



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Лекция №1

Основные понятия оптимизации ХТС

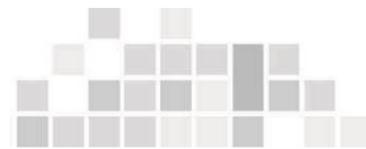
Дисциплина: Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем

Лектор: Киргина Мария Владимировна

к.т.н., доцент отделение Химической инженерии
Инженерной школы природных ресурсов

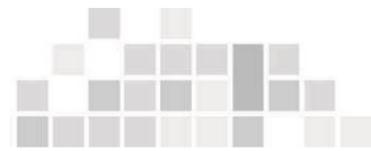
февраль
2018

Литература



- 1. Методы оптимизации в химической технологии:** учебное пособие для вузов / А.И. Бояринов, В.В. Кафаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1975. – 576 с.
- 2. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов:** учебное пособие / А.Ю. Закгейм. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2012. – 304 с.
- 3. Системный анализ процессов химической технологии. Часть 1. Элементы общей теории систем. Структурный анализ химико-технологических систем:** учебное пособие / В.И. Ерохин, Н.В. Кузичкин, Н.В. Лисицын – СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2010. – 70 с.
- 4. Химико-технологические системы: оптимизация и ресурсосбережение:** учебное пособие для студентов высших технических учебных заведений / Н.В. Лисицын, В.К. Викторов, Н.В. Кузичкин. – Санкт-Петербург: Менделеев, 2007. – 310 с.
- 5. Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем нефтеперерабатывающих производств / Э.Д. Иванчина, М.В. Киргина, Н.В. Чеканцев, И.М. Долганов, Е.С. Шарова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 160 с.**

План лекции



▶ Основные понятия ХТС

▶ Типовые задачи исследования ХТС

▶ Параметры ХТС

▶ Оптимизация ХТС

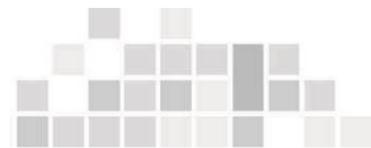
▶ Критерий оптимальности

▶ Ограничения

▶ Оптимизирующие факторы

▶ Целевая функция

Основные понятия химико-технологических систем



Химико-технологическая система (ХТС) – совокупность технологических аппаратов, рассматриваемых вместе с протекающими в них физико-химическими процессами, объединенных материальными и энергетическими потоками и предназначенных для выполнения единой технологической цели.

Наиболее крупной производственной структурой, которую принято рассматривать как ХТС является отрасль химической промышленности.

ХТС состоит из **элементов** и **связей** между ними.

Примеры элементов ХТС:

- технологическая линия;
- химический завод;
- цех;
- технологическая установка;
- технологический аппарат.

Связи между элементами ХТС могут быть **материальными** (материальные потоки) и **энергетическими** (потоки тепловой энергии).

Типовые задачи исследования ХТС

Анализ

Синтез

Математическое
моделирование

Оптимизация

Задачи **анализа** ХТС:

- выделение в структуре исходной ХТС подсистем, более простых, чем исходная система, и связей между подсистемами;
- построение математических моделей подсистем;
- построение и исследование математической модели ХТС в целом на основе математических моделей подсистем и структуры связей между ними.

Задача **синтеза** ХТС заключается в выборе оптимальной структуры, аппаратного оформления и оптимальных параметров технологического режима системы при заданных характеристиках сырья и готовой продукции и заданных видах энергии.

