

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Отделение информационных технологий и энергетических систем  
Кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ»  
**«Элементы конструктивной схемы теплотехнологического реактора.  
Разновидности сводов теплотехнологических реакторов.»**

Выполнил:

Руководитель:

# Введение

**Технология** — совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, применяемого в процессе производства для получения готовой продукции.

Все технологические процессы, в которых потребляется тепловая энергия, можно разделить по температурному уровню на низкотемпературные (НТП) и высокотемпературные (ВТП). К высокотемпературным теплотехнологическим процессам относятся: технологические процессы в черной и цветной металлургии, такие как доменный процесс, выплавка стали, меди, никеля и других металлов; технологические процессы производства многих строительных материалов, такие как обжиг цементного клинкера, варка стекла, обжиг керамических изделий; технологические процессы химической, нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности, такие как термический и каталитический крекинг, пиролиз нефтепродуктов, газификация твердых топлив); процессы сжигания твердых и жидких отходов.

## **Высокотемпературные теплотехнологические процессы характеризуются рядом особенностей:**

- в отличие от низкотемпературных технологических процессов, в которых чаще всего используется тепловая энергия горячей воды или пара, в высокотемпературных технологиях для организации процесса расходуется топливо или электроэнергия. Поэтому в высокотемпературных технологиях большое внимание уделяется наилучшей организации процесса горения;
- большую роль играют процессы, в которых температура исходных материалов, промежуточных и конечных продуктов, элементов конструкций технологических агрегатов, имеющих большую массу, изменяется во времени. При этом значительная часть теплоты уходит в виде потерь в окружающую среду;
- в ВТП велика физическая теплота уходящего из установок готового продукта, а также шлаковых отходов, которую целесообразно утилизировать;
- значительны потери теплоты с поверхностей ограждающих конструкций технологических аппаратов в окружающую среду за счет конвекции и излучения.

## 2.Теплотехнологический реактор

Теплотехнологический реактор (аппарат, рабочее пространство теплотехнологической установки)

— одно- или многокамерное устройство, в пределах которого осуществляются все стадии данного теплотехнологического процесса (Рис. 1) Наиболее распространенными теплотехнологическими реакторами для высокотемпературных процессов являются промышленные печи различных назначения и конструкции.



