

1. Винокуров А. Е., Григорьева О. К. Модернизация энергоблоков с ПТ-турбинами путем применения низкокипящего контура с фреоновой турбиной // Энергетика и теплотехника: сб. науч. трудов. – 2015. - Вып.19. - С.70-76
2. Тригенерационный энергокомплекс на низкокипящих теплоносителях/ Шадек Е. Г., Маршак Б. И., Крыкин И. Н. и др // Энергосбережение. – 2015. – №5. – С. 58–63.
3. Утилизация сбросной теплоты технологических процессов промышленного предприятия с целью выработки электроэнергии / Шубенко А. Л., Бабак Н. Ю., Сенцкий А. В. и др // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – №07 (101). – С. 23–29.

### **Многоцелевой научно-исследовательский реактор на быстрых нейтронах (МБИР).**

#### **Основы конструкции и физики**

*Плотников В.А.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

*E-mail: TroJioJio47@gmail.com*

#### Введение:

В этой статье автор предполагает, что слушатели знакомы с технологиями реакторов на быстрых нейтронах.

Отличительной особенностью исследовательской ядерной установки (ИЯУ) МБИР, по сравнению с действующим в настоящее время исследовательским реактором на быстрых нейтронах БОР-60, является наличие большого количества экспериментальных объемов в активной зоне (АЗ) и отражателе реактора, которые позволяют проводить массовые реакторные испытания для ядерно-энергетических систем 4-го поколения, а также наличие экспериментальных каналов, в которые можно поместить экспериментальную тепловыделяющую сборку и охлаждать её независимо от первого контура.

Ввод в эксплуатацию ИЯУ МБИР обеспечит непрерывность уникальных экспериментальных работ для различных инновационных направлений в области использования атомной энергии, а также научно-исследовательских работ и опытно-конструкторских работ необходимых для подтверждения возможности длительной и безопасной работы как тепловых, так и быстрых реакторов, включая работы по замыканию ядерного топливного цикла.

#### Исследовательская ядерная установка с реактором МБИР предназначена для:

- замещения вырабатываемого продлённый ресурс опытного реактора на быстрых нейтронах БОР-60;
- обеспечения выполнения широкого спектра исследовательских и экспериментальных работ с использованием реакторного излучения по различным направлениям;

#### Основные направления использования МБИР:

- массовые реакторные испытания и исследования перспективных конструкционных материалов для ЯЭУ следующих поколений и термоядерных реакторов;
- массовые реакторные исследования макетов новых тепловыделяющихборок на основе перспективных видов топлива ЯЭУ следующих поколений;
- проведение реакторных экспериментов для решения проблем замкнутого топливного цикла;
- исследования поведения и обоснование работоспособности топлива в переходных, циклических и аварийных режимах (повышение надежности и безопасности работы ядерных реакторов);
- производство радиоизотопной продукции;
- создание нейтронных пучков для прикладных и медицинских целей;
- нейтронно-физические и фундаментальные исследования;
- выработка тепловой и электрической энергии.

#### Часть 1: Основы конструкции реактора МБИР

Все оборудование АЗ скомпоновано в специальном корпусе. Корпус для надежности выполнен двухслойным (после первого слоя стоят датчики протечки натрия) и он ставится в герметичную бетонную шахту, в которой размещены отражатели и поглотители нейтронов, а также тепловая защита. Все они защищают шахту от повреждений.

Сверху в активную зону ведут исполнительные механизмы системы управления и защиты (СУЗ) и экспериментальные каналы. Вследствие «прозрачности» слоя натрия над АЗ для

нейтронного излучения, активная зона сверху закрывается поворотной крышкой биологической защиты.

Над бетонной шахтой возведен герметичный корпус, который не даст выйти радиоактивным веществам из реакторной установки даже в случае запроектной аварии.

