

Вступительные испытания в аспирантуру предназначены для определения теоретической и практической подготовленности магистра или специалиста к выполнению профессиональных задач в области химической технологии.

Специалист или магистр, поступающий в аспирантуру по направлению 18.06.01 «Химическая технология», должен быть подготовлен к решению задач в области будущей профессиональной деятельности.

Область профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу аспирантуры по направлению подготовки 18.06.01 «Химическая технология» включает:

- методы, способы и средства получения веществ и материалов с помощью физических, физико-химических и химических процессов, производство на их основе изделий различного назначения;
- физико-химические методы обработки материалов;
- создание, внедрение и эксплуатация производств основных неорганических веществ, строительных материалов, продуктов основного и тонкого органического синтеза, полимерных материалов, продуктов переработки нефти, газа и твердого топлива, лекарственных препаратов, энергонасыщенных материалов и изделий на их основе;
- подготовка кадров высшего профессионального образования в области химической технологии.

Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие программу аспирантуры:

- научно-исследовательская деятельность в области химической технологии;
- преподавательская деятельность по образовательным программам высшего профессионального образования.

В соответствии с направленностью программы подготовки в основу данной программы вступительных испытаний положены наиболее значимые вопросы дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии».

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОТВЕТОВ

### при проведении вступительных испытаний в аспирантуру

Вступительные испытания при поступлении в аспирантуру проходят в форме устного экзамена по основной профилирующей дисциплине: «Процессы и аппараты химической технологии».

Оценка ответов поступающих проводится по балльной шкале; максимальная оценка вступительного испытания составляет **100 баллов** и складывается из суммы баллов, набранных при ответах на вопросы по каждой дисциплине. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, составляет **30 баллов**. Лист задания на вступительных испытаниях включает 5 вопросов по следующим темам:

- гидромеханические процессы (1 вопрос);
- тепловые процессы (1 вопрос);
- массообменные процессы (2 вопроса);
- характеристика научной работы, предварительно проведенной соискателем и анализ возможных тематик предполагаемой научно-исследовательской работы, которую он собирается проводить при обучении в аспирантуре (1 вопрос).

Время, отводимое на подготовку и ответы на вопросы, составляет не более 120 минут.

При оценке ответов при проведении вступительных испытаний в аспирантуру учитывается:

- правильность и осознанность изложения ответов на вопросы;
- полнота раскрытия понятий и закономерностей, точность употребления и трактовки общенаучных, специальных, технических и технологических терминов;
- самостоятельность ответа;
- речевая грамотность и логическая последовательность ответа.

Ответы поступающих в аспирантуру оцениваются по столбальной шкале исходя из следующих критериев:

**81 – 100 баллов:** даны полные, исчерпывающие ответы на все вопросы, в том числе, на дополнительные, поступающий свободно владеет необходимыми знаниями и навыками;

**61– 80 баллов:** даны полные ответы на поставленные вопросы, однако поступающий испытывает затруднения при ответе на дополнительные вопросы, имеются некоторые неточности при изложении материала;

**31 – 60 баллов:** в ответе отражены лишь самые основные закономерности описываемых процессов и явлений, поступающий испытывает затруднения при ответах на основные и дополнительные вопросы.

## **ВОПРОСЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

**для поступления в аспирантуру по направлению «Химическая технология», направленность программы 2.6.13 «Процессы и аппараты химической технологии»**

### **ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ**

#### **I. Гидростатика**

1. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.
2. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение.

