

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Лужанин Владимир Геннадьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 19.01.2026 16:20:04  
Уникальный программный ключ:  
d56ba45a9b6e5c64a319e2c5ae3bb2c1db840af0

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Пермская государственная фармацевтическая академия»**

**Министерства здравоохранения Российской Федерации**

---

Кафедра \_\_\_\_\_ Общей и органической химии \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДЕНЫ

решением кафедры

Протокол от « 10 » ноября 2025 г.

№ 5

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В. 10 Химические реакторы**

**Направление подготовки:** 18.03.01 Химическая технология

**Профиль программы:** Химическая технология лекарственных средств

**Год набора:** \_\_\_\_\_ **2026** \_\_\_\_\_

Пермь, 2025 г.

## **1. Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям.**

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Именно поэтому контроль над систематической работой обучающихся всегда находится в центре внимания кафедры.

Обучающимся необходимо:

- перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, что позволит сэкономить время на записывание темы лекции, ее основных вопросов, рекомендуемой литературы;

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции; при затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам; если разобраться в материале не удастся, то необходимо обратиться к преподавателю на семинарских занятиях.

## **2. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям.**

Обучающимся следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
- до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал соответствующей темы занятия и отработать задания, определённые для подготовки к лабораторному занятию;

- при подготовке к лабораторным занятиям следует использовать не только лекции, но и учебную литературу;

- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании.

### **Вопросы для самопроверки**

Вопросы для самопроверки по темам Раздела 1.

#### **Введение. Понятие о химических процессах и реакторах**

1. Из каких основных стадий состоит химико-технологический процесс? В каких стадиях химико-технологического процесса участвуют химические реакции?
2. Что такое химический процесс? Почему химический процесс как единичный процесс химической технологии сложнее по сравнению с тепловыми и массообменными процессами?
3. Объясните взаимное влияние химической реакции и явлений тепло- и массопереноса
4. Какие технологические критерии эффективности химико-технологического процесса вы знаете? Дайте их определения.
5. Каковы пределы изменения степени превращения, выхода продукта, селективности?
6. Что означает выражение «реагенты взяты в стехиометрическом соотношении»?
7. Что называется производительностью, мощностью, интенсивностью?
8. Определите понятия «технологический режим», «технологическая схема процесса».
9. С какой целью при проведении химических процессов в промышленных условиях один из реагентов часто берут в избытке по отношению к стехиометрии реакции?
10. Каковы пути использования реагента, взятого в избытке и не вступившего в реакцию?

Вопросы для самопроверки по темам Раздела 2.

**Вычислительный эксперимент и адекватность моделей.**

1. В чем заключается метод моделирования?
2. Сформулируйте основные требования, предъявляемые к математической модели химического реактора.
3. В чем заключается иерархический принцип моделирования химических процессов и реакторов?
4. Какие признаки могут быть положены в основу классификации химических реакторов?
5. Каковы различия в условиях перемешивания в проточных реакторах смешения и вытеснения?
6. Какой режим работы химического реактора называется стационарным? Возможен ли стационарный режим в периодическом реакторе? В полунепрерывном реакторе?
7. Каким условиям должен удовлетворять элементарный объем, для которого составляются балансовые уравнения?
8. Каким должен быть элементарный промежуток времени при составлении балансовых уравнений для реакторов, работающих в стационарном режиме? В нестационарном режиме?
9. Почему именно балансовые уравнения (уравнения материального и энергетического балансов) составляют основу математической модели химического реактора?
10. Какими математическими операторами описывается перенос импульса и массоперенос?

Вопросы для самопроверки по темам Раздела 3.

