МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»

Химический факультет

«Утверждаю»

Проректор по учебной работе,

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Т. Б. Смирнова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 г.

**Программа**

**вступительного испытания по химической технологии**

**для приема на основную образовательную программу**

**направления подготовки 18.04.01 «Химическая технология»,**

**профиль «Проектирование химико-технологических систем»**

Омск – 2017

Составители:

к.х.н., зав. кафедрой химической технологии Булучевский Е.А.

к.т.н., доцент кафедры химической технологии Носенко В.Н.

к.х.н., ст. преп. кафедры химической технологии Дюсембаева А.А.

Программа рассмотрена на заседании ученого совета химического факультета (протокол № 1 от 15 сентября 2017 г.).

Декан химического факультета \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И.В.Власова

**Процедура проведения вступительного испытания**

Вступительное испытание проводится в форме устного экзамена. Объем требований соответствует подготовке выпускников бакалавриата ОмГУ им. Ф.М. Достоевского по направлениям «Химическая технология» и «Химия», в частности содержанию изучаемых при подготовке бакалавров направления «Химическая технология» дисциплин «Процессы и аппараты химической технологии» и «Общая химическая технология», а также дисциплины «Химическая технология», изучаемой при подготовке бакалавров направления «Химия».

В состав экзаменационного билета входят три теоретических вопроса. Первый вопрос проверяет знания абитуриента в части теоретических основ химической технологии (раздел 1 программы). Второй вопрос проверяет уровень знаний абитуриентом основных закономерностей гидравлических, теплообменных и массообменных процессов (раздел 2 программы). При ответе на третий вопрос абитуриент должен продемонстрировать знание конкретных химических производств.

Время подготовки к экзамену: 60 минут.

**Программа вступительного испытания**

**Раздел 1. Теоретические основы химической технологии**

**Химическое производство.** Химико-технологический процесс.Классификация про-цессов химической технологии. Кинетические закономерности процесса. Законы сохранения массы, энергии и импульса. Законы равновесия. Законы переноса субстанции. Принципы моделирования химико-технологических процессов. Теория подобия. Анализ размерностей.

**Физико-химические основы химических процессов.** Термодинамика химическихпревращений. Энтальпия и энтропия. Характеристические функции. Энергия Гельмгольца, энергия Гиббса. Законы химического равновесия. Разные виды констант равновесия и связь между ними. Уравнение изотермы химической реакции. Уравнение изобары и изохоры реак-ции. Принцип смещения равновесия.

Основные понятия химической кинетики. Определение скорости реакции. Определе-ние константы скорости и порядка реакций. Молекулярность элементарных стадий. Влияние температуры на скорость реакции. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Энергия ак-тивации и ее определение на основе экспериментальных данных.

Макрокинетика гомогенных реакций. Простая реакция. Сложные реакции. Селектив-ность, выход, степень превращения. Макрокинетика гетерогенных реакций. Каталитический химический процесс. Области протекания реакции на зерне. Дезактивационные процессы на зерне катализатора. Процессы в химическом реакторе. Математические модели РИС, РИВ, РПС.

**Химико-технологическая система (ХТС) и основные принципы ее построения.**

Состав и структура ХТС. Элементы и связи ХТС. Модели ХТС. Материальный и тепловой балансы ХТС. Свойства ХТС. Эффективность организации процесса в ХТС. Синтез ХТС. За-дачи синтеза ХТС. Однородные ХТС. Система химических реакторов. Система разделения. Система теплообменников.

Концепция полного использования сырьевых ресурсов. Сырье в химическом произ-водстве. Вода и водоподготовка. Комбинированные химико-технологические процессы и комплексное использование сырья.

Концепция полного использования энергетических ресурсов. Энергия в химическом производстве. Вторичные энергетические ресурсы. Энерготехнологические системы. Концепция минимизации отходов. Отходы химического производства. Утилизация отходов химических производств.

Концепция эффективного использования оборудования. Оборудование химического производства. Совмещенные процессы. Перенастраиваемые ХТС.

**Раздел 2. Основные закономерности гидравлических, теплообменных и массообменных процессов в химической технологии**

**Основы гидравлики.** Гидравлика.Гидродинамика.Гидростатика.Жидкости в гид-равлике. Физические свойства жидкостей: Силы, действующие в реальной жидкости. Гидро-статика. Система дифференциальных уравнений Эйлера для покоящейся жидкости. Основ-ное уравнение гидростатики. Практическое применение основного уравнения гидростатики.

