

УДК 621.7.044.2

В. В. ПАВЛОВ,

С. Г. КУШНАРЕНКО, КАНД. ТЕХН. НАУК

С. И. ПЛАНКОВСКИЙ, КАНД. ТЕХН. НАУК

А. О. САДОВСКИЙ, КАНД. ТЕХН. НАУК

### КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАНАЛОВ (ТК) РБМК В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Исчерпание ресурса действующих энергоблоков АЭС на базе реакторов РБМК-1000 (Чернобыльская, Украина; Ленинградская, Смоленская, Курская, Россия; Игналинская, Литва), а также Чернобыльская катастрофа требуют незамедлительного решения вопросов их демонтажа, а для этого разработки новых технологии утилизации и оборудования для этого. Уже сейчас есть расчеты ведущих специалистов, которые показывают, что затраты на демонтаж выведенных из строя энергоблоков соизмеримы с их строительством.

Одним из наиболее перспективных путей разработки оборудования для разделения и компактирования технологических каналов реакторов РБМК (в одном их более 2000 шт.) является применение безотходных методов с высокими скоростями деформирования. Опыт эксплуатации высокоскоростного оборудования в машиностроении и металлургии подтвердил его высокую эффективность. Для его широкого внедрения определяющими стали требования высокой надежности и долговечности элементов конструкции и оснастки, что требует наличия эффективных методик проектирования. Тем более это важно при использовании данного оборудования в области ядерной энергетики, так как наличие высоких полей ионизирующих излучений требует его полной автоматичности и обеспечения бесперебойной работы в течение заданного времени. Существующие методы проектирования в одних случаях - чрезмерно упрощают расчетные схемы, в других - трудоемки. Поэтому требуется создание уточненных математических моделей проектируемых элементов конструкции, эффективных алгоритмов и программ для решения полученных краевых задач.

Анализ показал, что для проекторочных расчетов, специфика которых состоит в многократном повторении (с вариацией размеров и формы деталей) условия их закрепления и нагружения, наиболее перспективным является применение граничных методов. При этом учет временной составляющей решения реализуется методом разложения по модам с предварительным выделением квазистатических составляющих, предложенным А. И. Лиходедом, а учет геометрической информации - методом Я-функции В. Л. Рвачева. В качестве инструментальной базы для разработки прикладных программ выбрана программирующая система "Поле".

Проведенные вычислительные эксперименты показали возможность применимости некоторых граничных методов для поиска квазистатических составляющих, что позволило уменьшить время решения задач в 3...5 раз при погрешности не более 3%.

В связи с вышеизложенным были поставлены и решены следующие задачи:

1) разработаны математические модели наиболее нагруженных элементов конструкции высокоскоростной машины (МИР-ТК) для резки и компактирования технологических каналов РБМК АЭС - инструмента и плит;

2) разработано и практически реализовано программное обеспечение для проведения в системе "Поле" проектировочных расчетов инструмента и плит машины МИР-ТК.

Задача расчета напряженного состояния инструмента для резки технологических каналов формулировалась как плоская динамическая задача линейной теории упругости, а плит - как задача о динамическом поперечном изгибе пластины постоянной толщины. Сформулированы граничные условия для решения данных задач при различных конструктивных схемах крепления инструмента и плит.

Последовательность проведения проектировочных расчетов с использованием разработанного математического и программного обеспечения имеет ряд характерных этапов.

1. Задаются система уравнений, описывающих процесс нагружения проектируемой детали, условия ее закрепления, целевые функции и различного рода ограничения, накладываемые на варьируемые параметры. Определяются функции, задающие внешнюю нагрузку.

2. С помощью  $R$ -функции строятся уравнения, задающие форму проектируемой детали и характерных участков ее границы. Эти уравнения используются для получения структур задач на собственные колебания.

3. Аналитически определяются временные функции при квазистатических и динамических составляющих компонент перемещения, после чего осуществляется решение соответствующих краевых задач и определяется значение целевой функции (например, максимум эквивалентного напряжения) для данного варианта конструкции.

4. Задаются или определяются с помощью какого-либо алгоритма новые значения параметров проектирования, после чего повторяется решение прямой задачи.

Из рассмотренных вариантов выбирается тот, в котором целевая функция имеет экстремальное значение, а параметры проектирования удовлетворяют наложенным ограничениям.

