



РОСАТОМ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

ОСОБЕННОСТИ АКТИВНЫХ ЗОН ПЕРСПЕКТИВНЫХ БЫСТРЫХ РЕАКТОРОВ

А.В. Гулевич, В.А. Елисеев, Д.А. Клинов, И.В. Малышева,
И.В. Бурьевский

28.11.2019

1. Первые этапы развития ЯЭ

До 1986 г. предполагалось интенсивное развитие ядерной энергетики при дефиците природного урана. Задача быстрых реакторов - обеспечение этого развития топливом: короткое время удвоения, высокий КВ, высокая теплонапряженность, короткая кампания. Типичный представитель - БН-600.

На 2 этапе (после Чернобыльской аварии) главным стало обеспечение безопасности, в т.ч. в запроектных и постулируемых авариях. Одной из важнейших характеристик стал пустотный эффект реактивности (не должен иметь положительных значений).

Для этого активная зона БН-800 была уплощена (высота стала 90 см) и удален верхний торцевой экран (появилась натриевая полость). Типичный представитель - БН-800 .

Сегодняшнее состояние разработок быстрых реакторов. БН-600

- Главной задачей сегодняшнего этапа (с 2010 г.) стала конкурентоспособность: снижение затрат на сооружение, повышению топливной экономичности, увеличению КИУМ.
- Что происходит с быстрыми реакторами сегодня:
 - БН-600 - переход на радиационно-стойкую оболочечную сталь ЭК164 (допускает повреждающую дозу 120 сна, т.е. позволяет увеличить кампанию и выгорание топлива на 25-35%). В настоящее время половина зоны БН-600 загружена сборками с такой сталью.
 - Далее - модернизация активной зоны: чтобы не менять обогащение урана в топливе, будут изменены границы ЗСО-ЗБО и увеличено число ТВС. Длительность кампании БН-600 увеличится с 592 до 800 эфф. сут. при четырехкратной перегрузке