Типовые задачи исследования ХТС

Анализ

Синтез

Математическое
моделирование

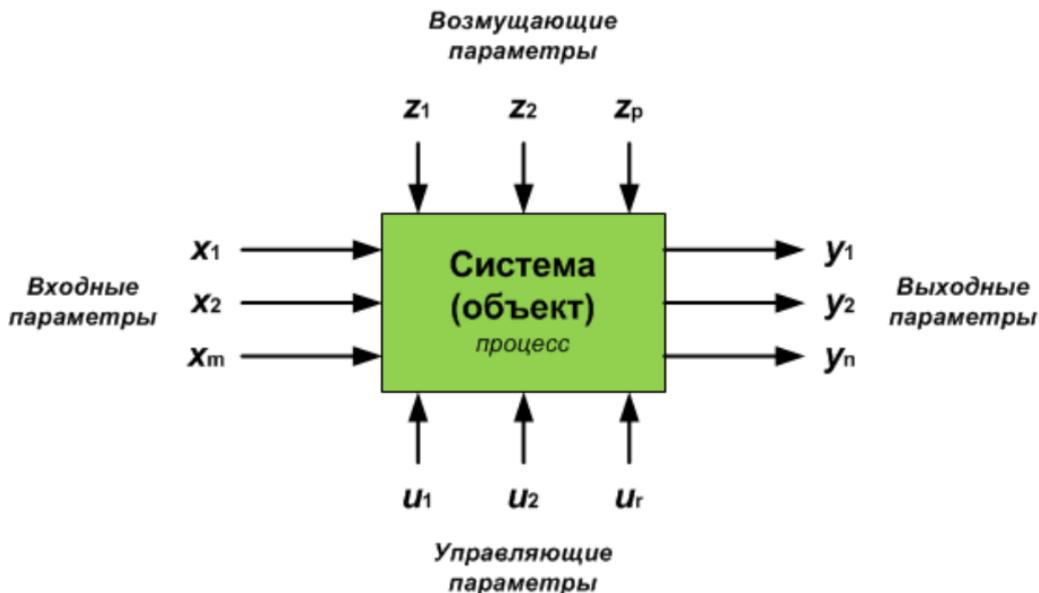
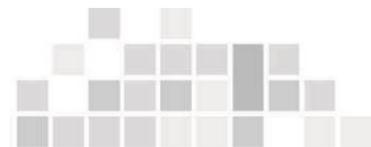
Оптимизация

Математическая модель представляет собой систему уравнений математического описания, отражающую сущность явлений, протекающих в объекте моделирования, которая с помощью определенного алгоритма позволяет прогнозировать поведение объекта при изменении входных и управляющих параметров.

Математические модели:

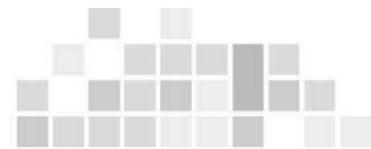
- детерминированные;
- стохастические (эмпирические).

Параметры ХТС



Параметры, определяющие течение процесса и характеризующие его состояние в любой момент времени.

Параметры ХТС



Входные параметры x_i ($i = 1, \dots, m$)

параметры, значения которых могут быть измерены, но возможность воздействия на них отсутствует.

Значения входных параметров не зависят от режима процесса.

Управляющие параметры u_i ($i = 1, \dots, r$)

параметры, на которые можно оказывать прямое воздействие в соответствии с теми или иными требованиями, что позволяет управлять процессом.

Возмущающие параметры z_i ($i = 1, \dots, p$)

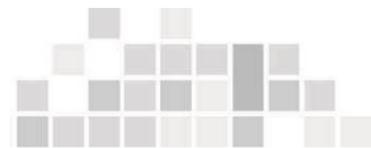
параметры, значения которых случайным образом изменяются с течением времени и которые недоступны для измерения.

Выходные параметры/ параметры состояния y_i ($i = 1, \dots, n$)

параметры, величины которых определяются режимом процесса и которые характеризуют его состояние, возникающее в результате суммарного воздействия входных, управляющих и возмущающих параметров.

Назначение – описывать состояние процесса!

Параметры ХТС



По отношению к процессу:

**Внешние
параметры**

*Независимость значений от
режима процесса*

- **Входные**
- **Управляющие**

**Внутренние
параметры**

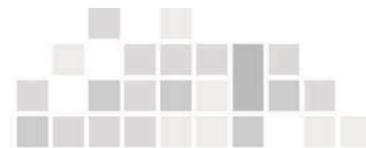
*Непосредственно влияют на
режим процесса*

- **Выходные**

- **Возмущающие**



Параметры ХТС



Действие **возмущающих** параметров проявляется в том, что параметры состояния процесса при известной совокупности входных и управляющих параметров характеризуются неоднозначно.

Процессы, в которых влияние случайных возмущающих параметров велико



Стохастические процессы

параметры состояния оцениваются в терминах математического ожидания, а возмущающие параметры характеризуются вероятностными законами распределения

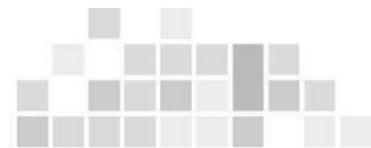
Параметры состояния однозначно определяются заданием входных и управляющих воздействий



Детерминированные процессы

принимается, что случайные возмущающие параметры в них отсутствуют

Оптимизация ХТС

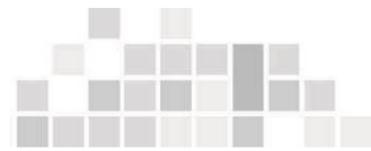


Оптимизация – это целенаправленная деятельность, заключающаяся о получении наилучших результатов при соответствующих условиях.