**Гидродинамика.** Основные характеристик потока.Понятие субстанциональной про-изводной. Режимы течения жидкости. Критерий Рейнольдса. Распределение скоростей в круглой трубе при установившемся ламинарном потоке вязкой жидкости. Уравнение Гагена-Пуазейля. Уравнение неразрывности потока в дифференциальной и ннтегральной формах. Система дифференциальных уравнений Эйлера для движущейся идеальной жидкости при установившемся и неустановившемся режимах. Система дифференциальных уравнений Навье-Стокса для движущейся реальной (вязкой) жидкости при установившемся потоке. Урав-нение Бернулли для движущейся идеальной жидкости при установившемся потоке. Практи-ческое применение уравнения Бернулли. Гидравлическое сопротивление в трубопроводах. Потери полного гидродинамического напора на преодоление сопротивления. Расчет коэф-фициента сопротивления трения. Коэффициент трения при ламинарном и турбулентном движениях.

**Гидравлические процессы.** Транспортирование жидкостей.Классификация,харак-теристика насосов (объемные и динамические) и их устройство. Рабочие характеристики насосов. Законы пропорциональности. Энергетические характеристики центробежных насо-сов.

**Неоднородные (гетерогенные) системы.** Методы разделения гетерогенных систем(осаждение; фильтрование). Материальный баланс гидромеханических процессов.

**Отстаивание:** сущность;преимущества;требования при отстаивании.Дифференци-альное и критериальное уравнения осаждения под действием силы тяжести (отстаивание). Скорость осаждения под действием силы тяжести частиц сферической формы в ламинарном потоке. Расчет отстойников (расчет связи между производительностью отстойника и его размерами). Осаждение под действием центробежной силы. Фактор разделения. Дифферен-циальное и критериальное уравнения осаждения под действием центробежной силы. Ско-рость осаждения под действием центробежной силы частиц сферической формы в ламинар-ном потоке. Аппараты для осаждения под действием центробежной силы (циклоны; отстой-ные центрифуги).

**Фильтрование** под действием перепада давления.Дифференциальное и критериаль-ное уравнения движения несжимаемой вязкой жидкости при фильтровании. Пористость зер-нистого слоя. Соотношение эквивалентного диаметра каналов и диаметра зерна. Скорость истинная при фильтровании. Скорость фильтрования. Сопротивление фильтрующего слоя. Удельное сопротивление фильтруемого материала. Основное кинетическое уравнение филь-трования (движущая сила и скорость фильтрования). Фильтрование при постоянном перепа-де давления. Фильтрование при постоянной скорости фильтрования. Центробежное филь-трование. Уравнение центробежного фильтрования. Аппараты для фильтрования (фильтры; фильтрующие центрифуги).

**Псевдоожижение зернистого материала**.Гидродинамика псевдоожиженного слоя.

Критическая скорость псевдоожижения. Аппараты и применение в промышленности. **Теплообменные процессы.** Примеры тепловых процессов.Теплоносители.Требова-

ния к теплоносителям. Виды переноса тепла. Сложный теплообмен. Способы распростране-ния тепла. Теплопроводность. Закон теплопроводности Фурье. Дифференциальное уравне-ние теплопроводности Фурье. Теплопроводность плоской стенки. Теплопроводность много-слойной стенки.

**Тепловое излучение.** Поглощательная способность тела.Отражательная способностьтела. Пропускательная способность тела. Абсолютно черное тело. Абсолютно белое тело. Абсолютно прозрачное тело. Серые (реальные) тела. Лучеиспускательная способность тела. Закон Стефана-Больцмана. Константа излучения абсолютно черного тела. Степень черноты тела. Закон Кирхгофа. Зависимость между степенью черноты тела и его поглощательной способностью. Расчет лучистого теплообмена между двумя телами (между плоскими телами, параллельно расположенными; между телами, одно из которых полностью охватывает дру-гое; между произвольно расположенными в пространстве телами). Тепловое излучение газов. Практическое применение.

**Конвекция.** Естественная конвекция.Вынужденная конвекция.Дифференциальноеуравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа.

**Теплоотдача** (конвективный теплообмен):Закон Ньютона.Естественная теплоотда-ча. Вынужденная теплоотдача. Движущая сила теплоотдачи. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Критериальное уравнение конвективного теплообмена. Критерии теплового подобия. Коэффициент теплоотдачи; термическое сопротивление теплоотдачи. Распространение тепла одновременно конвекцией и тепловым излучением.

