

УДК 621.7.044.2

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ АЭС,
В Т.Ч. И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАНАЛОВ РЕАКТОРОВ РБМК-1000

В.В.ПАВЛОВ, С.Г.КУШНАРЕНКО, В.П.ЦЫГАНОВ, С.И.ПЛАНКОВСКИЙ,
А.О.САДОВСКИЙ

Сейчас только в странах СНГ в эксплуатации находится 44 ядерных блока АЭС, из них 14 – на базе реакторов РБМК-1000, которые относятся к реакторам на тепловых нейтронах или к так называемому "Чернобыльскому" типу. Каждый из них имеет до 2000 штук технологических каналов (ТК) с тепловыделяющими элементами с топливом. Время эксплуатации ТК составляет 10 лет. Исчерпание ресурса оборудования АЭС породило проблему его демонтажа, утилизации и захоронения. В области ядерной энергетики ставятся задачи снятия блоков АЭС с эксплуатации, ликвидация на них нештатных ситуаций, в том числе и ликвидация аварий и их последствий.

Как показывает статистика эксплуатации АЭС в странах СНГ и за рубежом, основные затраты ядерного топливного цикла ложатся на переработку и захоронение радиоактивных отходов (РАО) и элементов конструкции АЭС.

Поэтому разработка безотходной и безлюдной технологии разделки ТК и оборудования для ее реализации, которые позволят уменьшить дозовые нагрузки на обслуживающий персонал, а также сократить время простоя АЭС, либо отдельных ее блоков, несомненно актуальна и обладает практической ценностью.

В силу специфики и стесненных условий внутренних помещений АЭС к оборудованию для разделения, в т.ч. и технологических каналов, предъявляются такие требования, как дистанционное управление, использование роботов и манипуляторов, адаптивность к системам управления и условиям эксплуатации АЭС, минимальные габариты и масса, отсутствие передачи технологического усилия на строительные конструкции и фундамент, простота переналадки при порезке ТК во всем диапазоне его сечений. Технология же должна обеспечить улучшение экологии (при переработке ТК и РАО) и охраны окружающей среды, улучшить условия труда обслуживающего персонала, в т.ч. и за счет снижения дозовых нагрузок, повысить надежность работы оборудования в условиях высоких полей радиации, увеличить коэффициент заполнения контейнеров за счет повышения плотности упаковки РАО.

С учетом вышесказанного предлагается использовать технологию и оборудование для высокоскоростной резки холодного металла. При этом,

для снижения затрат на захоронение РАО, в оборудовании целесообразно совместить технологические операции порезки и компактирования элементов ТК путем их сплющивания. Такой процесс уменьшает радиальный разлет частей наружных графитовых колец ТК при их разрушении, обеспечивает возможность смены инструмента в оборудовании роботами и манипуляторами.

Предлагается техпроцесс, заключающийся в подаче ТК в рабочую зону машины, сплющивании части ТК по длине отрезаемой заготовки рабочими органами машины с последующим осуществлением сдвига сплющенной части трубы и одновременном сплющивании следующего участка ТК. После сдвига подвижные части машины возвращаются в исходное положение, а отрезанная заготовка вместе с кусками графитовых колец подается в контейнер с биозащитой.

Результатом научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ явилась опытно-промышленная технология утилизации ТК реакторов РБМК-1000 АЭС и компактное энергонасыщенное оборудование для ее осуществления - машина МИР-ТК, действующая по замкнутой силовой схеме, что исключает передачу технологического усилия на строительные конструкции здания АЭС либо на фундамент.

В оборудовании предлагается реализовать два процесса обработки металлов давлением - сплющивание трубы (штамповку) и высокоскоростную резку сдвигом. Совмещение этих двух процессов позволяет расширить технологические возможности оборудования и, при необходимости, осуществить селекцию материалов, входящих в состав ТК.

Разрабатываемая технология и оборудование, ее реализующее, предназначены для дистанционного безотходного разделения отработанных радиоактивных ТК реакторов РБМК-1000, на части длиной 0,2...0,3 м и компактирования (сплющивания) этих частей до толщины $(2...3)S$, где S - толщина стенки трубы ТК) с последующим их захоронением.

Данная технология и оборудование могут быть также использованы для разделки труб и трубчатых элементов энергооборудования АЭС.

Предлагается взамен существующей технологии сквозная технология утилизации труб ТК непосредственно на месте эксплуатации без остановки реактора, по схеме - "реактор - оборудование импульсного действия - контейнер для РАО" с последующей транспортировкой контейнера к месту захоронения. Это позволит значительно уменьшить издержки по переработке и захоронению отработавшего технологического оборудования АЭС, а также значительно улучшить экологию и охрану окружающей среды.

В соответствии с поставленной задачей утилизации подлежит ТК в сборе с разрезными графитовыми кольцами. Разделка ТК осуществляется непосредственно после его демонтажа из активной зоны реактора. Место разделки - транспортная галерея под машинным залом станции. Время, необходимое для утилизации одного ТК - примерно 10 минут.

Быстродействие и надежность работы импульсного оборудования уменьшат дозы облучения обслуживающего персонала АЭС.

Была выполнена экспериментальная проверка возможности технической реализации предлагаемого техпроцесса при импульсном нагружении натуральных ТК на высокоскоростных стендах СМ-100 и ВК-20, использующих энергию горения газозоудной смеси.

В результате исследований установлено следующее:

- импульсные машины с газозоудным приводом энергетически обеспечивают процесс отделения и компактирования части ТК за один ход рабочего органа;

- отрезанные и сплюсненные части ТК представляют собой пластину с толщиной практически равной двум толщинам стенки ТК;

- при разделении и компактировании согласно предлагаемому техпроцессу отсутствует поворот штанги ТК;

- в процессе разделения происходит разрушение и осыпание охватывающих наружных графитовых колец.

В соответствии с техническим заданием были определены основные параметры техпроцесса разделения и компактирования труб ТК. Их соблюдение обеспечивает: разделение и компактирование ТК во всем диапазоне сечений и материалов; получение частей ТК, соответствующих техническому заданию; минимальный эксцентриситет технологических усилий относительно оси оборудования; минимальное смещение оси ТК при их разделении. Оценка энергосиловых параметров процесса произведена во всем диапазоне поперечных сечений трубы ТК с учетом изменения их геометрических размеров, а также марочного состава материалов, находящихся в данных сечениях.

Кроме этого предлагается улучшить технологию удаления отрезанных частей ТК из рабочей зоны оборудования за счет использования вновь разработанного нового способа сдвига ТК, при котором отрезаемой части ТК придается дополнительный импульс движения, используемый затем при укладке ее в контейнер. Также разработан новый способ ("ноу-хау") загрузки контейнеров для РАО, при котором используются инерционные силы отрезанных частей ТК при падении их из рабочей зоны оборудования. При этом осуществляется послойная укладка этих частей внутри контейнера. При укладке отрезанных частей ТК используются средства технического зрения и система гибкой обратной связи, которая позволяет координировать взаимное расположение контейнера для РАО и выводящего устройства оборудования.

Выполненная работа характеризуется актуальностью, новизной, практической значимостью, носит комплексный характер и направлена на создание технологии и оборудования для разделения и компактирования отрезанных радиоактивных технологических каналов реакторов РБМК-1000 АЭС для последующего захоронения.