Сегодняшнее состояние разработок быстрых реакторов. БН-800

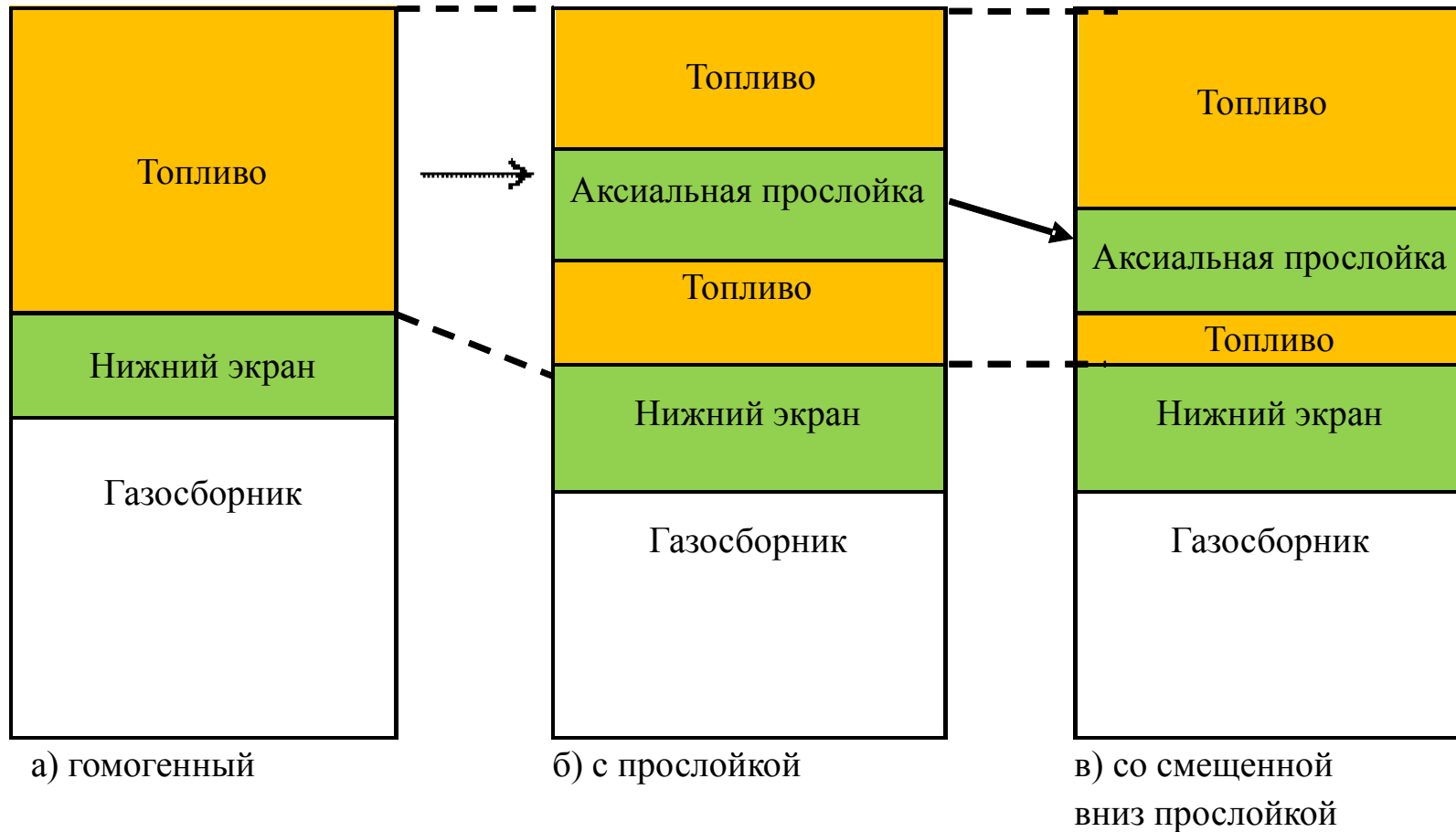
- БН-800 - планируется переход на сталь ЭК164. Сегодняшняя кампания - 3*155 эф.сут., с ЭК164 будет кампания 4*145 эф.сут
- Потребуется модернизация активной зоны: ее расширение и увеличение содержания плутония в МОКС-топливе. Увеличение длительности микрокампаний невозможно из-за низкой эффективности системы СУЗ
- Дальнейшее развитие БН-800 связано с введением в активную зону аксиальной прослойки. Она позволит увеличить кампанию до 4* 170 эф. сут.

..