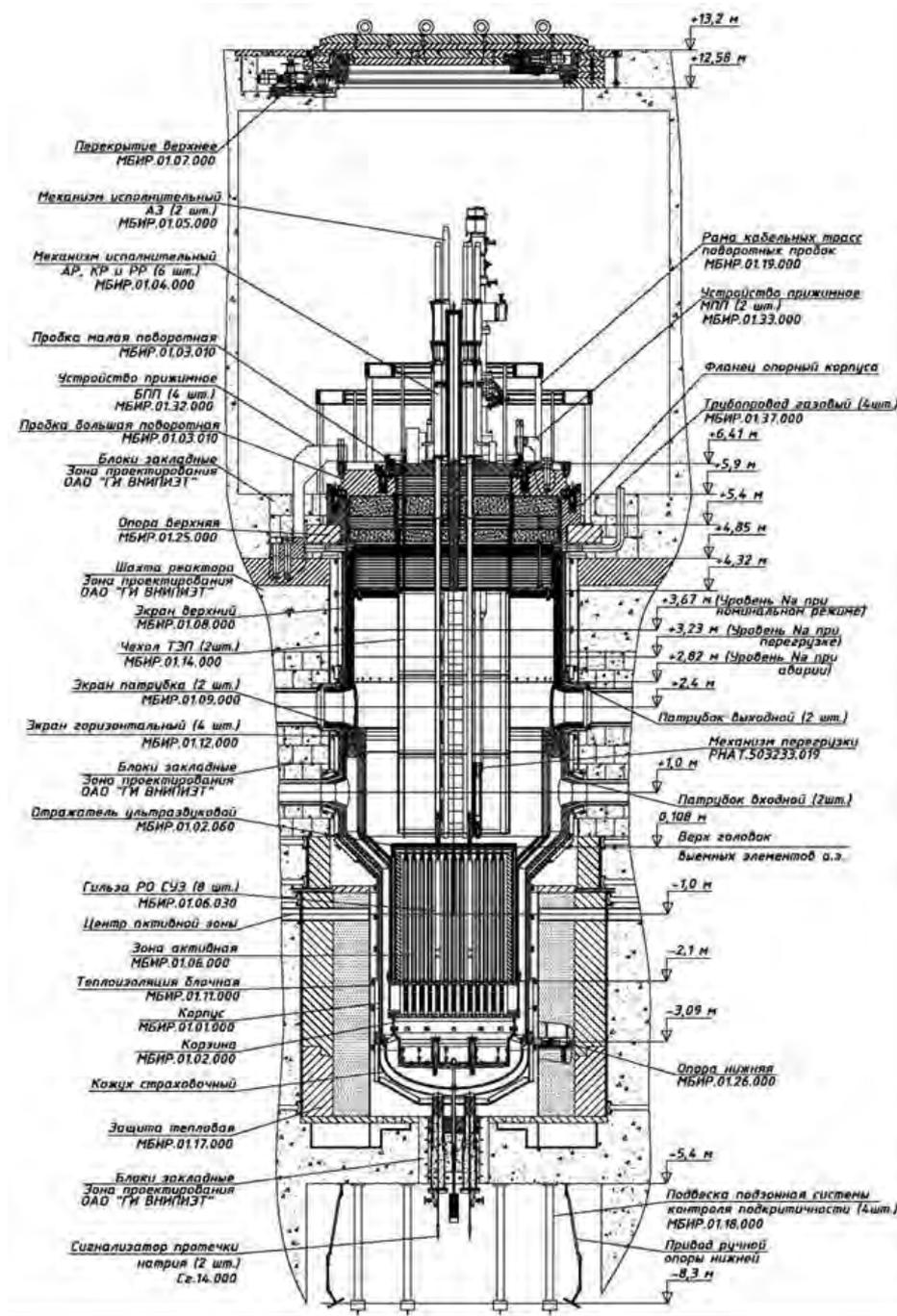


Рис 1. Конструкция реактора МБИР

Под активной зоной размещен поддон, предназначенный для безопасного улавливания фрагментов АЗ в случае её полного плавления; при этом исключено образование локальных критических масс в поддоне, которые грозят плавлением последнего.

В активной зоне размещаются:

- тепловыделяющие сборки (ТВС);
- ловушки нейтронов (органы СУЗ);

- экспериментальные каналы;
- материаловедческие сборки;
- сборки бокового экрана;
- отработавшие ТВС;
- сборки зоны внутриреакторного хранилища;
- экспериментальные каналы с независимым охлаждением испытуемых ТВС (также называемые петлевые каналы).

Часть 2: Физические характеристики реактора МБИР

Под физическими характеристиками здесь понимается распределение потока нейтронов по активной зоне и зоне воспроизводства, радиальное распределение мощности по АЗ и спектр нейтронов в среднем по АЗ.

