

**«ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ  
ПРЕДПРИЯТИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА»,**

**«ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ»**

# Литература

- 1. Проектирование и расчёт аппаратов основного органического и нефтехимического синтеза. Под ред. Лебедева Н.Н., М., «Химия», 1995 г.
- 2. Основы проектирования химических производств. Под. ред. Михайличенко А.И., М., «Академкнига», 2005 г.
- 3. Рейхсфельд В.О., Еркова Л.Н., Оборудование производств основного органического синтеза и синтетического каучука. М., «Химия», 1974 г.
- 4. Основы проектирования и оборудование предприятий органического синтеза: учеб. пособие / Г. М. Давидан, И. В. Мозговой, А. Г. Нелин, Е. Д. Скутин. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. 240 с.
- 5. Рудин М.Г., Смирнов Г.Ф., Проектирование нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов. Л., «Химия», 1984 г.
- 6. Рейхсфельд В.О., Шеин В.С., Ермаков В.И., Реакционная аппаратура и машины заводов основного органического синтеза и синтетического каучука., М., «Химия», 1985 г.

## Цели и задачи дисциплины

- *Целью* освоения дисциплины «Основы проектирования и оборудование предприятий органического синтеза» является формирование целостного восприятия комплекса технологических знаний в области оборудования и технологического проектирования производств органического синтеза.
- *Задачи* изучения дисциплины:
  - Ознакомление с назначением, принципом действия и устройством химического оборудования органических производств;
  - Приобретение навыков технологического и конструкционного расчета оборудования.

# Понятие проектирования

- **Проектирование химических производств** – процесс создания комплекта технических документов - проектно-сметной документации (ПСД), необходимых для обеспечения финансирования работ, заказа на строительные материалы и изготовления оборудования, строительства предприятия, монтажа оборудования и приборов, его пуска и вывода на заданную производительность.
- ПСД, представляющая собой совокупность чертежей и текстовых материалов, описывает и изображает будущее производство в целом или его составные части в отдельности. Строительно-монтажные организации потом осуществляют на основе ПСД возведение объектов в точном соответствии с замыслами проектировщиков.
- В задачу проектирования химических производств входит:
  - строительство новых производств;
  - реконструкция действующих производств;
  - диверсификация (расширение номенклатуры продукции) действующих производств.

## Этапы проектирования

- Проектирование включает два этапа:
  - Решение задачи расчётно-технологического – так называемого концептуального проектирования (это предмет данного курса);
  - Решение задачи инженерно-технического – так называемого рабочего проектирования.

- **Расчётно-технологическое проектирование** (концептуальное) включает в себя:
  - Синтез оптимальных производств;
  - Расчёт материальных и энергетических балансов;
  - Выбор и расчёт технологических размеров аппаратов;
  - Гидравлический расчёт трубопроводных систем, выбор насосов и компрессоров;
  - Прочностной расчёт технологического оборудования и трубопроводных систем;
  - Синтез оптимальной системы управления и выбор КИПиА.

- **Инженерно-техническое рабочее проектирование** выполняется на основе данных, полученных при расчётно-технологическом проектировании, и включает в себя:
  - Компоновка оборудования;
  - Обвязка оборудования технологическими трубопроводами;
  - Разработка строительных конструкций (архитектурно-строительное проектирование);
  - Организация водоснабжения и водоотведения (проектирование систем водоснабжение и канализации);
  - Проектирование систем вентиляции и кондиционирования;
  - Проектирование КИПиА;
  - Проектирование кабельных конструкций (электрообеспечения).

## Характеристика химического производства, как объекта проектирования

- Любой объект проектирования (аппарат, узел, химико-технологическая установка, химический цех и т.п.) может быть представлен как некоторая химико-технологическая система (ХТС).
- ХТС – совокупность взаимосвязанных технологическими потоками и действующих как единое целое аппаратов (элементов), в которых осуществляется определённая последовательность технологических операций (подготовка сырья, химическое превращение, выделение и очистка и др.).
- Характерными признаками ХТС являются:
  - Общая цель функционирования всей системы;
  - Большие размеры, как по числу элементов, так и по числу параметров;
  - Сложность поведения системы;
  - Высокая степень автоматизации процессов управления.
- Элемент ХТС – это аппарат (или часть аппарата), в котором протекает какой-либо химико-технологический процесс.
- Функционирование ХТС – последовательная смена состояний системы на некотором отрезке времени.