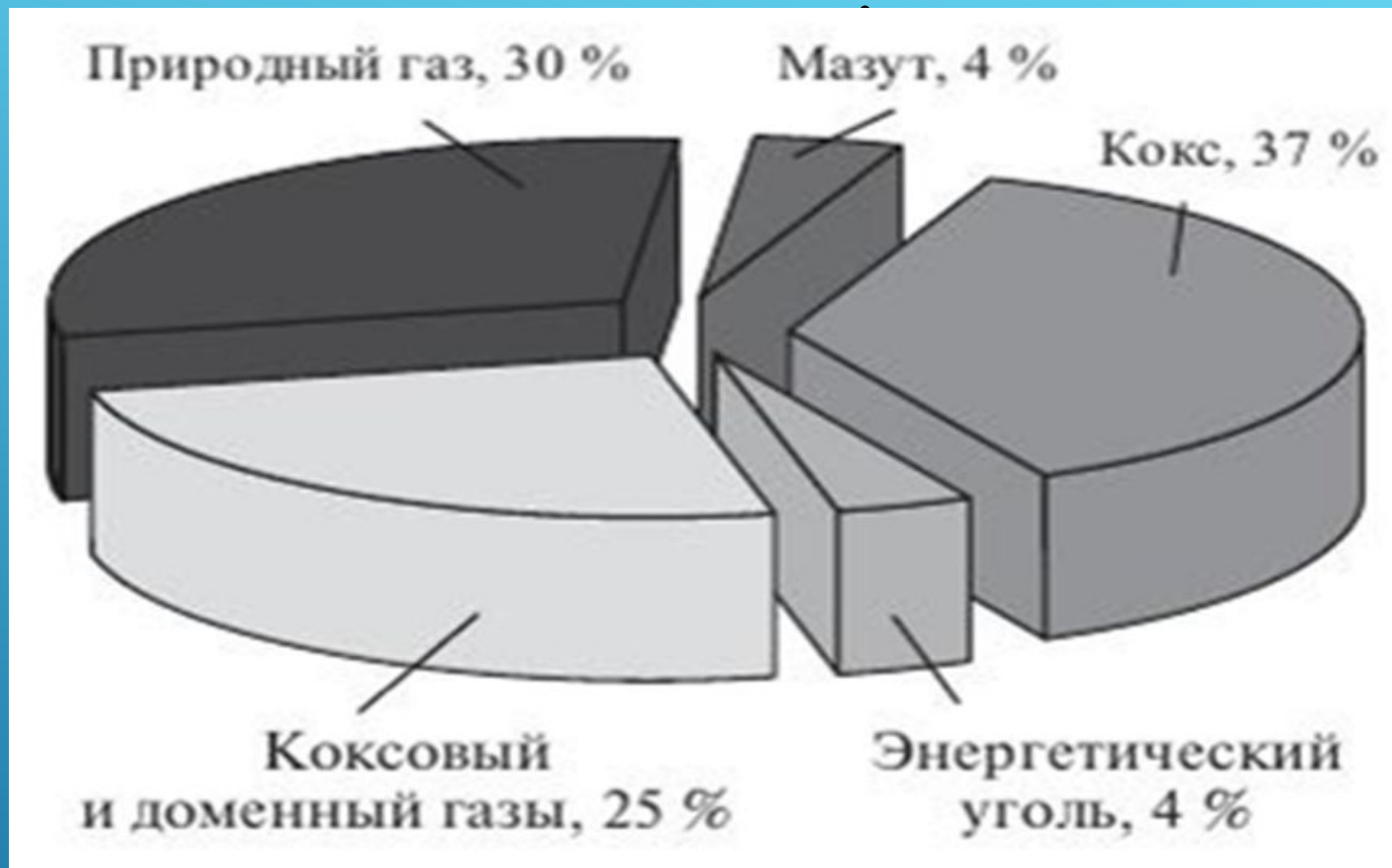


Рис. 1 - Потребление различных видов топлива в черной металлургии

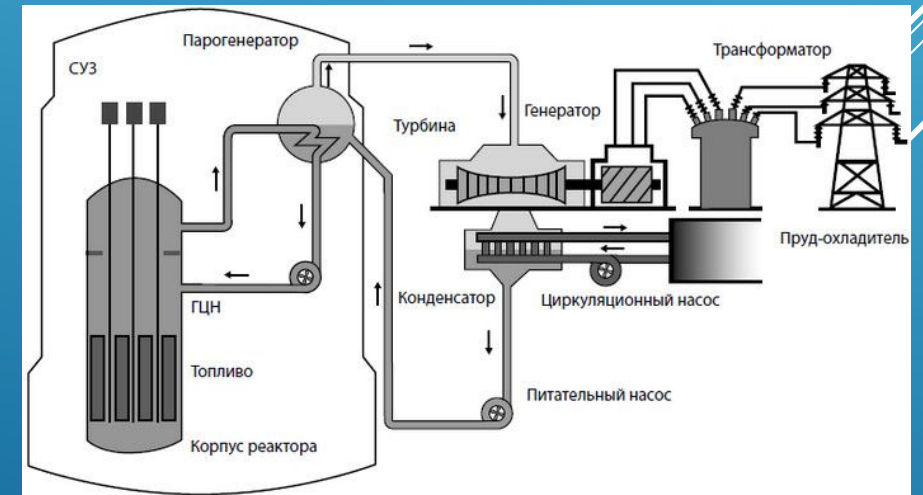


## Общие сведения о теплотехнических установках и их основные проблемы

Рассмотрим основные составляющие теплового баланса теплотехнологического реактора (рис. 2).

### Приход'.

физическая теплота поступающих в установку веществ: топлива, окислителя фт, исходного технологического материала  $Q_{ТМ}$  физическая теплота нагрева газа, выделяемая при работе двигателей нагнетателей суммарной мощностью  $E_{ЛД}$ ; подводимая для организации процесса тепловая энергия, выделяющаяся в процессе химической реакции горения топлива либо в электротермических установках, тепловой эффект экзотермических реакций, протекающих в технологической зоне,  $Q_{экз}$ ?

