

КУРС ЛЕКЦИЙ
" ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ
ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ И УСТАНОВКИ "

Профессор кафедры ЭВТ
Попов Станислав Константинович

Номер лекции	Название лекции
Лекция 1	Терминология. Предмет курса. Классификация ВТП. Структурная схема ВТУ
Лекция 2	Структурная модель ТТО. Технологическая схема ТТУ. Классификация ВТУ
Лекция 3	Материальные балансы ВТП по компонентам, веществам, химическим элементам. Материальные расчеты идеальных ВТП
Лекция 4	Материальные расчеты неравновесных ВТП
Лекция 5	Материальные расчеты равновесных ВТП
Лекция 6	Тепловые балансы ВТУ, их разновидности. Тепловой баланс теплотехнологического реактора. Определение слагаемых уравнения теплового баланса ТТР
Лекция 7	Тепловые балансы отдельных зон теплотехнологического реактор
Лекция 8	Тепловые балансы других элементов тепловой схемы ВТУ
Лекция 9	Энергетические балансы ВТУ. Характеристики энергоиспользования в ВТУ
Лекция 10	Определение размеров рабочего пространства ТТР, обеспечивающих заданную производительность ВТУ. Общая схема теплообмена в рабочем пространстве ТТР. Внешний и внутренний теплообмен. Классификация режимов внешнего теплообмена

Номер лекции	Название лекции
Лекция 11	Внешний теплообмен в ТТР с нефилтруемым слоем технологического материала. Постановка задачи равномерно распределенного радиационного режима внешнего теплообмена (РРРРВТ). Алгоритм решения задач РРРРВТ
Лекция 12	Направленный прямой и направленный косвенный радиационные режимы внешнего теплообмена (РРВТ). Учет конвективной составляющей $Q_{\text{рм}}$ и область существования РРВТ. Пути интенсификации РРВТ. Внешний теплообмен в слоевых ТТР
Лекция 13	Внутренний теплообмен в ТТР. Термически тонкие и термически массивные тела. Определение продолжительности нагрева и плавления термически тонкого тела
Лекция 14	Определение продолжительности нагрева термически массивных тел. Аналитические методы определения времени нагрева
Лекция 15	Приближенные и численные методы определения времени нагрева термически массивных тел. Режимы нагрева ТМТ
Лекция 16	Продолжительность плавления термически массивных тел
Лекция 17	Особенности сжигания топлива в ВТУ. Обеспечение требуемого состава продуктов горения. Обеспечение в ТТР необходимого температурного уровня
Лекция 18	Повышение светимости газового факела. Обеспечение однородного температурного поля в зонах ТТР
Лекция 19	Процессы и установки термохимической переработки твердых топлив. Коксование каменных углей
Лекция 20	Газогенераторные процессы и установки. Гидрогенизация угля

Номер лекции	Название лекции
Лекция 21	Актуальность энергосбережения в ВТП и ВТУ. Классификация энергосберегающих мероприятий в высокотемпературной теплотехнологии. Мероприятия по уменьшению тепловых и горючих отходов
Лекция 22	Регенерация тепловых и горючих отходов
Лекция 23	Сопоставительный анализ тепловых схем регенерации теплоты газовых отходов. Комплексная регенерация тепловых отходов. Внешнее дополнительное использование тепловых и горючих отходов