**Химические процессы и реакторы**

1. Чем различаются определения скорости гомогенной и гетерогенной химических реакций?
2. Как взаимосвязаны между собой реальные скорости образования или расходования отдельных участников реакции  $aA + bB \rightarrow rR + sS$ ?
3. В чем заключается различие между микрокинетикой и макрокинетикой?
4. Что такое частный порядок реакции по компоненту  $J$ ? Как взаимосвязаны частные порядки по разным компонентам и общий порядок реакции?
5. Какие реакции называют простыми, формально простыми, сложными?
6. Как составляют кинетические уравнения простых реакций?
7. Как составляют кинетические уравнения сложных реакций.
8. От каких микрокинетических факторов зависит скорость химической реакции?
9. Выведите уравнение зависимости дифференциальной селективности от концентрации реагента  $A$  для параллельных реакций, имеющих разный порядок по реагенту  $A$ .
10. Запишите уравнение Аррениуса в дифференциальной, интегральной и логарифмической формах. В чем суть уравнения Аррениуса?
11. Область протекания гетерогенных процессов в системе Г-Т
12. Условиями интенсификации процесса в системе Г-Т.
13. Изотермические реакторы. Характеристика, классификация.
14. Термодинамические закономерности влияния давления на степень превращения реагента (выход продукта).
15. Гетерогенные процессы: общая характеристика и особенности.
16. Смесители непрерывного действия. Достоинства и недостатки.
17. Смесители для смешения вязких и липких материалов.
18. Тепловая устойчивость работы реакторов (на одном примере).
19. Способы повышения степени превращения реагентов (на одном примере).
20. Стадии гетерогенно-каталитического процесса на твердом катализаторе.

21. Сформулируйте допущения модели идеального смешения.
22. Каковы основные причины отклонения от идеальности в реальных реакторах смешения?
23. Почему при составлении балансовых уравнений для реактора идеального смешения в качестве элементарного объема может быть принят полный объем реактора?
24. Сформулируйте основные допущения модели каскада реакторов идеального смешения.
25. Проанализируйте основные недостатки и достоинства реактора периодического действия. В каких производствах чаще встречаются такие реакторы?
26. Составьте уравнение материального баланса для стационарного проточного реактора идеального смешения.
27. В чем заключается различие между действительным и средним временем пребывания реагентов в проточном реакторе?
28. Для какого типа проточных реакторов действительное и среднее время пребывания совпадают?
29. В каких случаях появляется необходимость численного (например, графического) решения уравнения материального баланса проточного реактора идеального смешения для определения концентрации реагента на выходе из реактора?
30. Сформулируйте допущения модели идеального вытеснения. При каких условиях можно приблизиться в реальном реакторе к идеальному вытеснению?

Вопросы для самопроверки по темам Раздела 4.

#### **Промышленные химические реакторы**

1. Как классифицируют химические реакторы?
2. Укажите пути экологической безопасности работы химических реакторов.
3. Назовите основные направления научно-технического прогресса в химической промышленности.
4. Как связано решение экологических проблем с устройством и эксплуатацией химических реакторов?
5. Укажите пути интенсификации работы реакторных устройств.
6. Какие признаки лежат в основе классификации химических реакторов?
7. Дайте сопоставление реакторов непрерывного и периодического действия.
8. Какие устройства используют для организации теплообмена в химических реакторах?
9. Дайте классификацию реакторов по тепловому режиму.
10. Охарактеризуйте понятия производительности и интенсивности работы реактора.
11. Назовите структурные элементы химических реакторов.
12. Какие предъявляют требования к химическим реакторам?
13. Перечислите основные факторы, которые следует учитывать при выборе реакторного устройства.
14. Какой принцип положен в основу классификации промышленных химических реакторов?
15. Назовите способы создания развитой поверхности контакта между фазами.
16. Охарактеризуйте основные показатели работы химических реакторов.
17. Чем обоснован предел единичной мощности промышленных химических реакторов?
18. Какие факторы влияют на работу реакторных устройств?
19. В чем заключается основная задача расчета химического реактора?
20. Опишите виды движения жидкости в аппаратах с механическими мешалками.
21. Какие выполняются мероприятия с целью повышения эффективности жидкостных реакторов?