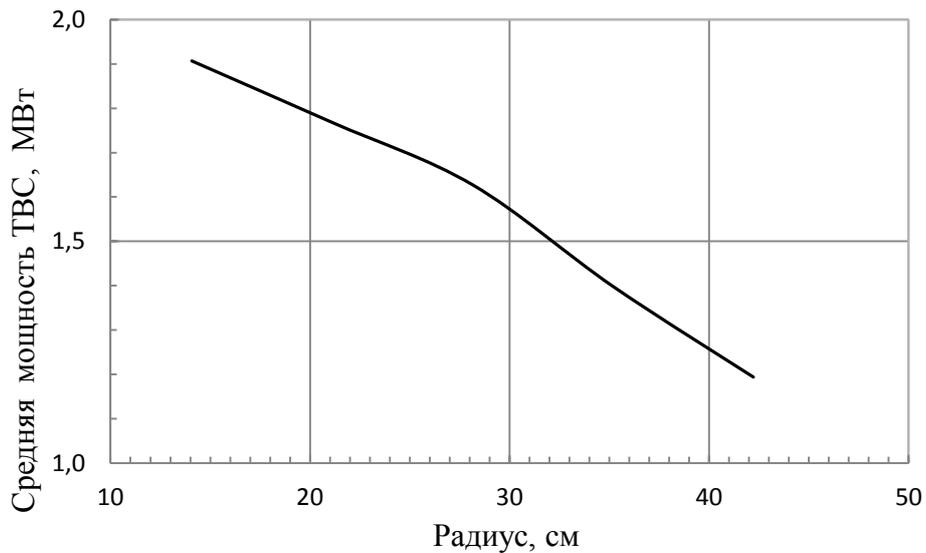


Рис 2. Радиальное распределение тепловой мощности по активной зоне

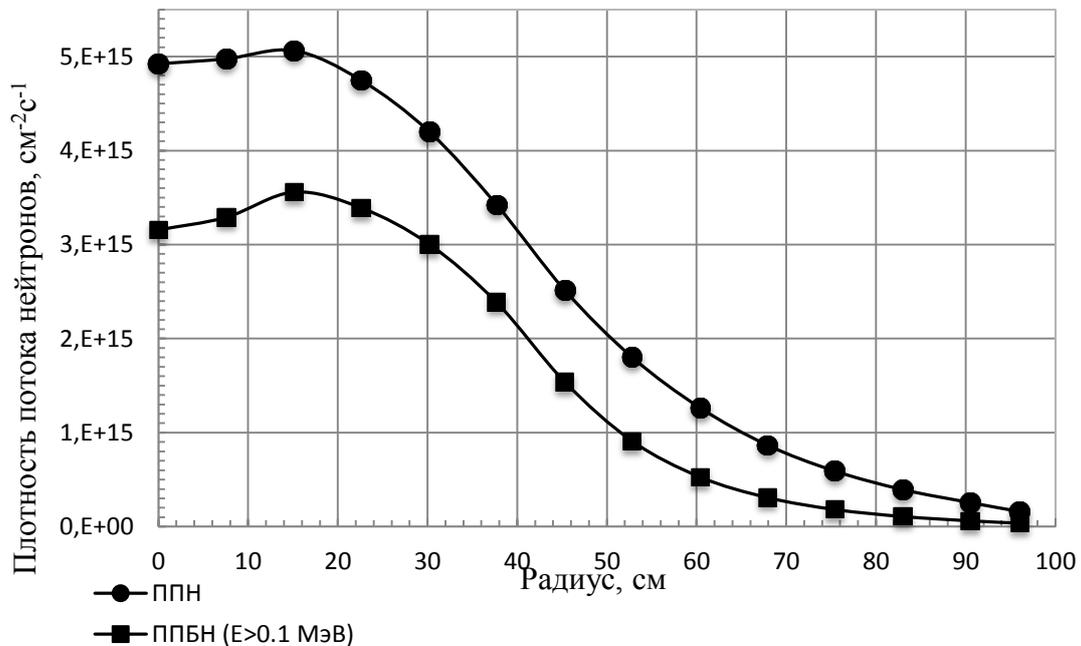


Рис 3. Распределение потока нейтронов по активной зоне и по боковому экрану

*ППН – плотность потока нейтронов в общем по активной зоне*

*ППБН (E > 0,1 МэВ) – плотность потока быстрых нейтронов (энергией больше, чем 0,1 МэВ)*