#### **II. Гидродинамика**

1. Дифференциальные уравнения движения Эйлера. Уравнение Бернулли, примеры использования его в инженерных расчётах.
2. Закон внутреннего трения Ньютона. Уравнение Навье-Стокса для несжимаемой жидкости.
3. Основы теории подобия, гидродинамическое подобие. Критерии гидродинамического подобия. Теоремы подобия. Физическое моделирование гидромеханических процессов.
4. Гидравлические сопротивления при движении жидкости в трубопроводах и аппаратах. Расчёт гидравлического сопротивления сети.
5. Движение тел в жидкостях. Движение жидкостей через неподвижные слои зернистых материалов.
6. Гидродинамика псевдооживленных слоев зернистых материалов.
7. Барботаж газа. Пленочное течение жидкостей.
8. Перемешивание в жидких средах. Пневматическое и механическое перемешивание. Перемешивание с помощью насосов. Устройство мешалок.
9. Перемещение жидкостей. Классификация насосов, основные параметры насосов. Напор насоса и высота всасывания. Поршневые, центробежные насосы, насосы других типов. Совместная работа насоса и трубопроводной сети, определение рабочих точек насоса.

10. Разделение неоднородных (гетерогенных) систем. Отстаивание, скорость свободного и стесненного осаждения. Отстойники.
11. Центрифугирование. Центробежная сила и фактор разделения. Устройство и расчет центрифуг.
12. Фильтрование, способы фильтрования. Фильтровальные перегородки. Устройство и расчет фильтров.
13. Гравитационная очистка газов. Очистка газов под действием центробежных сил. Очистка газов фильтрованием.

### **ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ**

1. Основы теории теплообмена.
2. Способы передачи теплоты. Движущая сила теплообменных процессов. Тепловые балансы.
3. Уравнения теплоотдачи и теплопередачи. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи.
4. Передача тепла теплопроводностью. Уравнения Фурье, коэффициент теплопроводности. Теплопроводность плоских, цилиндрических и сферических стенок.
5. Конвективный теплообмен. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена и преобразование его с помощью теории подобия. Определяемые и определяющие критерии конвективного теплообмена.
6. Тепловое излучение. Законы теплового излучения.
7. Теплопередача через плоские и цилиндрические стенки. Расчет коэффициента теплопередачи. Средняя разность температур теплоносителей.
8. Нагревание водой, водяным паром и высокотемпературными теплоносителями. Охлаждение до обыкновенных и низких температур.
9. Особые случаи теплообмена: теплообмен при конденсации пара, теплообмен при кипении жидкости.
10. Типы теплообменных аппаратов. Устройство и порядок расчета рекуперативных подогревателей, холодильников, испарителей, конденсаторов.
11. Выпаривание. Способы выпаривания. Однокорпусные выпарные установки. Материальный и тепловой балансы, расчет поверхности нагрева. Полезная разность температур, температурные потери. Многокорпусные выпарные установки (МВУ). Материальный и тепловой балансы МВУ. Общая (суммарная) полезная разность температур в МВУ и ее распределение по корпусам. Устройство и расчет выпарных установок.

### **МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ**

## **I. Общие понятия**

1. Классификация массообменных процессов. Движущая сила массообменных процессов. Выражение движущих сил процессов массопередачи.
2. Фазовое равновесие. Законы Генри, Рауля, Дальтона и использование их при расчёте равновесия между жидкостью и газом (паром).
3. Энергия Гиббса и использование её при описании фазового равновесия в системах жидкость–газ и жидкость–жидкость.
4. Молекулярная и конвективная диффузия. Закон Фика. Дифференциальное уравнение диффузии в неподвижной среде. Коэффициенты молекулярной диффузии и зависимость их от температуры и давления.
5. Конвективный массообмен. Дифференциальное уравнение конвективного массообмена и преобразование его с помощью теории подобия. Критерии подобия.
6. Модели процессов массообмена (плёночная модель, модель проникания, модель диффузионного пограничного слоя).
7. Уравнения массоотдачи и массопередачи, коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Число единиц переноса и высота единицы переноса. Понятие теоретической ступени. Расчёт основных размеров массообменных аппаратов.

## **II. Абсорбция**

1. Равновесие между фазами при абсорбции. Материальный и тепловой баланс процесса. Уравнение рабочей линии. Расход абсорбента.
2. Устройство и режимы работы абсорбционных аппаратов. Расчет насадочных и тарельчатых абсорберов.