22. Назовите типовые конструкции реакторов для газожидкостных гетерогенных процессов.
23. В чем заключаются недостатки и преимущества насадочных колонных реакторов перед барботажными реакторами? Какие типы тарелок используются в барботажных реакторах?
24. Укажите способы диспергирования жидкой фазы в реакторах разбрызгивающего типа.
25. Опишите устройство трубчатого и шахтного реакторов конверсии метана.
26. Назовите типы печей для обжига серного колчедана. Сделайте сравнительный анализ их работы.
27. Объясните устройство и принцип действия реактора с псевдооживленным и плотно движущимся слоем катализатора.
28. Назовите основные типы мешалок и области их применения.
29. Опишите работу реактора каталитического крекинга со взвешенным слоем катализатора.
30. Назовите типы насадочных элементов.

Вопросы для самопроверки по темам Раздела 5.

### **Расчета каталитических реакторов**

1. Какая величина выбирается в качестве критерия оптимизации при разработке оптимального температурного режима? Обоснуйте сделанный выбор.
2. Как можно построить рабочую линию проведения обратимой экзотермической реакции в последовательно соединенных адиабатических реакторах вытеснения с промежуточным теплоотводом?
3. Составьте уравнение материального баланса реактора идеального вытеснения в дифференциальной форме.
4. Какие явления переноса (импульса, теплоты, массы) отражены в уравнении материального баланса в дифференциальной форме?
5. Составьте уравнение материального баланса для периодического реактора идеального смешения.
6. Составьте систему уравнений материального и теплового балансов для изотермического реактора идеального смешения.
7. Почему нельзя найти аналитическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения, работающего в стационарном режиме, относительно температуры в реакторе и достигаемой в нем степени превращения?
8. Используя графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов адиабатического реактора идеального смешения.
9. Найдите графическое решение системы уравнений материального и теплового балансов реактора идеального смешения промежуточного типа при проведении в нем обратимой эндотермической реакции.
10. Сравнение реакторов идеального смешения периодического действия и идеального вытеснения для проведения простых реакций.
11. Сравнение реакторов идеального смешения непрерывного и действия и идеального вытеснения для проведения простых реакций.
12. Уравнение теплового баланса химического реактора в общем виде.
13. Сравнение каскада РИВ и одиночного РИВ.
14. Сравнение каскада РИС-Н и одиночного РИС-Н

#### **4. Рекомендации по самостоятельной работе студента.**

**Самостоятельная работа студентов** – выполняемая студентами в аудиторное и внеаудиторное время учебная деятельность, методически организованная преподавателем, без его непосредственного участия. Самостоятельная работа студентов является обязательной неотъемлемой частью образовательного процесса, осуществляемого на основании требований федеральных государственных образовательных стандартов.

Самостоятельная работа проводится с **целью**: систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений и навыков обучающихся; углубления и расширения теоретических знаний студентов; формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию, учебную и специальную литературу; развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности; формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации; формирования профессиональных компетенций; развитию исследовательских умений студентов.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами обучающихся в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений обучающихся.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде аудиторной самостоятельной работы и внеаудиторной самостоятельной работы.

Формы аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов определяются содержанием учебной дисциплины, степенью подготовленности студентов. Конкретные формы самостоятельной работы студентов, их содержание и характер определяют кафедры при разработке рабочих программ учебных дисциплин, с учетом установленного объема самостоятельной работы, специфики дисциплины, сложности усвоения отдельных тем (разделов, модулей).

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется студентами во время учебных занятий по заданию преподавателя, и под его непосредственным руководством. Аудиторная самостоятельная работа студентов включает следующие формы:

- выполнение аудиторной контрольной работы;
- выполнение индивидуальных и групповых заданий преподавателя;
- решение практических заданий;
- использование справочной литературы;
- иные формы, предусмотренные рабочей программой дисциплины.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов – планируемая учебная деятельность студентов, выполняемая ими вне аудиторных занятий, самостоятельно, по заданию преподавателя без его непосредственного участия. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов включает следующие формы:

- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лекциям;
- выполнение практических заданий (решение задач, разбор ситуации)
- выполнение внеаудиторной контрольной работы;
- конспектирование источников;
- аннотирование, рецензирование текста; работа с электронными ресурсами;

- чтение учебной литературы, текстов лекций;
- подготовка к промежуточной аттестации;
- иные формы.

