

Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
Федеральное государственное унитарное предприятие
«Государственный научно-исследовательский институт
органической химии и технологии»
(ФГУП «ГосНИИОХТ»)

Аспирантура

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ФГУП «ГосНИИОХТ»

А.В.Куткин
« 5 » января 2024 г.



ПРОГРАММА

ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО ПРОЦЕССАМ И АППАРАТАМ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

**для поступающих на обучение по программе подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий**

Москва 2024

Программа вступительного испытания по Процессам и аппаратам химических технологий предназначена для лиц, желающих поступить в аспирантуру ФГУП «ГосНИИОХТ» для обучения по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

Программа разработана в соответствии с «Порядком приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре», утвержденным приказом Минобрнауки России от 6 августа 2021 г. № 721.

Программа вступительного испытания в аспирантуру по специальной дисциплине сформирована в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования ступеней специалист, магистр.

Основной целью вступительного испытания в аспирантуру является всесторонняя проверка успешности усвоения вузовского курса по химической технологии.

Вступительное испытание по дисциплине проводится экзаменационной комиссией по билетам. В каждый билет включаются три вопроса. Свои ответы на вопросы поступающий излагает в устной форме. При необходимости члены комиссии могут предложить ему дополнительные вопросы.

Поступающий на вступительном испытании должен показать знание поставленных вопросов и свободное владение понятиями и категориями химической технологии. При этом экзаменационной комиссией используется пятибалльная шкала оценивания.

Критерии оценки вступительного испытания приведены в приложении к настоящей программе.

1. Содержание программы

Раздел 1. Теоретические основы организации химико-технологических процессов

Типы реакторов. Реакторы для газофазных, жидкофазных и многофазных процессов. Реакторы и реакторные узлы для совмещенных процессов. Организация реакторных узлов для высоко экзо- и эндотермических процессов. Достоинства, недостатки и особенности реакторов периодического и непрерывного действия. Аппараты для массообменных процессов в химической технологии. Аппараты для теплообменных процессов в химической технологии.

Раздел 2. Современные проблемы химической технологии

Сырьевая база химической промышленности. Энергетическая база химической промышленности. Проблемы энерго- и ресурсосбережения. Проблемы экологии химических производств и химической продукции. Проблемы использования альтернативных и нетрадиционных источников сырья.

Раздел 3. Моделирование химико-технологических процессов и химико-технологических систем

Математическое моделирование - современный метод анализа и синтеза химико-технологических процессов (ХТП) и химико-технологических систем (ХТС). Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии; формы представления информации о ХТП (управления, регрессии, дифференциальные уравнения, интегральные уравнения, конечные и конечно-разностные уравнения). Общий вид систем уравнений материально-тепловых балансов химико-технологических систем (ХТС).

Раздел 4 Гидродинамика

Модель сплошной среды. Основные гидродинамические величины. Уравнение неразрывности. Уравнения Эйлера и Навье-Стокса. Течение жидкостей по трубам и каналам. Пленочное течение. Коэффициенты трения. Гидравлические машины.

Раздел 5 Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия

Модель идеального смешения. Вывод дифференциального уравнения модели. Вид функции отклика модели на стандартные возмущения. Частотные характеристики модели. Условия реализуемости принятых допущений в приложении к аппаратам химической технологии. Модель идеального вытеснения. Вывод дифференциального уравнения модели. Передаточная функция. Вид функции отклика и частотные характеристики модели. Сравнительная оценка идеальных моделей. Учет рассеяния по времени пребывания. Ячеечная модель. Вывод уравнения предельного перехода к модели идеального вытеснения. Диффузионная модель. Комбинированные (многопараметрические) модели. Байпасирование.

Последовательное и параллельное включение ячеек идеального смешения и вытеснения. Модель с застойной зоной.

Раздел 6 Гидромеханические процессы (разделение неоднородных систем)

Внешняя задача гидродинамики. Обтекание твердых тел. Неподвижные зернистые слои. Гидродинамика псевдооживленных слоев. Осаждение, отстойники. Фильтрование суспензий и неоднородных газовых систем.

Раздел 7 Химическая термодинамика

Система. Состояние системы. Уравнения состояния. Энергия. Работа. Теплота. Нулевой и первый законы термодинамики. Основные законы термохимии. О равновесных и обратимых процессах. Второй и третий законы термодинамики. Эксэргия.