## **III. Дистилляция и ректификация.**

1. Равновесие в системах жидкость-пар.
2. Закон Рауля, идеальные, реальные и азеотропные смеси.
3. Дистилляция, принципиальная схема и материальный баланс.
4. Непрерывно и периодически действующие ректификационные установки. Материальный баланс, уравнения рабочих линий.
5. Минимальное и действительное флегмовые числа. Тепловой баланс ректификационной колонны.
6. Ректификация многокомпонентных смесей. Устройство и расчет ректификационных колонн.

## **IV. Жидкостная экстракция.**

1. Равновесие в системе жидкость-жидкость. Треугольная диаграмма. Одноступенчатая экстракция, материальный баланс.

2. Многоступенчатая противоточная экстракция, материальный баланс.
3. Устройство экстракторов. Выбор экстрагента.
4. Схема экстракционных установок.

#### **V. Сушка конвективная и контактная.**

1. Выражение движущей силы процесса сушки. Материальный и тепловой балансы конвективных и контактных сушилок. Расчёт сушилок на основе понятия “напряжение по влаге”. Конструкции конвективных и контактных сушилок.

#### **VI. Процессы растворения и кристаллизации.**

1. Равновесие при кристаллизации. Скорость процессов кристаллизации. Влияние условий кристаллизации на свойства кристаллов. Устройство кристаллизаторов и их расчёт.

#### **VII. Массообмен через полупроницаемые перегородки (мембраны).**

1. Физико-химические основы мембранных процессов. Обратный осмос, ультра- и микрофильтрация.
2. Виды мембран.
3. Материальный баланс баромембранных процессов, расчет рабочей поверхности мембран. Мембранные аппараты: с плоскими, трубчатыми и рулонными мембранными элементами.

### **Основная литература**

1. Бальчугов А. В. Насадочные контактные устройства для абсорбционных аппаратов : учеб. пособие / А. В. Бальчугов, В. В. Набока, В. М. Соломонова, Н. А. Набока. - Ангарск: АГТА, 2013. - 104 с.
2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник/ А. Г. Касаткин. - 15 изд., стер. - М.: Альянс, 2009. - 753 с.: ил.
3. Комиссаров Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие для вузов/ Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент; под ред. Ю. А. Комиссарова. - М.: Химия, 2011. - 1230 с.
4. Ульянов Б. А. Процессы и аппараты химической технологии в примерах и задачах: учеб. пособие / Б. А. Ульянов, В. Я. Бадеников, В. Г. Ликучев. - Ангарск: АГТА, 2006. - 743 с.
5. Щербин С. А. Основы теории теплообмена и теплообменные аппараты: учеб. пособие/ С. А. Щербин. - Ангарск: АГТА, 2014. - 159 с.
6. Щукина Л. В. Процессы и аппараты химической технологии. Гидромеханические процессы: учеб. пособие/ Л. В. Щукина, Л. И. Рыбалко, Е. В. Подоплелов. - Ангарск: АГТА, 2010. - 74 с.

### Дополнительная литература

1. Игнатович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты/ Э. Игнатович; пер. с нем. Л. Н. Казанцева. - М.: Техносфера, 2007. - 656 с.
2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов/ А. Г. Касаткин. - 13-е изд., стереотип. - М.: ООО ИД "Альянс", 2006. - 753 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию/ Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский; под ред. Ю. И. Дытнерского. - 3-е изд., стереотип. - М.: ООО ИД "Альянс", 2007. - 496 с.
4. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие/ К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. - 13-е изд., стереотип. - М.: ООО ТИД Альянс, 2006. - 576 с.
5. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие / под ред. А. А. Захаровой. - М.: Академия, 2006. - 528 с. - (Высшее профессиональное образование).
6. Расчет ректификационной установки непрерывного действия: учеб. пособие к курсовому проектированию/ Л. И. Рыбалко [и др.]. - Ангарск: АГТА, 2014. - 90 с.