**Задачи преподавателя по организации самостоятельной работы** студента заключаются в следующем:

- информирование студентов о разделах (темах) преподаваемой им дисциплины, которые будут изучены студентом самостоятельно;
- информирование о формах самостоятельной работы, сроках выполнения и формах контроля;
- разработка и выдача заданий для самостоятельной работы;
- проведение консультаций студентов по вопросам выполнения заданий;
- контроль хода выполнения и результатов самостоятельной работы.

**Контроль самостоятельной работы студентов** осуществляют преподаватели кафедр. Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется в процессе преподавания учебной дисциплины, а также в период промежуточной и итоговой аттестации и проведения иных предусмотренных графиком учебного процесса контрольно-зачетных мероприятий (лекторских и текущих консультаций, контрольных недель). Формы контроля самостоятельной работы определяются спецификой форм самостоятельной работы студента. К формам контроля самостоятельной работы студентов могут быть отнесены следующие:

- устные опросы;
- тестирование;
- проверка контрольных работ;
- проверка выполнения письменных заданий (конспектов, сценариев деловой игры, др.)
- прием экзаменов;
- иные формы.

В целях эффективности контроля самостоятельной работы студентов, кафедры разрабатывают и доводят до сведения студентов критерии оценки выполнения ими отдельных видов самостоятельной работы.

Организация самостоятельной работы студентов является неременным условием эффективности этого вида учебной деятельности студентов.

Для организации эффективной самостоятельной работы студентов необходимо выполнение следующих условий:

- мотивация получения знаний и приобретения профессиональных навыков со стороны обучающихся;
- необходимое методическое сопровождение учебного процесса;
- доступность учебных, справочных и иных материалов;
- систематический контроль самостоятельной работы студентов со стороны преподавателя;
- наличие возможности получения студентом консультации преподавателя в процессе выполнения самостоятельной работы.

## **Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы**

### ***Самостоятельная работа с литературой***

Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях).

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель - извлечение из текста необходимой информации. От того насколько осознанно читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

#### Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста.

1. информационно-поисковый (задача - найти, выделить искомую информацию);
2. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
3. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
4. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. - использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

#### Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование - предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;
2. Планирование - краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;
3. Тезирование - лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;
4. Цитирование - дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;
5. Конспектирование - краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект - сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

### ***Подготовка к практическим занятиям***

При подготовке к практическому занятию обучающемуся необходимо изучить лекционный материал по заданной теме, рекомендованные основную, дополнительную литературу и нормативные правовые акты, соответствующие заданной теме; запомнить определения базовых понятий по изучаемой теме; в целях более объемного восприятия изучаемого материала, систематизации знаний по курсу и «встраивания» новых знаний в систему полученных ранее, выявления недостаточного понимания отдельных аспектов темы, соотнести теоретический материал по осваиваемой теме с нормативным регулированием изучаемых вопросов, а также



соотнести нормативный и теоретический материал, заданный к очередному занятию, с теоретическим и нормативным материалом по ранее изученным темам осваиваемого курса и иных учебных дисциплин; исследовать существующую правоприменительную практику по изучаемому вопросу, а также выполнить задачи и задания, рекомендованные для самостоятельного решения при подготовке к занятию.

### ***Подготовка к промежуточной аттестации (экзамену)***

Подготовка к промежуточной аттестации способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач.

Основная задача подготовки к промежуточной аттестации по итогам курса – устранить пробелы теоретических знаний, систематизировать знания, полученные в ходе освоения курса, попрактиковать их практическое применение, в том числе для разрешения правовых проблемных ситуаций, встречающихся на практике. Обучающимся рекомендуется использовать предэкзаменационную консультацию, которая будет проведена экзаменатором перед проведением контрольного мероприятия промежуточной аттестации (экзамена) по итогам курса, для устранения затруднений в подготовке к экзамену, для обсуждения с экзаменатором порядка проведения контрольного мероприятия (экзамена), требований к ответу.