- Входные переменные ХТС (ВПХТС) – физические параметры входных потоков сырья, а также параметры физико-химического воздействия окружающей среды на процесс функционирования ХТС ( $t$ ,  $p$ , состав и т.п.).
- Выходные переменные – физические параметры выходных потоков ХТС.
- Состояние ХТС – определяется набором выходных переменных.
- Параметры технологических режимов элементов ХТС (ПТРЭХТС) – факторы внутри элементов ( $t$ ,  $P$ , кат. и др.).
- Параметры ХТС (ПХТС) – делятся на конструкционные и технологические. Конструкционные параметры – геометрические характеристики элементов ХТС (объём реактора, длина, диаметр и т.п.). Технологические параметры – степень превращения, степень разделения, коэффициенты тепло- и массопередачи, константы равновесия и константы скорости и т.п.).

- Характер функционирования ХТС (закон изменения состояния системы) определяется параметрами ХТС и параметрами ПТРЭХТС.
- Состояние ХТС определяется параметрами ХТС, параметрами технологических режимов элементов ХТС и входными переменными ХТС.
- Качество функционирования ХТС – определяется показателями эффективности функционирования ХТС – это числовые показатели, характеризующие способность системы выполнять поставленные перед ней задачи.

- Управление ХТС – процесс сбора, передачи и обработки информации организуется на технологическом и организационном уровне и реализуется системой автоматического управления (САУ).
- Химическое производство в целом – совокупность двух подсистем: ХТС + САУ.
- Взаимосвязь между подсистемами химического производства определяется иерархической системой, состоящей из 3-4 уровней иерархии:
  - низшая ступень иерархической структуры – элемент ХТС и локальная САУ;
  - вторая – ХТС-мы, соответствующие цехам и САУ цехов;
    - третья – ХТС-мы, соответствующие отдельным производствам и системы технологического и организационного управления химическим производством;
    - высшая ступень – совокупность химических производств, вспомогательных служб и подразделений и автоматизированная информационная система организационного управления химическим предприятием в целом.

- Цель функционирования химического предприятия – выполнение производственной программы (плана) по выпуску заданного ассортимента химической продукции в соответствии с требованием стандартов.
- Эффективность функционирования химического предприятия характеризуется следующими экономическими показателями:
  - количество реализованной продукции данного вида в год,  $V_j$ ;
  - качество характеризуется несколькими показателями (содержание основного компонента в товарном продукте, содержание примесей и др.);
  - эксплуатационными затратами на производство,  $Z_э$ ;
  - капитальными затратами,  $K$ .
- В качестве показателя эффективности можно использовать так называемый приведённый доход:

$$D_{\text{пр}} = \sum C_j V_j - Z_э - EK, \text{ где } E - \text{норм. коэфф. эффективности кап. вложений}$$

# Порядок и организация проектирования химико-технологической установки.

Предпроектная разработка.

Основной документ предпроектной разработки – **технико-экономическое обоснование проекта (ТЭО)**

- - обоснование потребности в данном продукте, мощности производства и его экономической целесообразности;
  - - определение номенклатуры выпускаемой продукции;
  - - характеристика качества производимой продукции;
  - - выбор места строительства предприятия;
  - - генеральный план строительства и транспортных путей;
  - - основные технические решения;
  - - краткое описание выбранной технологической схемы;
  - - обоснование типа необходимых аппаратов;
  - - обоснование выбора числа корпусов зданий и сооружений;
  - - таблицы расходных коэффициентов по сырью;
  - - характеристика сточных вод, газовых выбросов и твердых отходов и способ их утилизации;
  - - вопросы техники безопасности и экологии.
  - - и др. данные.
- 
- Цель – принять решение о целесообразности проектирования установки. Предпроектная разработка заканчивается формулированием исходных данных на проектирование.

## **Исходные материалы, необходимые для проектирования химико-технологической установки**

- 1. Исходные данные на проектирование;
- 2. Технические условия проектирования;
- 3. Задание на проектирование.

## **Исходные данные на проектирование**

- - литературные данные по процессу, обзор научно-исследовательских работ, описание схем опытных и полупромышленных установок, основные результаты;
- - техническая характеристика исходного сырья, основных продуктов и вспомогательных материалов;
- - физико-химические константы и свойства исходных, промежуточных и конечных веществ;
- - химизм процесса по стадиям, физико-химические основы процесса, принципиальная (или иная) технологическая схема с кратким описанием;
- - рабочие технологические параметры по каждому узлу, условия приготовления и утилизации катализаторов;
- - материальный баланс производства по стадиям в виде таблиц;
- - техническая характеристика побочных продуктов и отходов производства, направление их утилизации;
- - математическое описание технологических процессов и аппаратов;
- - рекомендации по конструированию основного технологического оборудования;
- - рекомендации для проектирования системы автоматизации;
- - рекомендации по осуществлению аналитического контроля;
- - методы и технологические параметры очистки загрязнённых сточных вод, газовых выбросов и твёрдых отходов;
- - мероприятия по ТБ, промышленной санитарии и противопожарной технике;
- - патентный формуляр, определяющий патентную чистоту процесса;
- - технико-экономическое обоснование процесса.