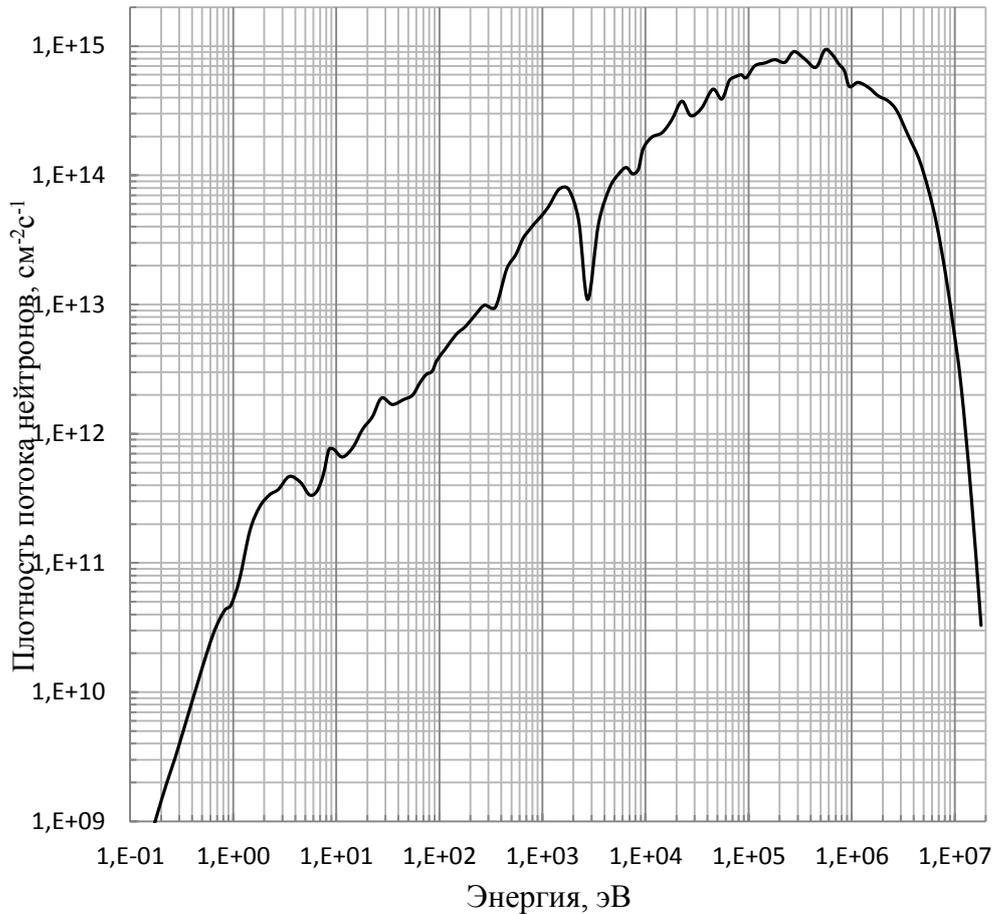


Рис 4. Спектр нейтронов в среднем по активной зоне

Таблица 1. Нейтронные характеристики экспериментальных каналов реактора МБИР

Экспериментальный объем	Локализация	Количество ЭУ	Количество ячеек, отводимое под размещение одного ЭУ	Максимальная ППН, достигаемая в ЭУ, см <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>
ЦПК	центр АЗ	1	7	$5,0 \cdot 10^{15}$
ЭК1	АЗ	1	1	$4,0 \cdot 10^{15}$
ЭК2	АЗ	1	1	$3,5 \cdot 10^{15}$
ЭК3	АЗ	1	1	$3,1 \cdot 10^{15}$
Ячейки для МС и ИС	АЗ	1314	1	$2,5-4,8 \cdot 10^{15}$
ПК1	1-й ряд БЭ	1	7	$2,0 \cdot 10^{15}$
ПК2	3-й ряд БЭ	1	7	$1,3 \cdot 10^{15}$

Примечания: ПК – петлевой канал (Ц – центральный, 1-2 – эксцентричные);

ЭК – экспериментальный канал;

МС – материаловедческая сборка;

ИС – исследовательская сборка;

БЭ – боковой экран;

ЭУ – экспериментальное устройство;

ППН – плотность потока нейтронов.

