

# КОНЦЕПЦИЯ ОБРАЩЕНИЯ С MOX И REMIX ТОПЛИВОМ НА АЭС С РУ АЭС-2006

Д.В. Суров, В.Н. Чернышев

## Введение

Настоящая статья выполнена с целью освещения вопросов, связанных с возможным использованием MOX и REMIX топлива на АЭС с РУ проекта АЭС-2006.

В концепции рассмотрены следующие вопросы:

- доставка топлива на АЭС;
- приёмка и хранение топлива;
- транспортирование топлива в РО;
- загрузка топлива в реактор.

Решение данных вопросов проводилось путём анализа применимости существующего оборудования (для обращения с урановыми ТВС) для обращения с MOX и REMIX топливом. Были определены: перечень оборудования, подлежащего разработке, расчетные оценки, связанные с различными аспектами возможного использования MOX и REMIX топлива. Приведены характеристики MOX и REMIX топлива, отличающие его от традиционного уранового топлива и связанные с этим возможные изменения конструкции оборудования РУ.

Под MOX топливом (англ. Mixed-Oxide fuel – смешанное оксидное топливо) понимается ядерное топливо, содержащее диоксиды плутония и обедненного урана. Изотопный состав плутония соответствует изотопному составу плутония, содержащегося в ОЯТ, выгружаемом из легководных энергетических ядерных реакторов.

Под REMIX топливом (REMIX – REgenerated MIXture of U-, Pu-oxides) понимается ядерное топливо, содержащее смесь обогащенного урана с ураном и плутонием, которые выделяются при переработке ОЯТ. Эта технология подразумевает повторное использование не только плутония, содержащегося в ОЯТ, но и остаточного количества U-235.

## Свежее MOX и REMIX топливо

Свежая ТВС MOX отличается значительным тепловыделением. Примерно на порядок меньше тепловыделение в ТВС с REMIX топливом. В обычном свежем урановом топливе тепловыделение крайне незначительно - сотые доли Вт.

Активность и интенсивность излучения свежих ТВС с MOX и REMIX топливом значительно (на несколько порядков) больше, чем для ТВС с топливом на основе обогащенного урана. В свою очередь, значения тех же характеристик ТВС с MOX топливом почти на порядок превышают ТВС с REMIX топливом.

Таким образом, радиационные характеристики и тепловыделение свежих ТВС MOX не позволяют в полной мере использовать применяемое в настоящее время оборудование для транспортирования и хранения свежего уранового топлива.

## Отработавшее MOX и REMIX топливо

При временах выдержки, более суток наибольшее остаточное тепловыделение имеет ОЯТ ТВС с MOX топливом, наименьшее у ОЯТ ТВС с обычным урановым топливом. Остаточное тепловыделение ТВС с REMIX топливом находится между ними. Необходимо отметить, что с увеличением времени выдержки различие увеличивается.

Активность ТВС с MOX и REMIX топливом увеличивается с ростом времени выдержки по сравнению с урановыми ТВС. В свою очередь, значение активности ТВС с MOX топливом превышают ТВС с REMIX топливом (примерно в 2 раза при времени выдержки в 10 лет).

Интенсивность  $\gamma$ -излучения рассматриваемого отработавшего топлива примерно одинакова при различных временах выдержки.

Интенсивность нейтронного излучения отработавшего REMIX топлива на порядки превышает интенсивность других видов топлива, что связано с большим содержанием плутония в выгоревшем топливе.

### **Обращение с МОХ топливом**

В случае использования штатного ХСТ для приемки и хранения свежего МОХ топлива потребовались бы разработка, изготовление и модернизация значительного количества оборудования, используемого для входного контроля свежего топлива. Также может потребоваться изменение проектных решений по строительным сооружениям на площадке АЭС, включая сооружение отдельного ХСТ для приёмки и хранения свежего МОХ топлива.

С целью исключения существенной модернизации проекта АЭС, данной концепцией принято применение ТУК отработавшего топлива для транспортирования свежего МОХ топлива.

Применение данного ТУК предполагает проведение следующих действий.

ТУК загружается свежими ТВС МОХ на заводе-изготовителе ТВС МОХ и транспортируется на площадку АЭС.

ТУК со свежими ТВС МОХ завозится в РО энергоблока и устанавливается в колодец перегрузки.

После установки ТУК в колодец перегрузки, заполненный водой, осуществляется снятие крышки с использованием штатного оборудования.

Свежие ТВС МОХ извлекаются из ТУК с помощью МП и, под слоем воды, устанавливаются в ячейки стеллажей БВ. Входной контроль ТВС МОХ осуществляется по согласованной Поставщиком и Заказчиком программе и включает проверку условий транспортирования ТУК по датчикам ударов и толчков и визуальный осмотр ТВС МОХ в процессе выгрузки из контейнера при помощи штатной СТС МП.

После выгрузки из ТУК свежих ТВС МОХ в него устанавливаются ОТВС, предназначенные к выгрузке из БВ. Таким образом, осуществляется последовательная замена ОТВС в БВ на свежие ТВС МОХ, при этом не требуется наличия в БВ дополнительных ячеек для размещения свежих ТВС МОХ и сохраняется необходимое количество ячеек в БВ для выгрузки всей активной зоны.

Обращение с ТВС МОХ при их загрузке, выгрузке, перестановке в реакторе и в бассейне выдержки, а также контрольные операции (по определению герметичности) выполняются по штатной схеме обращения с топливом.

Вывоз ОТВС с АЭС, включая отработавшие ТВС МОХ, выполняется в ТУК по штатной схеме вывоза отработавшего топлива.

### **Обращение с REMIX топливом**

Ввиду повышенного, увеличивающегося со временем, радиационного фона вблизи свежих ТВС на основе REMIX топлива, а также вблизи КУ и чехла, в случае применения штатной схемы обращения с топливом необходимо введение следующих организационных мер по ограничению времени обращения со свежими ТВС REMIX для снижения радиационной нагрузки на персонал:

- отнесение помещения ХСТ к категории периодически обслуживаемых;
- допустимое время нахождения персонала в помещении ХСТ должно определяться исходя из значений мощности дозы в конкретных местах обслуживания и критериев по допустимой годовой дозе для персонала категории А.

Допустимое время нахождения персонала в ХСТ может быть увеличено в случае:

- применения дополнительной биологической защиты, например, в виде экранов, ослабляющих нейтронное и  $\gamma$ -излучение при проведении операций в ХСТ;
- отмены или максимального сокращения времени на входной контроль ТВС REMIX, при котором персонал находится в непосредственной близости от ТВС REMIX;

- максимального увеличения расстояния между ТВС REMIX и персоналом, который осуществляет входной контроль, за счет применения дистанционных устройств и средств видеоконтроля.

В случае превышения экспозиционной дозы при работе со свежими ТВС REMIX, необходимо использовать схему обращения с ТВС MOX.