика насадочных колонн;
- гидродинамика тарельчатых колонн;
- тепло-массообмен на контактных устройствах колонных аппаратов;
- ректификационная установка;
- исследование процесса конвективной сушки материалов

## 6. Методические рекомендации

### a. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

-Глубокое освоение теоретических аспектов тематики курса, ознакомление и переработка литературных источников; составление списка литературы, обязательной для изучения и дополнительной литературы.

- Разработка методики изложения курса: структуры и последовательност изложения материала; составление тестовых заданий, контрольных вопросов.
- Разработка методики проведения и совершенствование тематики практически работ; использование в практикуме реальных данных.
- Разработка методики самостоятельной работы студентов; постоянна корректировка структуры, содержания курса.

### b. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Обязательное посещение лекций ведущего преподавателя. Лекции - основное методическое руководство при изучении дисциплины, наиболее оптимальным образом структурированное и скорректированное на современный материал; в лекциях глубоко и подробно, аргументировано и методологически строго рассматриваются главные проблемы темы; в лекциях даются разные подходы к исследуемым проблемам; в рабочих конспектах лекций желательно оставлять поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студента, дополняющего материал лекции, а также пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

- Подготовка и активная работа на практических занятиях. Подготовка к практическим занятиям включает проработку материалов лекций и рекомендованной учебной литературы.

- Подготовка к лабораторным работам. Лабораторные занятия – это активная форма учебного процесса, при подготовке к которой обучающемуся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, ознакомиться с техникой проведения лабораторных работ.

- Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы — практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету и экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- выполнение курсового проекта;
- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем и решению типичных задач и упражнений.

Важной частью самостоятельной работы является чтение учебной и научной литературы. Основная функция учебников – ориентировать студентов в системе знаний, умений и навыков по данной дисциплине, которые необходимы будущим специалистам.

## 7. Фонд оценочных средств

### а. Методы контроля и оценивания результатов обучения

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю), методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или
«не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Технологические процессы и оборудование отрасли»

| Вид работы | Форма отчетности и текущего контроля |
|---|---|
| | Оформленные отчеты (журнал) практических работ, |

| | |
|---|---|
| Практические работы | предусмотренных рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «удовлетворительно/хорошо/отлично», если выполнены и оформлены все работы. |
| Лабораторные работы | Оформленные отчеты (журнал) практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «удовлетворительно/хорошо/отлично», если выполнены и оформлены все работы. Правильно выполненные лабораторные работы с соблюдением техники безопасности. |

## b. Шкала и критерии оценивания результатов обучения

### 7.2.1 Шкала оценивания практической и лабораторной работы

| Шкала оценивания | | Описание |
|---|---|---|
| Неудовлетворительно | Не зачтено | Не выполнены требования к написанию и защите практической работы: неправильно оформлена работа, неправильно подсчитаны значения, не сформулирован вывод. |
| Удовлетворительно | зачтено | Выполнены не все требования к написанию и защите практической работы: неправильно оформлена работа, неправильно сформулирован вывод, но правильно подсчитаны значения. |
| Хорошо | зачтено | Выполнены все требования, но с недочетами: незначительные ошибки в оформлении работы, неточности в формулировке выводов. Правильно подсчитаны значения. |
| Отлично | зачтено | Выполнены все требования к написанию и защите практической работы: верно подсчитаны значения, сформулирован вывод, соблюдены требования к оформлению. |

## c. Оценочные средства

### 7.3.1. Текущий контроль

**7.3.1.1 Темы практических работ и лабораторных по дисциплине «Технологические процессы и оборудование отрасли»**

Тематика практических работ изложена в пункте 3.4.

### 7.3.2. Промежуточная аттестация

**7.3.2.1. Вопросы к зачету по дисциплине «Технологические процессы и оборудование отрасли»**

Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье-Стокса).

Простое выпаривание. Физико-химические основы процесса.

Фильтрующая центрифуга.

Псевдоожижение твердого зернистого материала. Определение скорости начала псевдоожижения.

Материальный и тепловой балансы простого выпаривания.

Электрофильтр.

Основные положения и практическое значение теории подобия.

Материальный и тепловой баланс конденсатора смешения, расчет диаметра и высоты барометрической трубы.

Циклонная аппаратура.

Теория подобия: основные положения и практическое значение.

Парокомпрессионная холодильная машина. Схема установки и изображение циклов в *T-S* диаграмме.

Теплообменники с компенсацией температурных удлинений

Схема периодически действующей ректификационной установки. Рабочие линии процессов с переменным и постоянным флегмовым числом.

2. Физическая сущность процесса адсорбции. Адсорбенты. Условия, способствующие протеканию процесса адсорбции.

3. Устройство и работа пневматической сушилки.

Изображение в диаграмме *H-x* процессов изменения параметров влажного воздуха: температура, точка росы, охлаждение, нагревание, смешивание.

2. Тепловой баланс процесса ректификации.

3. Схема и работа абсорбционной установки непрерывного действия.