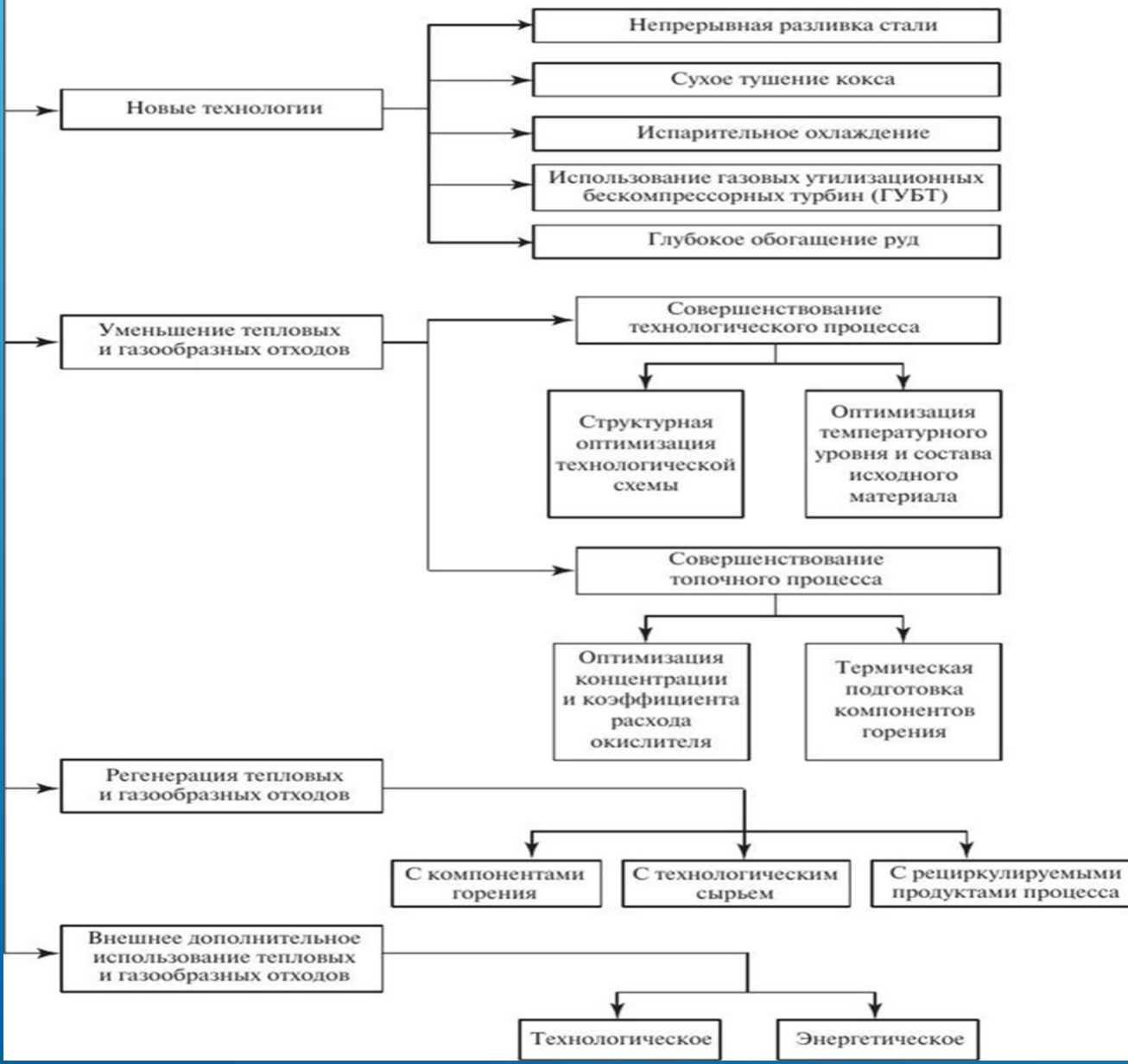


## Расход:

- физическая теплота уходящих из установки твердых веществ: технологического продукта  $Q_{rn}$ , шлаковых отходов  $Q_{ш\ 0}$ ;
- тепловой эффект эндотермических реакций, протекающих в технологической зоне;
- потери теплоты с отходящими газами, в том числе потери теплоты от неполноты сгорания топлива, т.е. от химического и механического недожога;
- потери теплоты в окружающую среду через обмуровку за счет конвекции и излучения  $Q_{oc}$ .



Энергосберегающие мероприятия  
в высокотемпературной технологии  
(на примере черной металлургии)



## Конструкции реакторов, тепловыделяющие сборки и схемы охлаждения активной зоны

### Корпусные реакторы.

Важнейшим элементом конструкции реакторов данного типа является массивный цилиндрический корпус достаточно большого диаметра. Внутри него расположены собственно активная зона с топливными сборками, а также ряд опорных и других внутрикорпусных устройств, обеспечивающих нормальное функционирование реакторной установки. Цилиндрическая обечайка корпуса, эллиптические (или полусферические) днище и крышка изготавливаются из высокопрочной радиационно-стойкой стали и имеют значительную толщину стенок. Состав и конструкции активных зон корпусных ВВЭР СКД могут быть сформированы в двух вариантах: один из них для работы реактора на тепловых нейтронах, другой - на быстрых или быстро резонансных нейтронах. Система каналов охлаждения активных зон таких реакторов может иметь несколько (от одного до трех) заходов для основного потока теплоносителя.