Постановка задачи оптимизации предполагает наличие **объекта оптимизации**.

Для решения задач оптимизации нужно располагать **ресурсами оптимизации** – объект оптимизации должен обладать определенными степенями свободы – *управляющими воздействиями*, которые позволяют изменять его состояние в соответствии с теми или иными требованиями.

Для современного подхода к оптимизации характерна **формализация** задачи – задача формулируется стандартным образом, после чего дальнейшее ее решение проводится на основе четкого однозначного рецепта – **алгоритма**.

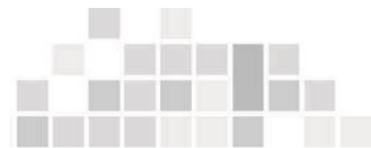


Основные этапы решения задачи оптимизации:

1. формулирование задачи, приведение ее к одной из стандартных форм;
2. нахождение оптимальных условий на основе алгоритма оптимизации;
3. реализация оптимальных условий на практике.

Формулирование задачи оптимизации:

- Выявление целей оптимизации.
- Формулирование требований, предъявляемых к объекту оптимизации.
- Связывает конкретные особенности объекта с общим методом решения.



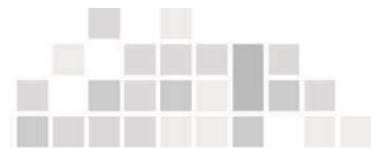
Формулирование задачи оптимизации:

~~«Получить максимальный выход продукции при минимальном расходе сырья»~~

«Получить максимальный выход продукции при заданном расходе сырья»

«Для заданного выхода продукции обеспечить минимальный расход сырья»

Требование нахождения оптимального значения только одной величины!



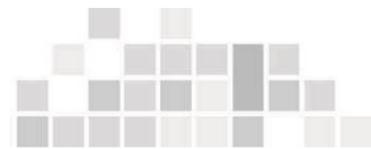
Формулирование задачи оптимизации:

На этапе формулирования задачи необходимо учитывать физико-химические особенности процесса, его экономичность, общее развитие промышленности, рыночную конъюнктуру и множество других обстоятельств.

Формулировка задачи оптимизации включает:

- выбор критерия оптимальности,
- установление ограничений,
- выбор оптимизирующих факторов;
- запись целевой функции.

Критерий оптимальности



Критерий оптимальности – это главный признак, по которому судят о том, насколько хорошо функционирует система, работает данный процесс, насколько хорошо решена задача оптимизации.

Требования к критерию оптимальности:

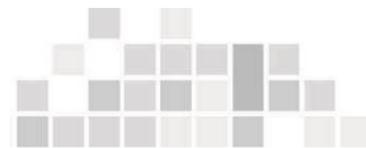
1. Критерий оптимальности должен быть **единственным**.

Оптимальным является такое ведение технологического процесса, при котором производительность установки и качество продукта максимальны, а затраты и потери минимальны.



УТОПИЯ

Критерий оптимальности



Экономические критерии

- прибыль,
- норма прибыли,
- рентабельность,
- приведённый доход,
- себестоимость.

Характер зависимости этих критериев от входных параметров системы сложен.

Используются: при оптимизации производства в целом или его крупных подразделений

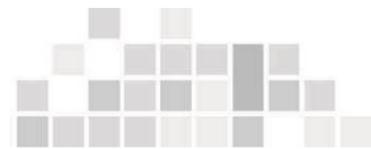
Технологические критерии

- производительность,
- чистота продукта,
- выход продукта,
- селективность.

Связаны с экономикой

Используются: при оптимизации более мелких объектов – отдельного узла, аппарата – при локальной оптимизации

Критерий оптимальности



Требования к критерию оптимальности:

1. Критерий оптимальности должен быть **единственным**.
2. Критерий оптимальности должен **выражаться числом**.
3. Величина критерия оптимальности должна **изменяться монотонно** при улучшении качества функционирования системы.