Раздел 8 Теплообменные процессы

Теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение. Закон Фурье и уравнение Фурье-Кирхгофа. Теплоотдача и теплопередача. Движущая сила. Коэффициенты теплоотдачи и их расчет при движении в трубах и каналах. Конденсация и кипение. Поверхностные, смесительные и регенеративные теплообменники. Расчет теплообменных аппаратов.

Раздел 9 Массообменные процессы

Диффузия, закон Фика. Уравнения неразрывности, конвективной диффузии. Движущие силы. Коэффициенты массоотдачи, массопередачи. Материальные балансы, рабочие линии. Расчет массообменных аппаратов с непрерывным и ступенчатым контактом фаз. Методы расчета на основе понятия теоретической ступени разделения и на основе коэффициентов массопередачи.

Раздел 10. Сушка. Математические модели и аппараты

Кинетика сушки. Контактные сушилки. Сушилки со стационарным слоем. Сушилки с псевдооживленным и движущимся слоем. Особенности математического описания сушилок.

Раздел 11. Кристаллизация. Математические модели и аппараты

Описание роста кристаллов и зародышеобразования. Типы используемых кристаллизаторов. Математические модели кристаллизаторов различного типа.

Раздел 12 Абсорбция. Математические модели и аппараты

Равновесие и массопередача в системах жидкость–газ. Типы абсорбционных аппаратов, их математическое описание.

Раздел 13 Перегонка и ректификация. Математические модели и аппараты

Ректификационные аппараты. Их типы. Описание равновесия в системах жидкость–пар. Расчет ректификационных аппаратов.

Раздел 14. Экстракция. Математические модели и аппараты

Равновесие и массопередача в системах жидкость-жидкость. Типы используемых экстракционных аппаратов. Математические модели колонных экстракторов.

Раздел 15. Мембранные процессы разделения

Общая характеристика мембранных способов разделения смесей. Их классификация. Виды мембран. Описание процесса переноса в мембранах.

Раздел 16. Гомогенные химические реакторы

Гомогенные изотермические реакторы. Классификация реакторов по гидродинамическому признаку. Реактор периодического действия. Проточный реактор с мешалкой. Каскад реакторов идеального смешения. Оптимальное соотношение объемов реакторов в каскаде. Реактор с продольным перемешиванием потока (ламинарный и турбулентный режимы). Выбор типа реактора с учетом селективности реакции. Автотермические реакторы. Устойчивость работы адиабатических и политропических реакторов. Взаимосвязь устойчивости и селективности.

Раздел 17. Гетерогенные химические реакторы

Гетерогенные каталитические реакторы, классификация каталитических реакторов по конструктивному и гидродинамическим признакам. Одно- и многослойные реакторы со стационарным слоем катализатора. Квазигомогенная и гетерогенная модели. Горячие точки в реакторе со стационарным слоем катализатора. Реакторы с псевдооживленным слоем катализатора. Реакторы с движущимся слоем катализатора

Раздел 18. Моделирование и анализ химико-технологических процессов и химико-технологических систем

Постановка задачи разработки математической модели химико-технологического процесса (ХТП). Два подхода к составлению математической модели ХТП: детерминированный и стохастический. Возможности и сферы использования этих подходов к математическому моделированию ХТП. Общая характеристика химико-технологических систем (ХТС) как объектов исследования. Виды типовых технологических операторов ХТС. Понятия малоотходных и ресурсосберегающих ХТС. Виды критериев эффективности ХТС. Основные свойства ХТС. Классификация ХТС по особенностям технологической структуры, или топологии. Классификация ХТС по способу функционирования. Классификация моделей и понятие идентификации химико-технологических систем. Основные сведения о проектировании и эксплуатации ХТС. Понятия анализа, оптимизации и синтеза ХТС. Операторно-символические математические модели химико-технологических систем. Прямые методы идентификации статических режимов ХТС.

2. Оценочные средства и критерии оценки результатов вступительных испытаний по процессам и аппаратам химических технологий

Оценочные средства приведены в приложении к программе.

Результаты сдачи испытаний оцениваются «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Каждое задание оценивается отдельно по следующим критериям.

1. Знание сущности понятий, представленных в вопросе билета. Умение определить понятия, сформулировать определения, используя профессиональную и специальную лексику.

2. Умение показать связи между понятиями, представленными в вопросе билета, ответив на него по существу.

3. Умение логически построить свой ответ; изложить материал по плану; показать способность к анализу и синтезу информации в области профессиональных знаний; умение классифицировать и группировать объекты и предметы профессиональной деятельности, отражённые в вопросе билета; способность дать развернутый аргументированный ответ.

4. Умение иллюстрировать суждения примерами из отечественной и мировой практики, демонстрировать профессиональный кругозор.

