

**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор БГТУ им. В.Г. Шухова

проф. С.Н. Глаголев

2017 г.



## **ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В АСПИРАНТУРУ**

по дисциплине «Специальность»

по направлению подготовки: 18.06.01 – Химическая технология

направленность программы: Процессы и аппараты химических технологий

### **1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Программа вступительных испытаний предназначена для поступающих на образовательную программу высшего образования - программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 18.06.01 – «Химическая технология», профиль «Процессы и аппараты химических технологий».

Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования подготовки 18.06.01 Химическая технология, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 883.

Целью вступительного испытания является выявление среди поступающих в аспирантуру наиболее способных и подготовленных к освоению образовательных программ высшего образования – программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, подтверждение поступающими в аспирантуру теоретических знаний в области процессов и аппаратов химической технологии (ПАХТ) и профессиональных компетенций, позволяющих обеспечить в будущем подготовку в аспирантуре и сдачу кандидатского экзамена по специальной дисциплине. Вступительные испытания проводятся в форме устного вступительного экзамена.

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать знания и умения в области ПАХТ, соответствующие предшествующему уровню подготовки.



## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Наименование тем, их содержание, рекомендуемая литература

#### **Тема 1. Техническая термодинамика и энерготехнология химических производств**

Законы термодинамики для открытых систем, анализ основных процессов в открытых системах: ступени турбины и компрессора, эжекторы, сопла, анализ высокотемпературных тепловыделяющих и теплоиспользующих установок, циклические процессы преобразования теплоты в работу, тепло-силовые установки, холодильные машины, тепловые насосы; основы термодинамики неравновесных процессов

#### **Тема 2. Явления переноса**

Общие сведения по гидравлике; закон вязкости Ньютона, зависимость вязкости от температуры и давления; понятие об идеальной жидкости; силы, действующие в реальной жидкости; гидродинамический пограничный слой; обтекание жидкостью пластины, сферы, цилиндра; течение тонкой жидкой пленки по вертикальной поверхности; гидродинамика всплывания одиночного газового пузырька; элементы гидродинамики массового барботажа; дробление и коалесценция капель; особенности неньютоновских жидкостей.

Основное уравнение переноса субстанций; уравнение неразрывности, переноса количества движения, уравнения Эйлера, Бернулли; особенности течения потока через зернистый (насадочный) слой.

Перенос энергии; теплопроводность, тепловое излучение, конвекция, конвекция и теплоотдача; дифференциальное уравнение теплопроводности в неподвижной среде; распределение температуры в твердых телах, ламинарных и турбулентных потоках.

Уравнения сохранения энергии; уравнения теплового баланса; теплопередача при нестационарном и стационарном режимах.

Перенос массы; дифференциальное уравнение конвективного переноса массы; распределение концентраций в турбулентном потоке; массоперенос внутри капель и газовых пузырьков; распределение концентраций по толщине стекающей по твердой поверхности жидкой пленки.

Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений; движущая сила массообменных процессов; перенос вещества в твердых частицах в процессах сорбции, сушки и др.

#### **Тема 3. Основные процессы и аппараты химической технологии**

Гидродинамика и гидродинамические процессы: основные уравнения движения жидкостей, гидродинамическая структура потоков, перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов, разделение жидких и газовых неоднородных систем, перемешивание в жидких средах.

Тепловые процессы и аппараты: основы теории передачи теплоты, промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре.

Пути повышения эффективности массообменных процессов (интенсивные гидродинамические режимы, пульсации, воздействие электрических,



магнитных и акустических полей и т.п.); методы оценки эффективности массообменных процессов

#### **Тема 4. Общая химическая технология**

Химическое производство, иерархическая организация процессов в химическом производстве, критерии оценки эффективности производства, общие закономерности химических процессов, промышленный катализ.

Химические реакторы: основные математические модели процессов в химических реакторах, изотермические и неизотермические процессы в химических реакторах, промышленные химические реакторы.

Химико-технологические системы (ХТС): структура и описание ХТС, синтез и анализ ХТС, сырьевая и энергетическая подсистемы ХТС, энергия в химическом производстве, важнейшие промышленные химические производства.

#### **Тема 5. Системы управления химико-технологическими процессами**

Основные понятия управления технологическими процессами.

Основы теории автоматического управления: декомпозиция систем управления, статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления, передаточные функции, типовые динамические звенья систем управления.

Системы автоматического регулирования: статические и динамические характеристики объектов управления, переходные процессы, запаздывание и устойчивость систем регулирования, основные законы управления, релейное регулирование.

Диагностика химико-технологического процесса: методы и средства диагностики, государственная система приборов, элементы метрологии, контроль основных технологических параметров, основы проектирования автоматических систем управления, типовые системы автоматического управления в химической промышленности.