ЛИТЕРАТУРА

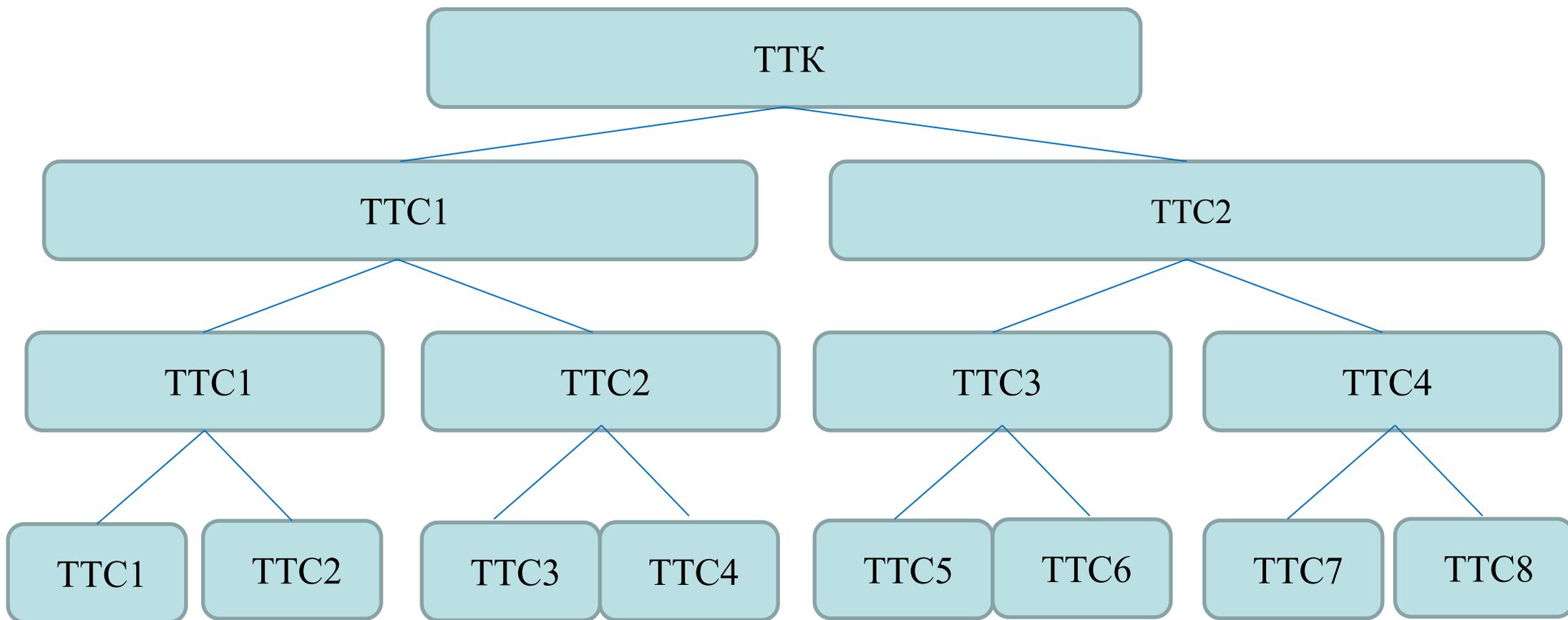
1. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки: Учеб. для вузов / И.И.Перелетов, Л.А.Бровкин, Ю.И.Розенгарт и др.; Под редакцией А.Д.Ключникова. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 336 с.
2. Ключников А.Д., Кузьмин В.Н., Попов С.К. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 175 с.
3. Попов С.К., Ипполитов В.А. Решение задач высокотемпературной теплотехнологии в среде MathCAD. – М., Издат.дом МЭИ, 2009. – 96 с.
4. Попов С.К. Разработка и расчет тепловых схем термодинамически идеальных установок. Теория и алгоритмы. . – М., Изд-во МЭИ, 2005. – 60 с.
5. Перелетов И.И., Попов С.К. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки. Сборник задач: Методич. пособие. – М., Изд-во МЭИ, 2000. – 32 с.
6. Попов С.К., Стогов П.А., Тугучева И.А. Экспериментально-расчетное исследование высокотемпературных процессов и установок: Учебное пособие / (электронный ресурс).

Теплотехнология – совокупность методов преобразования исходных сырья, материалов, полуфабрикатов в заданный товарный продукт на основе изменения теплового состояния их вещества.