5. Способность ориентироваться в проблемных областях специальности и междисциплинарных областях знаний; умение конкретно и по существу отвечать на дополнительные вопросы.

Ответ сдающего на каждый вопрос билета (дополнительный вопрос) на экзамене оценивается:

«отлично» – если ответ полностью раскрывает суть заданного вопроса;

«хорошо» – если ответ правилен, но недостаточно полон или изложен с несущественными по смыслу ошибками;

«удовлетворительно» – если ответ правилен, но изложен не полно и с отдельными существенными ошибками;

«неудовлетворительно» – если ответ не раскрывает сути вопроса.

Общая оценка за ответы по билету определяется:

«отлично» – если не менее двух ответов на вопросы билета оценены «отлично» и один «хорошо»;

«хорошо» – если не менее двух ответов на вопросы билета оценены «отлично» и «хорошо», а один – «удовлетворительно»;

«удовлетворительно» – если более одного ответа на вопросы билета оценены «удовлетворительно»;

«неудовлетворительно» – если хотя бы один из ответов на вопросы билета оценен «неудовлетворительно».

3. Список литературы

1. Лебедев Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: учебник / Н. Н. Лебедев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Репринтное воспроизведение. – Москва: Альянс, 2013. – 592 с.

4. Химическая технология органических веществ: учеб. пособие /Т.П. Дьячкова, В.С. Орехов, М.Ю. Субочева, Н.В. Воякина. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – Ч.1.– 172 с.

7. Касаткин А.Г Основные процессы и аппараты химической технологии. - Учебник для вузов. - М.: 2005. – 753 с.

8. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия, 1987.

9. Кафаров В.В. Основы массопередачи. - М.: Высш. шк., 1979.

10. Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А. и др.; под ред. Айнштейна В.Г. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: в 2 кн. - М.: Лотос; Высшая школа, 2002.

11. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. - М.: Химия, 1985.

12. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов. - М.: Химия, 1969.

13. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. Изд. 3-е. в 2-х кн.: часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - М.: Химия, 2002. – 400 с.: ил.

14. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. Изд. 3-е. в 2-х кн.: часть 2. Массообменные процессы и аппараты. - М.: Химия, 2002. - 400 с.: ил.

Программа вступительного экзамена по Процессам и аппаратам химических технологии составлена доктором технических наук, доцентом Громовой Татьяной Владимировной.

Программа вступительного экзамена по Процессам и аппаратам химических технологии утверждена методической комиссией учебного центра, протокол № 1 от 11 января 2024 года.

Заместитель руководителя учебного центра



Н.Ф. Морозов

Приложение

Оценочные средства и критерии оценки вступительного испытания по процессам и аппаратам химических технологий

Вопросы для проведения вступительного испытания

1. Типы реакторов в химической технологии.
2. Реакторы для газофазных, жидкофазных и многофазных процессов.
3. Реакторы и реакторные узлы для совмещенных процессов.
4. Организация реакторных узлов для высоко экзо- и эндотермических процессов.
5. Достоинства, недостатки и особенности реакторов периодического и непрерывного действия.
6. Аппараты для массообменных процессов в химической технологии.
7. Аппараты для теплообменных процессов в химической технологии.
8. Сырьевая база химической промышленности.
9. Энергетическая база химической промышленности. Проблемы энерго- и ресурсосбережения.
10. Экологические проблемы химических производств и химической продукции.
11. Использование альтернативных и нетрадиционных источников сырья.
12. Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии.
13. Общий вид систем уравнений материально-тепловых балансов химико-технологических систем (ХТС).
14. Основные гидродинамические величины. Уравнение неразрывности.
15. Уравнение Навье-Стокса.
16. Модель идеального смешения. Вывод дифференциального уравнения модели. Вид функции отклика модели на стандартные возмущения. Частотные характеристики модели. Условия реализуемости принятых допущений в приложении к аппаратам химической технологии.
17. Модель идеального вытеснения. Вывод дифференциального уравнения модели. Передаточная функция. Вид функции отклика и частотные характеристики модели.
18. Внешняя задача гидродинамики. Обтекание твердых тел. неподвижные зернистые слои.
19. Гидродинамика псевдооживленных слоев.
20. Осаждение, отстойники.
21. Фильтрация суспензий и неоднородных газовых систем.
22. Система в химической термодинамике. Уравнения состояния.
23. Энергия. Работа. Теплота. Нулевой и первый законы термодинамики.
24. Основные законы термохимии.
25. Второй и третий законы термодинамики. Эксергия.
26. Теплопроводность. Конвективный теплообмен. Тепловое излучение.
27. Закон Фурье и уравнение Фурье-Кирхгофа.