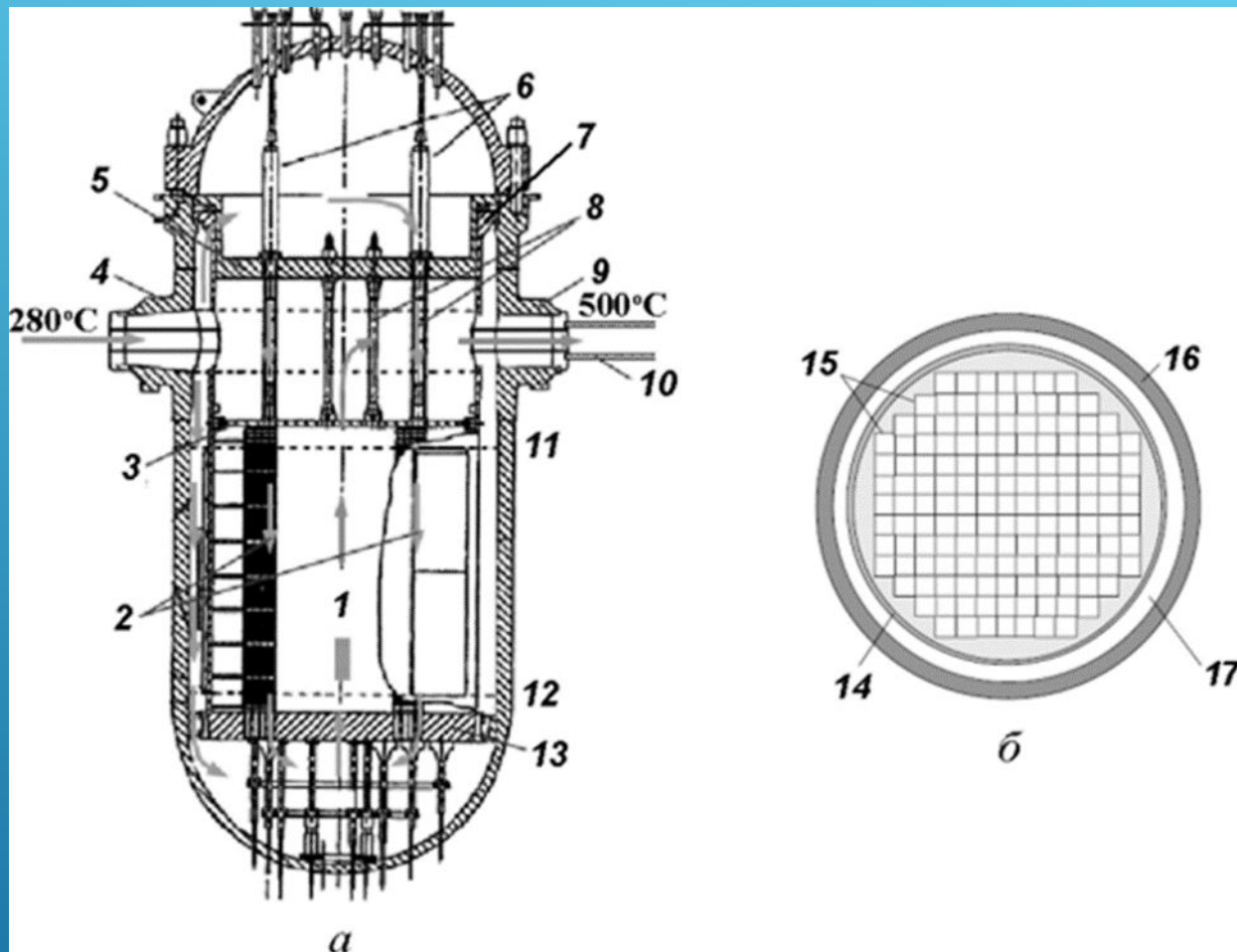


Рис. 3 Проект корпусного реактора SCWR мощностью 1600 МВт (эл.) с тепловым спектром нейтронов и однозаходной схемой движения теплоносителя [6] (а - продольный разрез корпуса реактора, б - поперечное сечение): 1 - активная зона; 2 - водяные элементы; 3 - верхняя опорная плита активной зоны; 4 - холодный патрубок; 5 - верхняя опорная направляющая плита; 6 - направляющие трубы регулирующих стержней; 7 - опорное кольцо корзины активной зоны; 8 - трубы каландра; 9 - горячий патрубок; 10 - паропровод; 11 - верхняя граница активной части топлива; 12 - нижняя граница активной части топлива; 13 - нижняя плита активной зоны; 14 - корзина активной зоны; 15 - топливные сборки; 16 - обечайка корпуса реактора; 17 - опускной канал

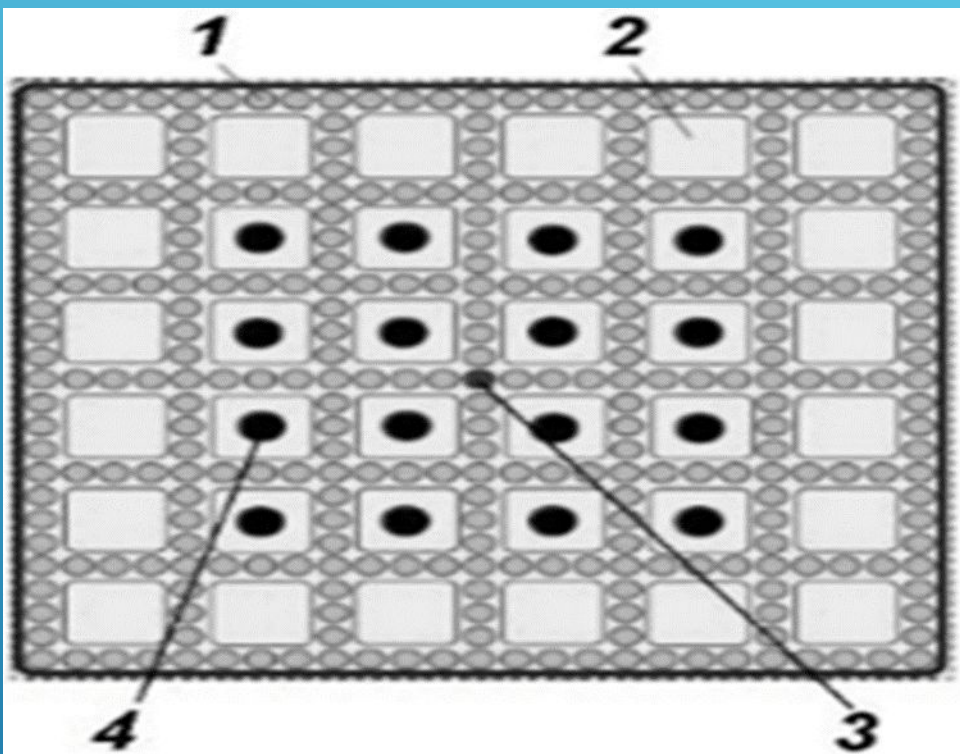


Рис. 3 Топливная сборка с водяными элементами реактора SCWR: 1 - топливный стержень; 2 - водяной элемент; 3 - измерительный канал; 4 - регулирующий стержень.