Кроме экспериментальных устройств, размещенных в активной зоне и боковых экранах, существует большое множество экспериментальных каналов, размещенных в отражателе нейтронов, но данные о плотности потока нейтронов в них отсутствуют.

**Список литературы:**

1. Промежуточный отчет по обоснованию безопасности. Глава 1. Введение
2. Промежуточный отчет по обоснованию безопасности. Глава 2. Общее описание ИЯУ МБИР
3. Промежуточный отчет по обоснованию безопасности. Глава 3. Принципы обеспечения безопасности ИЯУ МБИР
4. Промежуточный отчет по обоснованию безопасности. Глава 6. Системы, важные для безопасности.
5. Промежуточный отчет по обоснованию безопасности. Глава 9. Эксплуатационные пределы и пределы безопасной эксплуатации
6. Отчет по производственной практике «Особенности конструкции и физики исследовательского реактора МБИР», Колобова Д.В.

**Применение новых технических решений при проведении режимно-наладочных работ котла П-57-3Р***Попов С.А.**Новосибирский государственный технический университет, Россия, г. Новосибирск  
E-mail: stepan\_55\_5@mail.ru*

Котельный агрегат П-57 был запроектирован для установки на блоках 500 МВт. В 90-70-х годах прошлого века на ряде ГРЭС в России и Казахстане было установлено 16 таких блоков. В процессе освоения оборудования претерпевал изменения и котельный агрегат. В итоге возник ряд модификаций – П-57-2, П-57-3, П-57-3М, П-57-3Р. По пароводяному тракту П-57-2 отличается от изначальной модели измененной конструкцией потолочного экрана за счет установки промежуточных коллекторов перед опускным участком. На котле П-57-3 этот участок был исключен, а на его место была продлена ВРЧ. Это было связано с тем, что на первом котле было обнаружено явление опрокидывания среды в потолочном перегревателе, приводило к выбегам температур среды в некоторых змеевиках перед входным коллектором до 600 °С при расчетной за поверхностью 459°С. Обусловлено это было тем, что потолочный экран имел опускной участок с перепадом высот 8...12 м, который закрывал боковые стенки поворотной камеры.

Конструктивные отличия котлов П-57-3 и П-57-3М также в основном относятся к пароводяному тракту, а именно:

- 1) Вместо переходной зоны предусмотрена вторая ступень экономайзера;
- 2) Изменено соотношение поверхностей НРЧ и СРЧ – стык между ними поднят на 7 м;
- 3) Уменьшено количество змеевиков на ширмах второй ступени;
- 4) Закорочен третий змеевик на ширмах второй ступени;
- 5) Уменьшена поверхность теплообменника на 12 секций (120 секций вместо 132).

Котел П-57-3Р был запроектирован для Экибастузской ГРЭС-1, в 2015 году ОАО «Сибтехэнерго» были проведены режимно-наладочные работы на данном котле. Котельный агрегат выполнен в однокорпусном исполнении с Т-образной компоновкой расположения поверхностей нагрева, с твердым удалением шлака, предназначен для работы на уравновешенной тяге.

Топочная камера котла открытая, призматическая прямоугольного сечения с размерами сторон 9840x21840 мм.

Топочная камера экранирована трубами поверхностей:

- НРЧ-1и НРЧ-2 – вертикальные одноходовые панели;
- СРЧ -1 и СРЧ-2- вертикальные одноходовые панели;
- ВРЧ- горизонтальные панели;
- ПЭ – горизонтальные панели.

Поверхность ДЭ выполнена в виде глубоко опущенных в топку ширм.

В верхней части топки расположены ширмовые поверхности первичного тракта ШПП-1 (крайние) и ШПП-2( средние).

В опускных газоходах конвективных шахт расположены конвективные пакеты первичного тракта КПП, вторичного тракта КВП-2, КВП-1 и пакеты водяного экономайзера. Змеевики конвективных поверхностей нагрева расположены перпендикулярно фронту котла.

Для проведения растопок котла из всех тепловых состояний между ПЭ и ВРЧ выполнен растопочный узел, в состав которого входят:

- встроенная в тракт задвижка ВЗ;