**Теплопередача.** Основное уравнение теплопередачи.Движущая сила теплопередачи.Средняя движущая сила теплопередачи. Тепловой поток. Коэффициент теплопередачи; тер-мическое сопротивление теплопередачи. Тепловой баланс. Схемы относительного движения теплоносителей (прямоток; противоток; смешанный ток; перекрестный ток). Прямоток: гра-фическая интерпретация; температурный напор; зависимость температурного напора от рас-хода теплоносителей. Противоток: графическая интерпретация; температурный напор; зави-симость температурного напора от расхода теплоносителей. Вывод средней движущей силы теплопередачи при прямотоке и противотоке. Выбор взаимного направления теплоносите-лей.

Тепловая аппаратура. Теплообменники и конденсаторы: классификация; характери-стика. Нагревательные печи: классификация; параметры.

**Массообменные процессы.** Виды переноса массы:молекулярная диффузия и конвек-тивная диффузия. Способы переноса массы: массоотдача; массопередача.

Молекулярная диффузия (массопроводность). Первый закон Фика. Второй закон Фика (дифференциальное уравнение молекулярной диффузии). Конвекция (конвективная диффу-зия). Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.

**Массоотдача** (конвективная диффузия).Закон Щукарева.Система дифференциаль-ных уравнений конвективной диффузии. Критериальное уравнение конвективной диффузии. Критерии массообмена.

**Массопередача.** Распределяющие фазы;распределяемое вещество.Схемы относи-тельного движения распределяющих фаз (прямоток; противоток). Материальный баланс для прямотока (противотока). Расчет расхода распределяющих фаз. Уравнения рабочих линий. Основное уравнение массопередачи. Движущая сила массопередачи. Средняя движущая си-ла массопередачи. Массовый поток. Коэффициент массопередачи. Соотношения между рав-новесными концентрациями: линейная связь; нелинейная связь. Число единиц переноса: определение. Расчет поверхности массообмена, числа единиц переноса. Графическое инте-грирование при определении числа единиц переноса. Расчет средней движущей силы массо-передачи для нелинейной зависимости между равновесными концентрациями. Расчет сред-ней движущей силы массопередачи для линейной зависимости между равновесными концен-трациями.

Модифицированные уравнения массопередачи. Высота единицы переноса. Вспомога-тельный прием для определения числа единиц переноса через ступени изменения концентра-ций. Расчет коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи.

**Ректификация.** Идеальные растворы.Фазовое равновесие в системе жидкость-пар(бинарных жидких смесей). Ректификационный аппарат: нижняя (укрепляющая) часть и верхняя (исчерпывающая) часть. Принципиальная схема ректификации. Флегмовое число. Паровое число. Вывод уравнения рабочих линий для верха и низа колонны из общего для всех массообменных процессов материального баланса. Принцип построения рабочих линий. Выбор флегмового числа в интервале от минимального до максимального числа. Зависи-мость между флегмовым числом и движущей силой, числа ступеней изменения концентра-ций, высотой колонны, диаметром колонны, расходом греющего пара. Теоретическая тарел-ка; действительная тарелка. Коэффициент полезного действия тарелки. Коэффициент полез-ного действия колонны. Тепловой баланс колонны. Ректификационные аппараты. Основные типы контактных устройств.

**Экстракция.** Определение экстракции.Применение.Принципиальная схема экстрак-ции: исходная смесь; экстрагент; экстракт; рафинат. Фазовое равновесие в системе жид-кость–распределяемое вещество–жидкость. Закон распределения и коэффициент распреде-ления. Причины отклонения от закона распределения. Треугольные диаграммы. Изображе-ние процессов разбавления (концентрирования) и смешения (разделения) на диаграмме. Изображение равновесия на треугольной диаграмме. Равновесная кривая, хорды равновесия и критическая точка. Влияние температуры на равновесие при экстракции. Материальный баланс экстракции. Селективность экстрагента. Принципиальные схемы экстракции.

**Абсорбция.** Определение.Применение.Избирательность и обратимость процесса.Десорбция. Физическая абсорбция. Хемосорбция. Фазовое равновесие в системе газ-жидкость. Константа фазового равновесия. Закон Генри (закон растворимости газов в жид-кости). Коэффициент Генри. Функциональные зависимости между равновесными составами фаз: закон Дальтона; закон Рауля. Теплота абсорбции (количество теплоты, выделяющееся при абсорбции). Факторы, улучшающие условия абсорбции. Факторы, способствующие де-сорбции. Материальный баланс абсорбции. Кинетические закономерности абсорбции. Прин-ципиальные схемы абсорбции: прямоточная; противоточная; схемы с рециркуляцией, много-ступенчатая. Абсорбционные аппараты. Основные типы контактных устройств.