Рис. 4 Топливный кластер реактора HPLWR с 9-ю сборками твэлов и водяных элементов: 1 - дистанционирующие устройства; 2 - нижний концевик с диффузором и поршневыми кольцами; 3 - нижняя пластина; 4 - опорная пластина; 5 - верхняя головка с диффузором, стопорным и уплотняющим кольцами; 6 - окно; 7 - уплотняющее кольцо; 8- втулка; 9- пружина; 10- регулирующий стержень; 11- входная камера для замедлителя; 12 - вход/выход теплоносителя; 13 - выходная камера для замедлителя; 14 - вход/выход теплоносителя

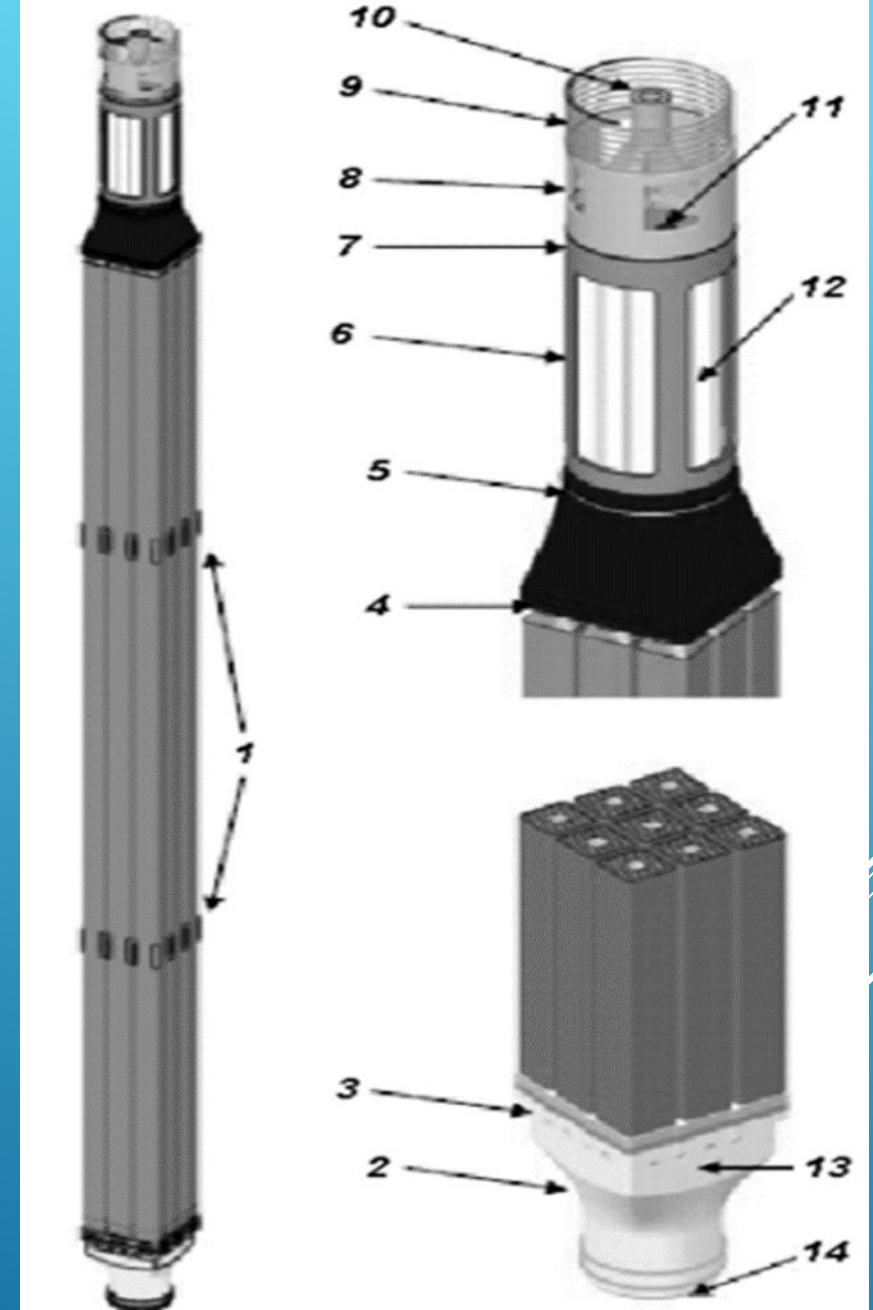
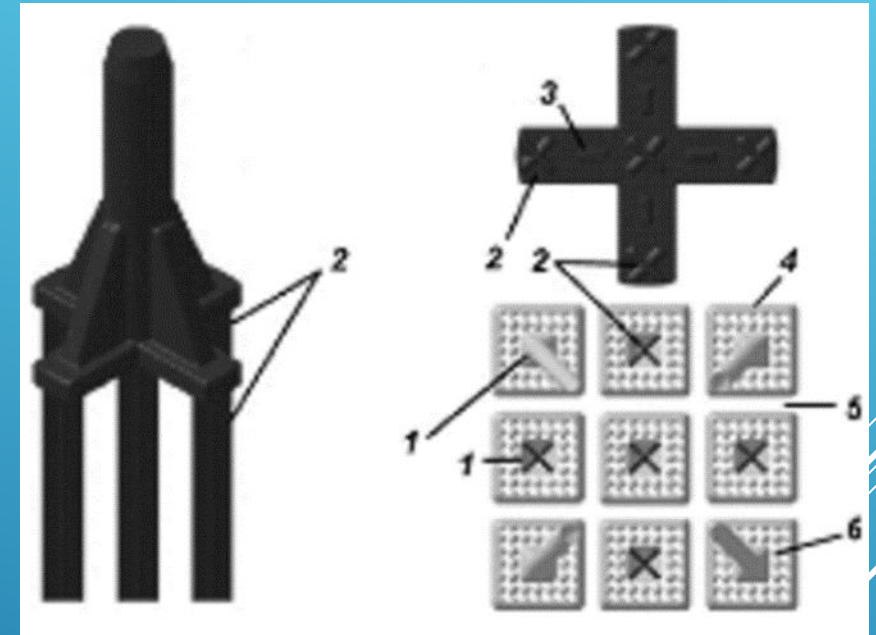