Получив исходные научно-исследовательские данные, проектировщик обязан детально проанализировать их и прежде всего выяснить, обладают ли эти данные требуемой полнотой и обеспечивают ли они наиболее экономичный способ производства целевых продуктов.

Необходимо убедиться, достаточен ли объем экспериментальных данных для того, чтобы приступить к проектированию, опробован ли процесс на опытно-промышленной или хотя бы на опытной установке.

Изучая научно-исследовательские данные, следует установить, позволяют ли они произвести необходимые технологические расчеты и выбор оборудования. Особое внимание следует уделить выбору сырья, реагентов, растворителей и катализаторов. При выборе того или иного способа производства доступность сырья должна быть одним из определяющих факторов.

Рекомендуемая в регламенте технология должна обеспечить предотвращение загрязнения воздушного бассейна, водоемов и почв вредными выбросами. Не могут быть приняты к проектной проработке технологические процессы, в которых образуются трудно очищаемые или сбрасываемые в водоемы твердые отходы.

## Технические условия проектирования

В этом документе должны быть приведены общие сведения о предприятии, на котором намечается строительство нового производства. Технические условия состоят из нескольких частей, каждая из которых освещает соответствующий раздел проекта. Например, в технологической части технических условий отражаются следующие сведения:

- качество сырья и возможные пределы его колебаний, способ подачи сырья (по трубопроводу, по железной дороге и т.п.), параметры (давление, температура) сырья;
- параметры, с которыми должны выводиться с установки (реактора) целевые продукты;
- пути использования и параметры на выходе из аппарата некондиционных продуктов и отходов производства;
- тип изоляции технологических и паровых трубопроводов;
- фоновые концентрации вредных веществ в атмосфере и т.д.

При разработке технологической части проекта используются также сведения из других разделов технических условий, например из разделов «Теплоснабжение», «Водоснабжение». Следует заметить, что технические условия на проектирование составляются генеральной проектной организацией с привлечением при необходимости подрядных проектных организаций.