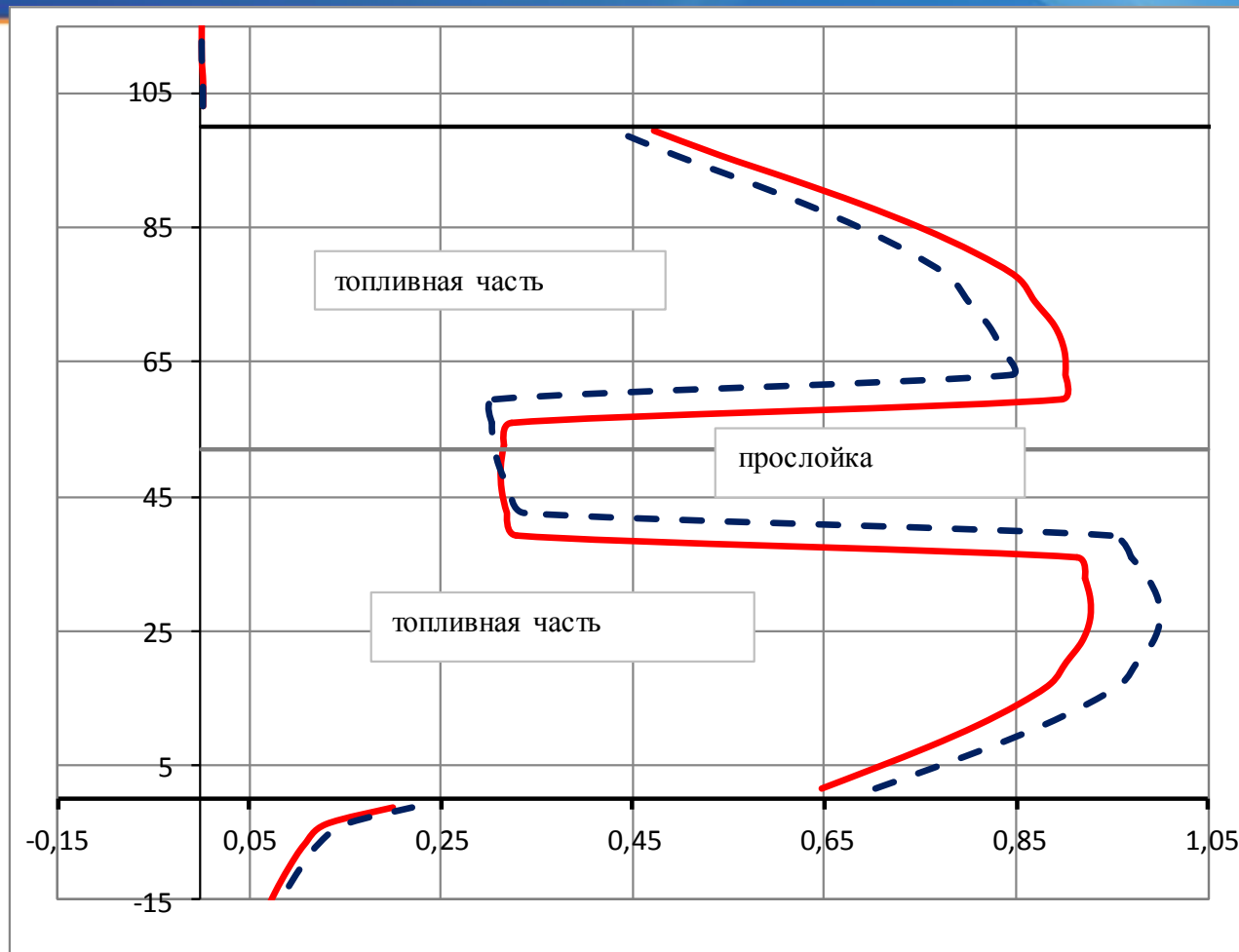
Современное состояние разработок быстрых реакторов. БН-1200

- за счет отказа от ряда элементов и оптимизации конструкции достигнуто полуторакратное снижение металлоемкости РУ БН-1200.
- Безопасность обеспечивается за счет плоской активной зоны (высотой 85 см) с натриевой полостью. Для топливной экономичности принят «толстый» ТВЭЛ диаметром 9.3 мм и кампанией топлива 5 лет. Это снижает годовой расход ТВЭлов и ТВС в 2.5 раза. Но - в таком реакторе невозможно обеспечить ни годовую микрокампанию (из-за недостаточной эффективности СУЗ), ни пятилетнюю кампанию топлива (из-за превышения повреждающей дозы на оболочки).
- Потребовалась серьезная модернизация проекта - введение аксиальной прослойки из диоксида обедненного урана. Но - прослойка должна располагаться не в центральной плоскости активной зоны, а со смещением вниз на 3-5 см.

Трансформация активной зоны БН-1200



Выравнивание тепловыделений в вертикальном направлении



Вертикальное распределение энерговыделения в активной зоне с симметричной и смещенной прослойкой

Сегодняшнее состояние разработок быстрых реакторов. БН-1200

Аксиальная прослойка позволяет:

- повысить обогащение топлива на четверть, и, как следствие, пропорционально снизить нейтронный поток и радиационную повреждаемость оболочек твэл. Это позволит увеличить кампанию топлива до 5 лет
- снизить запас реактивности на выгорание, не ухудшая эффективность систем СУЗ. Это позволит увеличить микрокампанию до 1 года
- выровнять поле тепловыделения в вертикальном направлении, снизить максимальную теплонапряженность
- улучшить протекание запроектных аварий типа ULOF
- Такой способ снижения скорости накопления повреждающей дозы одинаково эффективен как для МОКС, так и для СНУП топлива

Спасибо за внимание !