Рис. 5 Поперечное сечение топливного кластера реактора  
HPLWR с органами регулирования цепной ядерной  
реакции: 1 - канал замедлителя; 2 - регулирующие стержни;  
3 - амортизатор; 4 - кожух топливной сборки; 5 - водяной  
зазор; 6 - тепловыделяющий элемент.



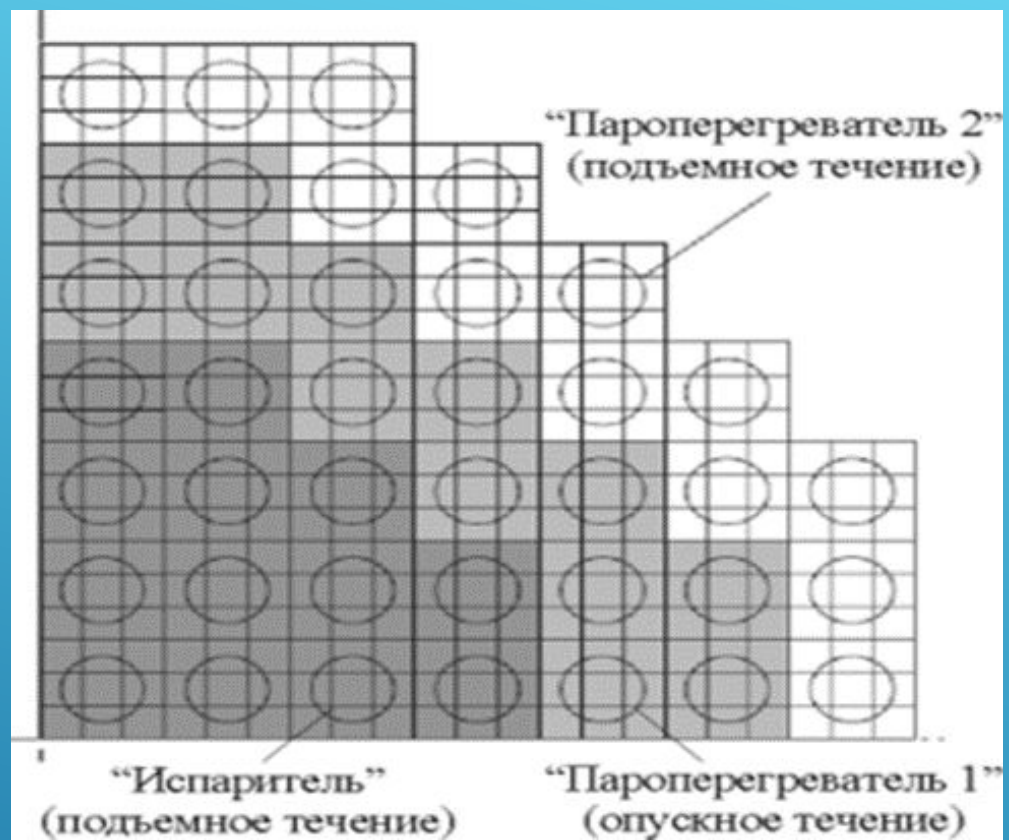


Рис. 6 Поперечное сечение активной зоны реактора HPLWR

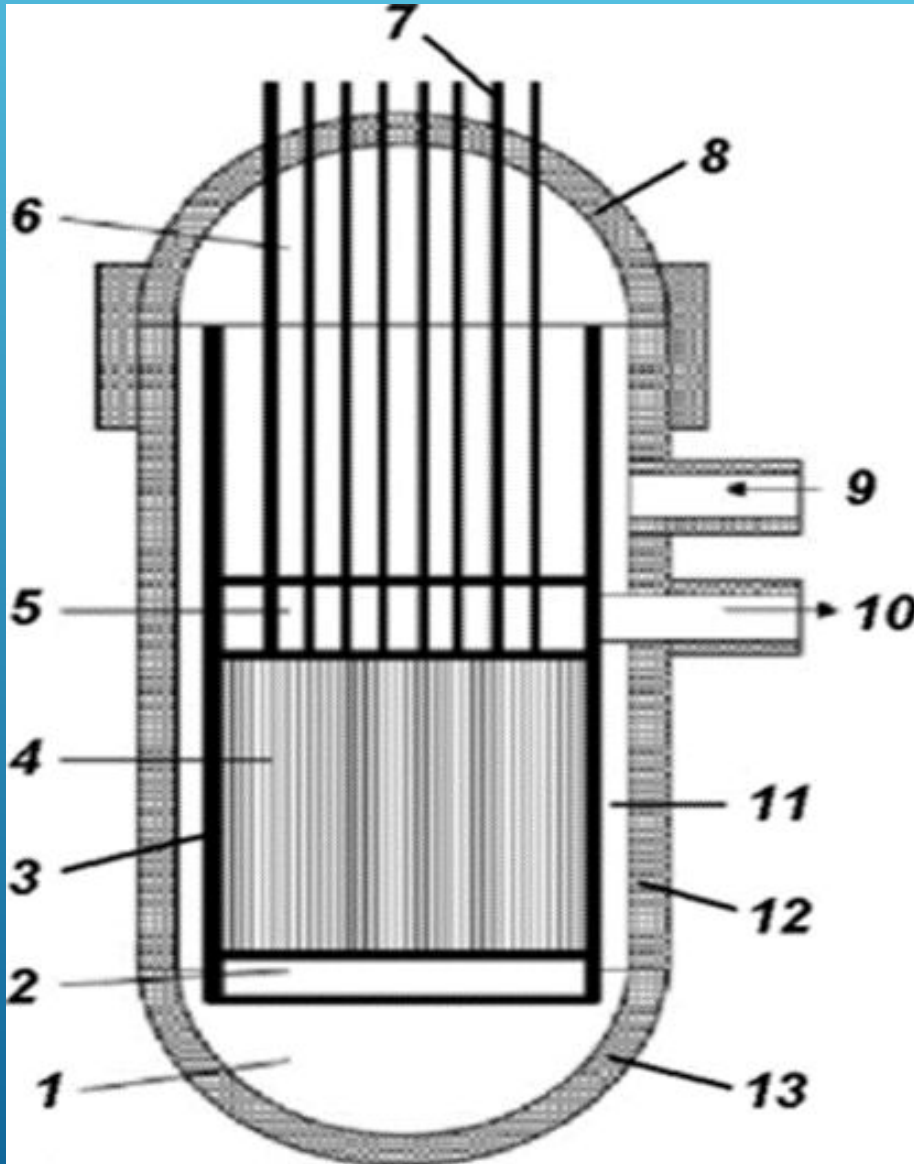


Рис. 7 Продольный разрез реактора НРЛWR: 1 - нижняя камера реактора; 2 - смешительная камера; 3 - корзина активной зоны; 4 - активная зона; 5 - паровая камера; 6 - верхняя камера реактора; 7 - регулирующие стержни; 8 - крышка реактора; 9 - питательная вода; 10- пар к турбине; 11 - опускной канал; 12- обечайка корпуса; 13 - днище



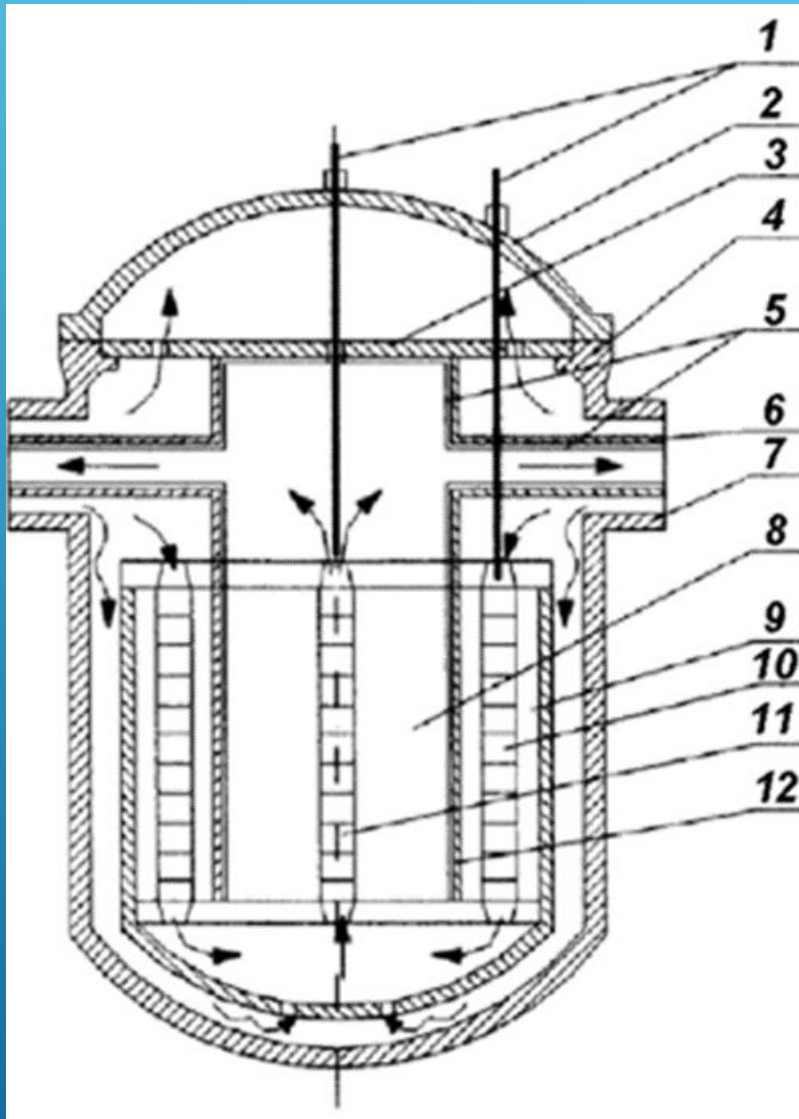


Рис. 9 Двухходовая схема охлаждения ТВС ядерного реактора СКД с быстро резонансным спектром нейтронов: 1 - стержни СУЗ; 2 - крышка реактора; 3 - внутренняя крышка; 4 - корпус; 5 - теплоизоляция; 6 - выходной патрубков; 7 - входной патрубков; 8 - активная зона; 9 - шахта; 10 - ТВС опускного участка; 11 - ТВС подъемного участка; 12 - разделительная обечайка