Разработанное математическое и программное обеспечение позволяет вести проектировочный расчет инструмента произвольной формы и при лю-

бых его конструктивных схемах.

Путем элементарных изменений в разделах программы, описывающих геометрию задачи и ее краевые условия, она может быть использована для расчета плит иной конфигурации и условия закрепления. В качестве практических рекомендаций предложена доработка конструкции машины в части замены отверстия под рым-болт на оси симметрии плиты двумя отверстиями, разнесенными относительно опасной зоны.

В результате теоретического анализа взаимодействия ТК и оборудования при разделении длинномерных труб ТК ( $L = 18,5$  м) обычными способами установлен факт поворота трубы на некоторый угол и значительных линейных перемещении конца трубы, приводящим к нагрузкам, как на режущее, так и вспомогательное оборудование, а также на строительные конструкции здания АЭС. Т.к. ТК имеет переменное поперечное сечение, то были установлены оптимальные соотношения между высотой инструмента, длиной обжимающего выступа и толщиной сплюсненной трубы. Удлинение гибкой связи и изгиб канала, вызванные приложением момента со стороны инструмента устранены в новом способе разделения ТК, при котором на первом рабочем ходе машины осуществляется только операция обжатия концевой части, а на последующих ходах - одновременное обжатие следующей части со сдвигом ранее обжатого конца, что исключает поворот ТК. Перемещение верхнего торца ТК в зону резки компенсируется или удлинением гибкой связи или введением специального упругого звена. Уменьшение усилия на гибкой связи может быть достигнуто также путем снижения силы трения между плоскостями ТК и машины.

Технология удаления отрезанных частей ТК из рабочей зоны машины улучшена за счет нового способа сдвига ТК, при котором отрезаемой части ТК придается дополнительный импульс движения. Разработан и новый способ ("ноу-хау") загрузки контейнеров для РАО, при котором используются инерционные силы отрезанных частей ТК при падении их из рабочей зоны машины и осуществляется послойная укладка внутри контейнера.

Кроме этого прорабатывалось техническое предложение, касающееся выдачи рекомендации для разработки малогабаритного оборудования для разделки элементов оборудования АЭС на базе уже освоенных промышленностью средств механизации, представляющих собой многофункциональный ручной инструмент и приспособления, оснащенные системой гидроусиления, выполненные на базе пневмо-гидравлического насоса УРГР-01А-100(01). Ими можно выполнять работы по монтажу (демонтажу), опрессовке, порезке металлических конструкций в условиях отсутствия внешних источников энергии. Наибольший эффект от их применения может быть достигнут при ликвидации аварии, стихийных бедствии и ведении спасательных работ, в т.ч. и на АЭС, при этом на первое место выдвигается мобильность и широкие

возможности оборудования.

Однако все они основаны на использовании мускульной силы человека, что не всегда возможно (например, в стесненных условиях, при невозможности длительного нахождения в аварийной зоне при радиоактивном заражении и т.д.). Новая разработка предусматривает упрощение их конструкции путем замены источника получения энергии на порох или спепатроны, заряженные газом или газо-воздушной смесью, что позволит увеличить энергооборуженность спецсредств, их быстродействие.

#### Список литературы

1. К вопросу утилизации трубчатых элементов энергооборудования АЭС. // Павлов В.В., Садовский А.О., Валени И.Ю. и др. / В кн. "Обработка металлов давлением в машиностроении". Харьков, изд-во ХГУ. 1991. №27. -С.35-37.

2. Павлов В.В., Кушнарченко С.Г., Садовский А.О. Разработка экологически чистой технологии утилизации трубчатых элементов энергооборудования АЭС, в том числе и технологических каналов реакторов РБМК-1000. Тез. докл. на первой международной конференции "новые технологии в машиностроении". Рыбачье-Харьков, 1992, с. 132-134.

3. А.С. N.1807630 м.кл 4 B23d 21/00 (заявка N 4776072/27) "Способ резки длинномерного проката" авторов Садовского А.О., Валени И.Ю., Павлова В.В. и др. .

4. Павлов В.В., Кушнарченко С.Г., Планковский С.И. Теоретическая оценка энергосиловых параметров процесса утилизации отработавших технологических каналов (ТК) реакторов. Тез. докл. на третьей международной конференции "новые технологии в машиностроении", Рыбачье-Харьков, 1994, с.223-224.