## Задание на проектирование

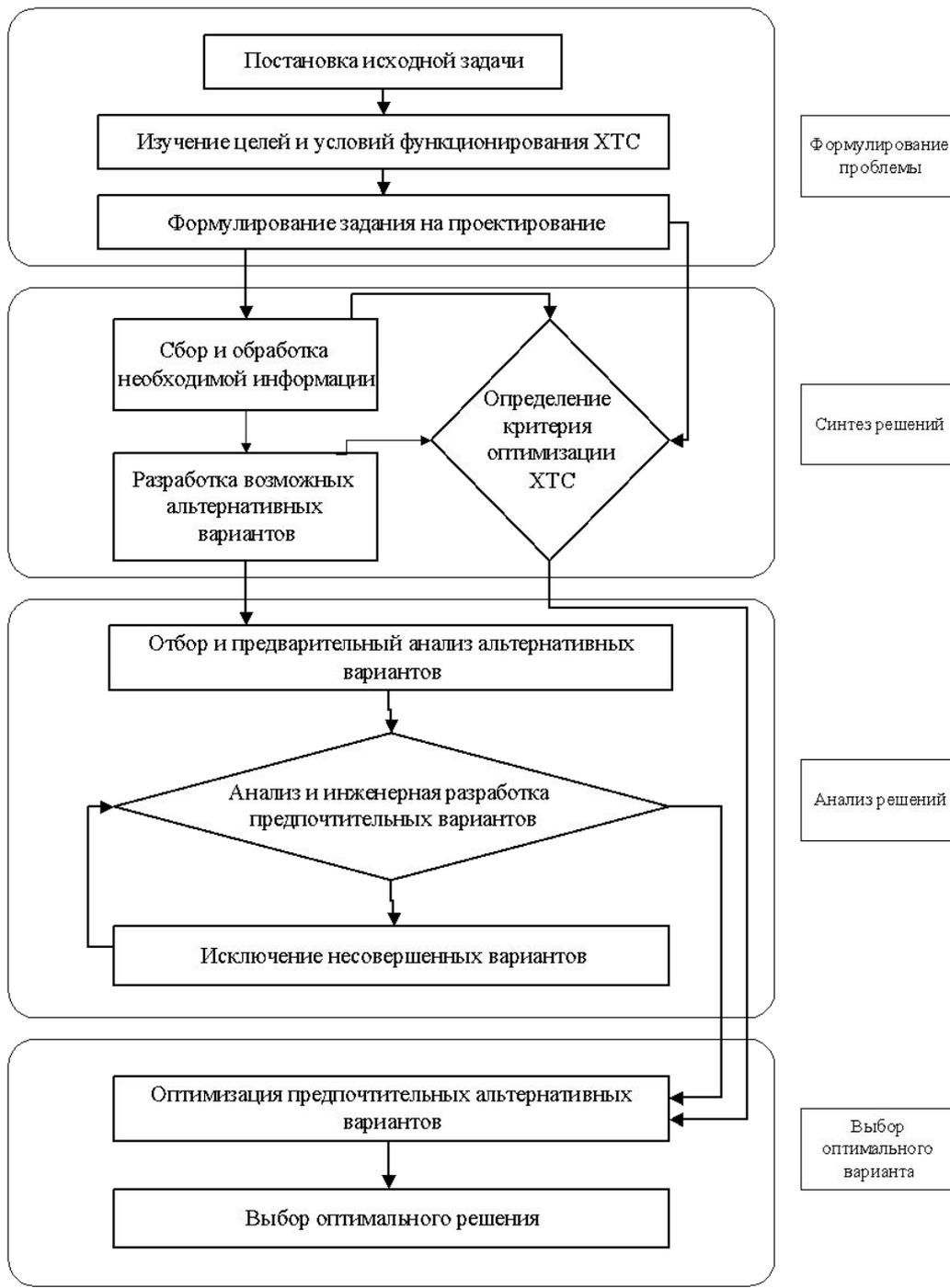
Ответственным за разработку задания является заказчик проекта. Непосредственная разработка задания на проектирование химического производства производится проектировщиком по поручению заказчика. Задание на проектирование должно содержать следующие сведения:

- 1) наименование производства и предприятия;
- 2) основание для проектирования;
- 3) вид строительства;
- 4) стадийность проектирования;
- 5) требования по вариантной разработке;
- 6) особые условия строительства;
- 7) основные технико-экономические показатели объекта, в том числе мощность, производительность, производственная программа;
- 8) требования к качеству, конкурентной способности и экологическим параметрам продукции;
- 9) требования к технологии, режиму предприятия;
- 10) требования к архитектурно-строительным, объемно-планировочным и конструктивным решениям;
- 11) выделение очередей и пусковых комплексов, требования по перспективному расширению предприятия;
- 12) требования и условия по разработке природоохранных мер и мероприятий;
- 13) требования к режиму безопасности и гигиене труда;
- 14) требования по ассимиляции производства;
- 15) требования по разработке инженерно-технических мероприятий гражданской обороны и мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций;
- 16) требования по выполнению опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ;
- 17) состав демонстрационных материалов.

# Общая методика технологического проектирования ХТС

- - Анализ ХТС – изучение свойств и эффективности функционирования системы в зависимости от структуры технологических связей между элементами и подсистемами, а также в зависимости от значений конструкционных, технологических параметров системы и параметров технологических режимов элементов ХТС.
- Цель анализа – математически связать характеристики состояния системы (выходные переменные) с параметрами и характеристиками состояния элементов в зависимости от структуры технологических связей между элементами ХТС. (оценка эффективности, сравнение различных вариантов).
- Пример – расчёт материальных и энергетических балансов ХТС.
  
- - Синтез ХТС – выбор структуры технологических связей между элементами, значений параметров системы и параметров технологических режимов элементов ХТС, исходя из заданных свойств и показателей эффективности функционирования ХТС.
- Примеры задач:
  - - при заданных типах и свойствах элементов ХТС необходимо определить структуру технологических связей между элементами ХТС, которая обеспечивает получение ХТС с заданными свойствами (оптимальными) и показателями эффективности ХТС;
  - - при заданных типах элементов и структуры ХТС выбрать такие параметры и характеристики элементов, которые обеспечивают заданные (оптимальные) показатели эффективности функционирования ХТС.
  
- - Оптимизация ХТС – выбор значений параметров ХТС и параметров технологических режимов элементов ХТС, обеспечивающих оптимальное значение показателя эффективности функционирования ХТС.