#### **Тема 6. Основы системного анализа и методы кибернетики**

Основные принципы системного анализа, взаимосвязь явлений в отдельных процессах и аппаратах, иерархия явлений и их соподчиненность в изучении процессов и аппаратов, иерархическая структура химического производства, взаимовлияние аппаратов, декомпозиция, реализация стратегии системного анализа в диалоговом режиме "человек-ЭВМ"; принципы кибернетической организации производств, передача функций управления собственному объекту: методы статистического анализа в оценке параметров моделей и их использования в системах управления, проверка статистических гипотез, алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа, критерии оптимальности, их математическое представление, экономическая эффективность технологических процессов, методы оптимизации классического математического анализа, метод неопределенных множителей Лагранжа, динамическое программирование, принцип максимума, линейное и нелинейное программирование, методы оптимизации для объектов химической технологии



## **Тема 7. Математическое моделирование химико-технологических процессов**

Методологические основы построения математических моделей процессов химической технологии, уравнения баланса вещества, энергии и импульса, структура потоков, гидродинамическая основа математических моделей, математические модели массообменных процессов абсорбции, экстракции, ректификации, кристаллизации; тепловых – теплообменников, сушки, выпарки; реакторных – жидкофазных, контактно-каталитических, суспензионных; стехиометрический анализ, механизмы реакций, кинетика, идентификация моделей, оценка адекватности моделей, методы решения уравнений и анализ протекания процессов

## **Тема 8. Принципы построения и математического моделирования химико-технологических систем**

Методология математического моделирования технологических схем химической и нефтеперерабатывающей промышленности, методы составления и расчета материально-энергетических балансов и степеней свободы химико-технологических систем, технологические операторы, принципы построения матричных и топологических моделей в виде потоковых графов, информационных и сигнальных графов, структурных и сетевых, оптимальные алгоритмы стратегии расчета статических и динамических режимов сложных химико-технологических систем

## **Тема 9. Макрокинетика химических процессов**

Микро и макрокинетика протекания химических процессов, стехиометрия, маршруты протекания химических реакций, методы дискриминации маршрутов, учет влияния диффузионных и тепловых воздействий на кинетику химических реакций, химические реакции в зерне катализатора, в слое, в аппарате, алгоритмы расчета химических реакторов гомогенных (жидко- и газофазных), гетерогенных (жидкость-жидкость, газ-жидкость, жидкость-твердое, газ-жидкость-твердое)

### **Рекомендуемая литература:**

1. **Ахназарова С. Л., Кафаров В. В.** Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. – М.: Высш. шк., 1985. – 327с.
2. **Бабушкин В. И., Матвеев Г. М., Мчедлов-Петросян О. П.** Термодинамика силикатов. – М.: Стройиздат, 1986. – 408 с.
3. **Бояринов А. И., Кафаров В. В.** Методы оптимизации в химической технологии. – М.: Химия, 1975. – 576 с.
4. **Бродянский В. М., Фратшер В., Михалек К.** Эксергетический метод и его применение. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
5. **Воробьев Х. С., Мазуров Д. Я., Соколов А. А.** Теплотехнические процессы и аппараты силикатных производств. – М.: Высш. шк., 1962. – 420 с.
6. **Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки / Под. ред. А. Д. Ключникова.** – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 336 с.



7. **Гохштейн Д. П.** Современные методы термодинамического анализа энергетических установок. – М.: Энергия, 1969. – 368 с.
8. **Дульнев Г. Н., Новиков В. В.** Процессы переноса в неоднородных средах. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. – 248 с.
9. **Закгейм А. Ю.** Введение в моделирование химико-технологических процессов. – М.: Химия, 1982. – 288 с.
10. **Исаченко В. П., Осипова В. А., Суномел А. С.** Теплопередача. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 416 с.
11. **Касаткин А. Г.** Основные процессы и аппараты химической технологии (любое издание).
12. **Кафаров В. В., Глебов М. Б.** Математическое моделирование основных процессов химических производств. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.
13. **Кафаров В. В.** Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1985. – 448 с.
14. **Кафаров В. В.** Принципы создания безотходных химических производств. – М.: Химия, 1982. – 288 с.
15. **Кафаров В. В., Дорохов И. Н.** Системный анализ процессов химической технологии. Основы стратегии. – М.: Наука, 1976. – 499 с.
16. **Кафаров В. В., Макаров В. В.** Гибкие автоматизированные системы в химической промышленности. – М.: Химия, 1990. – 320 с.
17. **Кафаров В. В., Мешалкин В. П., Перов В. Л.** Математические основы автоматизированного проектирования химических производств. Методология проектирования и теория разработки оптимальных технологических схем. – М.: Химия, 1979. – 320 с.
18. **Патанкар С.** Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкостей. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
19. **Плановский А. Н., Рамм В. М., Каган С. З.** Процессы и аппараты химической технологии (любое издание).
20. **Сажин Б. С., Булеков А. П.** Эксергетические методы в химической технологии. – М.: Химия, 1992. – 208 с.
21. **Трубаев П. А.** Моделирование и оптимизация технологических процессов производства строительных материалов. – Белгород, 1999. – 178 с.
22. **Хакен Г.** Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 404 с.
23. **Цибровский Я.** Основы процессов химической технологии. – Л.: Химия, 1967. – 720 с.

Программа разработана базовой кафедрой по направленности образовательной программы – кафедрой Технологии стекла и керамики.

Составитель программы:

Д-р техн. наук, доц.  Трубаев П.А.

Заведующий кафедрой:

Д-р техн. наук, проф.  Евтушенко Е.И.