**Адсорбция.** Определение.Применение.Избирательность и обратимость процесса.Природа поглощаемого вещества. Природа адсорбента. Основные типы адсорбентов. Изо-термы адсорбции. Теплота адсорбции. Активность адсорбента: статическая активность; ди-намическая активность. Факторы процесса адсорбции. Материальный баланс процесса ад-сорбции. Кинетические закономерности адсорбции. Принципиальные схемы адсорбции. Ад-сорберы.

**Раздел 3. Химические производства.**

Производство серной кислоты. Производство аммиака. Производство азотной кислоты. Первичная переработка нефти. Вторичная переработка нефти. Глубина переработки. Углубляющие и облагораживающие процессы нефтепереработки. Термические процессы нефтепереработки. Крекинг, коксование, пиролиз. Каталитический крекинг нефтяных фракций. Каталитический риформинг бензинов. Гидроочистка и гидрокрекинг нефтяных фракций. Нефтехимия. Производство стирола и полистирола.

**Литература для подготовки**

**Основная литература**

1. Процессы и аппараты химической технологии: Общий курс : в 2-х кн. / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др. ; под ред. В.Г. Айнштейн. - 5-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 1759 с.; [Электронный ресурс]. URL: <http://lanbook.com/view/book/>42602.
2. Леонтьева, А.И. Оборудование химических производств: в 2 частях / А.И. Леонтьева - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - Ч. 1. - 234 с. ; [Электронный ресурс]. - URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277812>
3. Процессы и аппараты химической технологии : практикум : в 2 частях . Ч.2. / Сост. А.А. Дюсембаева , В.Н. Носенко. Ом. гос. ун-т им. Ф. М. Достоевского. - Омск: Издательство ОмГУ, 2014. -51 с.- Режим доступа: <http://www.library.omsu.ru>
4. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии, М.: Химия, 1999.

### Дополнительная литература

1. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. 2-е изд. В 2-х кн.: Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия, 1995. 400 с.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. 2-е изд. В 2-х кн.: Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты. М.: Химия, 1995. 368 с.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 2005. – 560с.
4. Алексеев, В.В. Лабораторный практикум по машинам и аппаратам химических производств : учебное пособие / В.В. Алексеев ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2011. - 212 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1203-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258707](https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=258707).
5. Гроховский, Д.В. Основы гидравлики и гидропривод: учебное пособие / Д.В. Гроховский. - СПб.: Политехника, 2012. - 239 с. : схем. - ISBN 978-5-7325-0962-5; То же [Электронный ресурс]. URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=124242](https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=124242)
6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты ХТ. М. Химия. 1971.
7. Амелин А.Г. Общая химическая технология, М.: Химия, 1987.
8. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть вторая. Деструктивные процессы. – М .: КолосС, 2007. – 334с.: ил.
9. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефехимического синтеза. М.: Химия, 1981.

**Критерии оценок**

Максимальная оценка за ответы на вопросы билета — 100 баллов, в т.ч. 30 баллов за ответ на первый вопрос, 40 баллов за второй и 30 баллов за третий вопрос. Уровень минимальной положительной оценки — 30 баллов, при условии ненулевого ответа на каждый из трех вопросов. При оценке ответов абитуриентов на вступительных экзаменах учитываются такие критерии как полнота и правильность ответа на вопросы экзаменационного билета, логичное изложение и структурирование материала.

Основаниями для снижения оценки являются: фактические ошибки и (или) неточности в ответе абитуриента, искажение смысла излагаемых теоретических положений (научных концепций), пропуск абитуриентом существенной части программного материала по соответствующему вопросу, нарушение логики изложения материала, стилистические погрешности и т.д. Ответ на каждый вопрос экзаменационного билета оценивается отдельно каждым экзаменатором. Оценка комиссии за экзамен выставляется на основе обсуждения ответа абитуриента и оценок, выставленных всеми членами комиссии по каждому вопросу экзаменационного билета. Итоговая оценка выводится посредством суммирования оценок комиссии по всем вопросам экзаменационного билета.

**Образец контрольно-измерительных материалов**

**БИЛЕТ № 1**

1. Макрокинетика гомогенных реакций. Простая реакция. Сложные реакции. Селективность, выход, степень превращения. Макрокинетика гетерогенных реакций. Каталитический химический процесс. Области протекания реакции на зерне катализатора.
2. Ректификация. Принципиальная схема ректификации: допущения и вывод материального баланса по всему потоку и по концентрации низкокипящего компонента. Флегмовое число. Паровое число.
3. Каталитический риформинг бензиновых фракций.