# Блок-схема методики технологического проектирования ХТС



## **Порядок разработки технологической схемы установки**

- - анализ и обоснование выбранного метода производства;
- - определение перечня технологических операций и составление вариантов технологических схем;
- - расчёт материального и энергетического баланса по стадиям для каждого варианта;
- - выбор и расчёт технологического оборудования для разных вариантов технологических схем;
- - проектирование обвязки оборудования трубопроводами и создание чертежей технологических схем;
- - расчёт технико-экономических показателей для каждой схемы и выбор оптимальной схемы;
- - разработка схемы контроля и автоматизации процесса.

## **Участие смежных специалистов в проектировании химического производства. Состав проекта.**

Инженер-технолог после окончания технологического проектирования выдаёт задания смежным специалистам на проектирование той или иной части проекта.

- 1. Монтажное задание (монтажно-технологическая часть проекта).  
задание выдаётся в виде технологической схемы на которую нанесено всё оборудование, а при необходимости размещение оборудования по высоте. Наносятся характеристики трубопроводов, запорных устройств (задвижки, краны, вентили), первичные КИП (клапаны, диафрагмы, счётчики и др.), и другая информация.
- Таким образом разрабатывается компоновка оборудования и монтажные чертежи.
- 2. Задание на разработку системы теплоснабжения (теплоэнергетическая часть проекта).
  - наименование теплопотребляющего оборудования;
  - рекомендуемые теплоносители и их параметры;
  - максимальный и средний расходы теплоносителей на единицу оборудования;
- В результате разрабатываются планы тепловых вводов в производственные корпуса, схемы магистральных сетей газо- и энергоснабжения.

3. Задание на проектирование системы электроснабжения (электротехническая часть проекта).

- характеристики механизмов с электроприводами (насосы, компрессоры, аппараты с перемешивающими устройствами и т.п.);

- условия эксплуатации электродвигателей, характеристика помещений по ПУЭ (есть ли взрыво- и пожароопасные зоны, класс зоны, категория и группа взрывоопасной смеси).

Разрабатываются:

- схемы магистральных и распределительных сетей;

- выдаётся задание строительному отделу на размещение трансформаторных подстанций, распределительных устройств и высокочастотных станций.

4. Задание на разработку системы водоснабжения и канализации (санитарно-техническая часть проекта).

- сведения о потребности в воде на охлаждение и сброса стоков в канализацию;

- потребность в свежей воде;

- для проектирования канализационных систем сообщаются расходы по каждому источнику и их характеристика;

- сведения о потребности в воде производственного персонала и т.п.

- 5. Задание на проектирование системы отопления и вентиляции (санитарно-техническая часть проекта).
  - - класс взрыво- и пожароопасности помещений;
  - - категория и группа взрывоопасных смесей;
  - - характеристика производственных вредностей (газы, пыль, влага);
  - - данные об источниках выделения вредностей и др.
  -
- 6. Задание на проектирования системы контроля и автоматизации процесса.
  - - технологическая схема с указанием точек контроля и автоматизации;
  - - данные для выбора и расчёта средств автоматизации (данные о блокировках и сигнализации, регулирования и измерения, дистанционное управление, информация о свойствах и параметрах сред и др.)
  -
- 7. Задание на проектирование нестандартного оборудования или изменение нормализованного оборудования.
  - Выдаётся в виде эскиза, на котором указывается:
    - - назначение и конфигурация оборудования;
    - - габаритные размеры;
    - - диаметры штуцеров и привязка по высоте;
    - - температура, давление, характеристика среды;
    - - габаритные размеры и привязка вспомогательных внутренних устройств по высоте;
    - - требование к изоляции.
  - В результате разрабатываются чертежи для изготовления нестандартного оборудования.

- 8. Задание на проектирование молниезащиты.
- - материал аппаратов, материал стен и покрытия, толщина стального покрытия, наличие дыхательных или газоотводных труб и др.
  
- 9. Задание на проектирование теплоизоляции трубопроводов и аппаратов.
- Цель теплоизоляции – предотвратить потери тепла, защитить производственный персонал от ожогов и обморожения;
- - выдаётся в виде спецификации аппаратов и трубопроводов;
- - рекомендации по выбору материалов.
  
- 10. Задание на составление технико-экономической части проекта.
- - товарный баланс установки, сведения о качестве товарной продукции;
- - данные о расходных коэффициентах по сырью, вспомогательных материалов, и др.
- - потребность в паре, воде, электроэнергии, теплоносителях и др.
- Рассчитываются технико-экономические показатели, такие как себестоимость продукции, рентабельность производства, прибыль и др.