## Элементы конструктивной схемы теплотехнологического реактора

В высокотемпературных топливных теплотехнологических установках используется широкий набор источников энергии (теплоты):

-топливо с воздушным окислителем (ТВ);

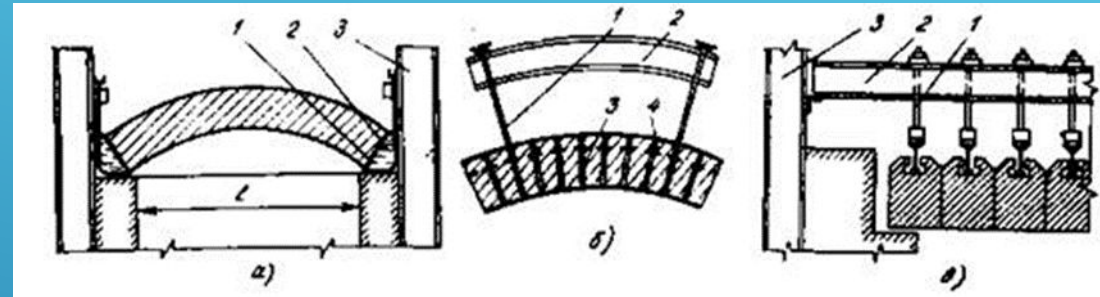
-топливо с обогащенным кислородом воздухом (ТОВ);

-топливо с технологическим кислородом (ТК);

-продукты горения топлива (ПГ) от смежных огнетехнических установок (ДГ — дымовые газы, т. е. продукты практически полного сжигания топлива; ПГ — продукты неполного сжигания топлива);

-комбинированные источники энергии, к числу которых относятся ТВ и ТК при их совместном использовании; ТВ (ТК) совместно с электроэнергией (ЭЭ); ТВ совместно с ПГ; другие варианты сочетаний источников энергии.

## Разновидности сводов теплотехнологических реакторов



А-распорный  
Б- распорно-подвесной  
В – подвесной

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направленный прямой режим радиационного теплообмена обеспечивается созданием градиента температур по толщине пламени с приближением максимума температур к поверхности металла, т.е. когда плотность излучения газов на поверхность металла больше чем на кладку. Это достигается неравномерным распределением температуры и степени черноты в объёме газа, печи. Если максимум температуры и степени черноты располагается непосредственно у поверхности нагрева, то прямой направленный теплообмен будет выражен наиболее ярко. Изменение температуры и степени черноты по сечению газового слоя является важным средством для увеличения теплоотдачи на поверхность нагрева и облегчения условий службы кладки. Степень развития кладки на теплоотвод влияет меньше чем при равномерно распределённом. Прямой направленный теплообмен создают окислением топлива в факеле.

## Список используемой литературы

1. Гуляев, В. Теплотехника / В. Гуляев. - М.: Профессия, 2009. - 352 с.
2. Дзюзер, В.Я. Теплотехника и тепловая работа печей: Учебное пособие / В.Я. Дзюзер. - СПб.: Лань, 2016. - 384 с.
3. Иванов, И.Е. Теплотехника: Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / М.Г. Шатров, И.Е. Иванов, С.А. Пришвин; Под ред. М.Г. Шатров. - М.: ИЦ Академия, 2013. - 288 с.
4. Круглов, Г.А. Теплотехника: Учебное пособие / Г.А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. - СПб.: Лань, 2012. - 208 с.
5. Круглов, Г.А. Теплотехника: Учебное пособие / Г.А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. - СПб.: Лань, 2010. - 208 с.
6. Круглов, Г.А. Теплотехника: Учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. - СПб.: Лань, 2012. - 208 с.
7. Кудинов, В.А. Теплотехника: Учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - М.: Курс, 2012. - 80 с.
8. Луканин, В.Н. Теплотехника / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров и др. - М.: Высшая школа, 2009. - 671 с.
9. Руднева, Л.В. Теплотехника: Учебное пособие / Л.В. Руднева. - СПб.: Лань П, 2016. - 208 с.
10. Семенов, Ю.П. Теплотехника: Учебник / Ю.П. Семенов, А.Б. Левин. - М.: Инфра-М, 2013. - 192 с.
11. Синявский, Ю.В. Сборник задач по курсу Теплотехника / Ю.В. Синявский. - СПб.: Гиорд, 2010. - 128 с.
12. Синявский, Ю.В. Сборник задач по курсу «Теплотехника» / Ю.В. Синявский. - СПб.: ГИОРД, 2010. - 128 с.