Теплотехнологические процессы – процессы, реализуемые на основе технологически регламентированного изменения теплового состояния технологических материалов.

Изменение теплового состояния – нагрев, плавление, кипение, охлаждение.

Технологические материалы – могут быть твердые, жидкие, газообразные.



Теплотехнологические комплексы - ТТК

Теплотехнологические системы - ТТС

Теплотехнологические установки - ТТУ

Теплотехнологические реакторы - ТТР

Предмет ВТПУ – теплотехнические и энергетические основы высокотемпературной теплотехнологии, которые составляют базу, необходимую для разработки энергосберегающих ВТУ.

Основное внимание в курсе – высокотемпературным теплотехнологическим процессам и установкам:

- 1) высокая энергоемкость (ВТУ с печами по уровню прямого потребления органического топлива конкурируют с производством ЭЭ на ТЭС);
- 2) низкая энергоэкономичность (КПД в 2,5 – 6 раз меньше, чем КПД котельных установок ТЭС). Как следствие – высокий уровень потенциала энергосбережения;
- 3) применение наиболее дефицитных энергоносителей:
 - природный газ;
 - металлургический кокс (дефицитен и дорог);
 - ЭЭ;
 - кислород;
- 4) экологический фактор.

Основа классификации - управляемые теплотехническими средствами физические или физико-химические явления, лимитирующие длительность рабочего цикла и производительность ТТУ.

1. Теплотехнологические процессы, определяемые интенсивностью подвода теплоты к поверхности обрабатываемого материала.

3. Теплотехнологические процессы, определяемые интенсивностью внутреннего теплопереноса.

5. Теплотехнологические процессы, определяемые интенсивностью перемешивания фаз в зоне их термической обработки.

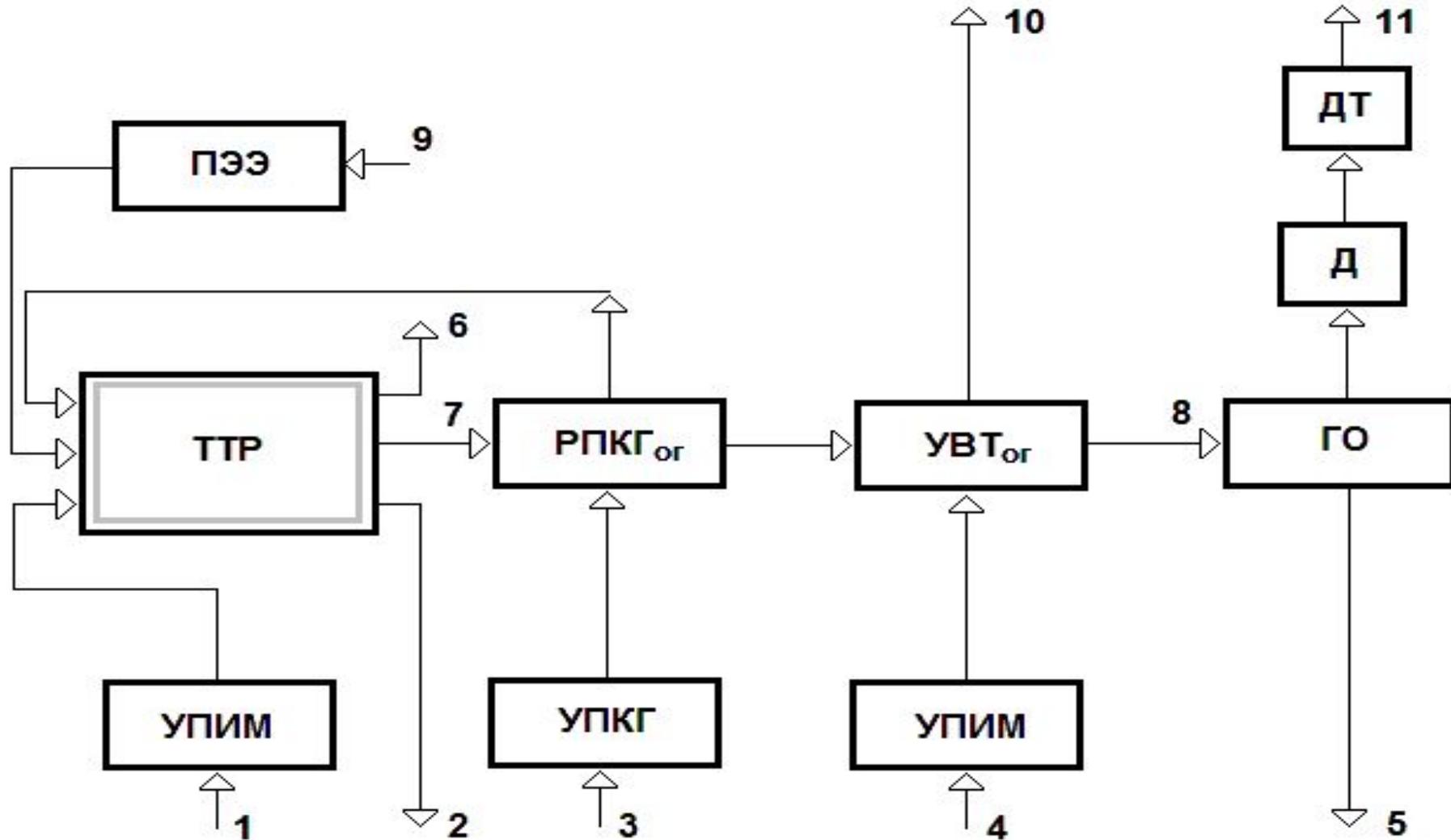
7. Теплотехнологические процессы, определяемые скоростью разделения целевых и побочных продуктов.