*«чем больше критерий, тем лучше»/
«чем меньше критерий, тем лучше»*

а НЕ

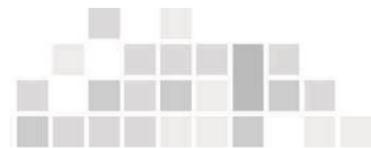
«такое-то значение критерия оптимально и отклоняться от него не следует»



Не критерий оптимальности!

Критерий оптимальности – отклонение величины от заданного значения

Ограничения



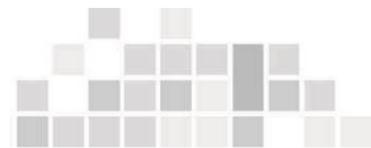
Ограничения – условия, которые необходимо соблюдать независимо от того, как их соблюдение повлияет на величину критерия оптимальности.

Необходимы для того, чтобы учесть все условия, в которых должен проходить процесс.

Причины возникновения ограничений:

1. Ограничения – «несостоявшиеся» критерии оптимальности.
2. Учет имеющихся возможностей.

Ограничения



Классификация ограничений:

- **По количеству и качеству сырья и продукции:**

состав сырья; количество сырья; выпуск продукции не должен быть больше того, что можно реализовать; качество продукта не должно быть ниже стандарта или требований заказчика и т.д.;

- **По условиям технологии:**

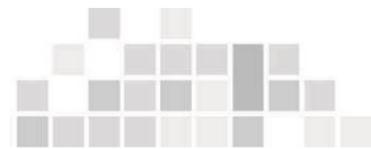
расход воздуха не может превышать производительность вентилятора; температура не может быть выше предела, при котором портится материал аппарата или катализатор; размеры аппаратов и т.д.;

- **По экономическим и конъюнктурным соображениям:**

капитальные затраты не должны превышать выделенной суммы; срок ввода нового производства не должен быть позже запланированного; нельзя применять методы и устройства, защищенные чужими патентами и т.д.;

- **По соображениям охраны труда и окружающей среды.**

Ограничения



Классификация ограничений:

- Ограничения типа равенств:

$$f_i = a_i$$

устанавливают определенное значение параметра

f_i – один из параметров;
 a_i – задаваемое для него значение.

- Ограничения типа неравенств:

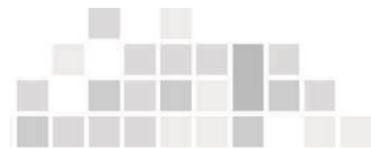
$$f_j \geq a_j$$

$$f_k \leq a_k$$

определяют пределы, в которых допустимо изменение параметров

$$a_l \leq f_l \leq b_l$$

Ограничения



Классификация ограничений:

- **Ограничения 1-го рода:**

В качестве параметров f_i фигурируют входные параметры.

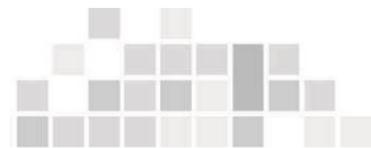
- **Ограничения 2-го рода:**

Параметрами служат функции входных параметров (результаты процесса, температуры в каких-то точках внутри аппарата).

Вопрос о том, не нарушены ли какие-либо ограничения 1-го рода, проверяется **непосредственно**.

Для проверки соблюдения ограничений 2-го рода необходимо сначала **рассчитать** соответствующие параметры, что может осложнить расчет.

Оптимизирующие факторы



Оптимизирующие факторы – управляющие параметры; воздействия, которые применяются для оптимизации процесса.

Оптимальное проектирование

Производство проектируется

К оптимизирующим целесообразно отнести как можно большее число факторов!

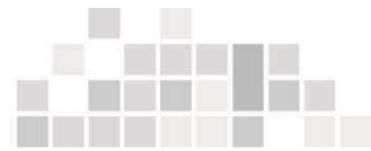
Варьирование факторов осуществляется на математической модели

Оптимальное управление

Задача оптимизации возникает и после пуска производства

Число оптимизирующих факторов ограничено

Целевая функция



Целевая функция – критерий оптимальности, рассматриваемый как функция входных параметров.

$$F = F(x_1, x_2, \dots, x_m)$$

Оптимум – это экстремум (максимум/минимум) целевой функции. Значения x при которых достигается оптимум – *оптимальные*.

Математически задача оптимизации формулируется как задача отыскания экстремума!

При этом в точке экстремума должны соблюдаться все ограничения.