28. Теплоотдача и теплопередача. Движущая сила. Коэффициенты теплоотдачи и их расчет при движении в трубах и каналах.
29. Конденсация и кипение. Коэффициенты теплоотдачи и их расчет при конденсации и кипении.
30. Поверхностные, смесительные и регенеративные теплообменники. Расчет теплообменных аппаратов.
31. Диффузия, закон Фика. Уравнения неразрывности, конвективной диффузии. Движущие силы.
32. Коэффициенты массоотдачи, массопередачи.
33. Материальные балансы, рабочие линии.
34. Расчет массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз. Методы расчета на основе коэффициентов массопередачи.
35. Расчет массообменных аппаратов со ступенчатым контактом фаз. Методы расчета на основе понятия теоретической ступени.
36. Кинетика сушки.
37. Сушилки со стационарным слоем.
38. Сушилки с псевдооживленным и движущимся слоем.
39. Описание роста кристаллов и зародышеобразования.
40. Типы кристаллизаторов.
41. Равновесие и массопередача в системах жидкость–газ.
42. Типы абсорбционных аппаратов, их математическое описание.
43. Ректификационные аппараты. Их типы.
44. Описание равновесия в системах жидкость–пар.
45. Расчет ректификационных аппаратов.
46. Равновесие и массопередача в системах жидкость–жидкость.
47. Типы экстракционных аппаратов.
48. Общая характеристика мембранных способов разделения смесей. Их классификация. Виды мембран.
49. Гомогенные изотермические реакторы. Классификация реакторов по гидродинамическому признаку. Реактор периодического действия. Проточный реактор с мешалкой.
50. Гетерогенные каталитические реакторы, классификация каталитических реакторов по конструктивному и гидродинамическим признакам. Горячие точки в реакторе со стационарным слоем катализатора.
51. Реакторы с псевдооживленным слоем катализатора.
52. Постановка задачи разработки математической модели химико-технологического процесса (ХТП).
53. Два подхода к составлению математической модели ХТП: детерминированный и стохастический. Возможности и сферы использования этих подходов к математическому моделированию ХТП.
54. Основные свойства химико-технологических систем (ХТС). Классификация ХТС по особенностям технологической структуры, или топологии.
55. Классификация ХТС по способу функционирования. Классификация моделей и понятие идентификации химико-технологических систем.

Результаты сдачи вступительного испытания оцениваются «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» по следующим критериям.

1. Знание сущности понятий, представленных в вопросе билета. Умение определить понятия, сформулировать определения, используя профессиональную и специальную лексику.

2. Умение показать связи между понятиями, представленными в вопросе билета, ответив на вопрос по существу.

3. Умение логически построить свой ответ; изложить материал по плану; показать способность к анализу и синтезу информации в области профессиональных знаний; умение классифицировать и группировать объекты и предметы профессиональной деятельности, отражённые в вопросе билета; способность дать развернутый аргументированный ответ.

4. Умение иллюстрировать суждения примерами из отечественной и мировой практики, демонстрировать профессиональный кругозор.

5. Способность ориентироваться в проблемных областях специальности и междисциплинарных областях знаний; умение конкретно и по существу отвечать на дополнительные вопросы.

Показатели оценки результатов вступительного испытания

Оценка	Критерии оценки
Отлично	Полный и правильный ответ на вопрос, наличие развернутой теоретической информации, необходимых определений и формул, отсутствие ошибок и неточностей
Хорошо	Правильный ответ на вопрос, отсутствие некоторых необходимых определений или формул, отсутствие ошибок и неточностей
Удовлетворительно	Неполный, но правильный ответ на вопрос, допущены неточности в ответе на вопрос
Неудовлетворительно	Не дано ответа или дан неправильный ответ на вопрос, продемонстрировано непонимание сущности предложенного вопроса, допущены грубые ошибки при ответе на вопрос

Оценка за ответы по билету определяется:

«отлично» – если не менее двух ответов на вопросы билета оценены «отлично» и один «хорошо»;

«хорошо» – если не менее двух ответов на вопросы билета оценены «отлично» и «хорошо», а один – «удовлетворительно»;

«удовлетворительно» – если более одного ответа на вопросы билета оценены «удовлетворительно»;

«неудовлетворительно» – если хотя бы один из ответов на вопросы билета оценен «неудовлетворительно», при отсутствии «хороших» и «отличных» оценок.