2. Теплотехнологические процессы, определяемые интенсивностью внешнего массообмена.

4. Теплотехнологические процессы, определяемые интенсивностью внутреннего массопереноса.

6. Теплотехнологические процессы, определяемые скоростью собственного химического реагирования.

8. Теплотехнологические процессы, определяемые совокупностью двух или более из вышеперечисленных факторов.



Структурная схема высокотемпературной теплотехнологической установки:
 1 – исходные материалы; 2 – технологический продукт; 3 – компоненты горения; 4 – дополнительные исходные материалы; 5 – уловленный унос; 6 – выбивающиеся газы; 7 – отходящие газы; 8 – неочищенные уходящие газы; 9 – электроэнергия; 10 – дополнительный продукт; 11 – очищенные уходящие газы
 Д – дымосос; ДТ – дымовая труба; ПЭЭ – преобразователь электрической энергии

Продукты теплотехнологического процесса:

- целевой и побочные продукты технологического процесса;
- технологические отходы;
- продукты топочного процесса.

Газовые отходы: $ГО = ГО^{\text{топ}} + ГО^{\text{тех}}$

Шлаковые отходы: $ШО = ШО^{\text{топ}} + ШО^{\text{тех}}$

Унос: $УНОС = УНОС^{\text{им}} + УНОС^{\text{топл}} + УНОС^{\text{шо}}$

Отходящие газы – газовые отходы на выходе из ТТР.

Уходящие газы – газовые отходы, выбрасываемые в атмосферу.

Оптимизация температуры ОГ
и продуктов.

Оптимизация коэффициента
расхода окислителя.

Оптимизация конструкции ограждения:

- Четыре слоя
- Гарнисажная обмуровка
- Фильтруемое ограждение

Эндотермическая подготовка топлива в РПКГ:



$$Q_{\text{энд}} = 12000 \text{ кДж/м}^3 \text{ CH}_4$$

$$Q_{\text{CH}_4} = 36000 \text{ кДж/м}^3 \text{ CH}_4$$