

Национальные сообщения

Опыт и перспективы работ во Франции

Наглядная демонстрация – главная задача многоцелевой программы исследований и разработок

Андрэ Крегю

Сорок лет работы в ядерной области показали, что промышленность способна обеспечить проектирование, эксплуатацию и поддержание в исправности ядерных установок всех типов. Был накоплен значительный опыт по проведению различного рода операций в опасных для человека условиях, таких как осуществление ремонтных работ в аварийных ситуациях, модификация оборудования, капитальный ремонт установок после аварий, демонтаж некоторых установок или приведение их в состояние готовности.

Такой большой опыт в сочетании с теоретическими исследованиями дает возможность проведения в будущем без особых трудностей и ненужного риска работ по снятию с эксплуатации или

техническому обслуживанию остановленных установок в течение ряда лет.

Не преуменьшая роли и важности накопленной информации, а также качества используемого оборудования, необходимо тем не менее обратить внимание на несколько вопросов:

- В настоящее время еще нет условий для разработки общих правил (в рамках промышленности) по формулированию порядка проведения работ для каждого типа установок, несмотря на то, что демонтаж определенных больших установок (энергетических реакторов и заводов) после окончательного завершения их эксплуатации может быть использован для оценки качества имеющихся средств, инструментов и оборудования.

- Уже осуществленные операции показывают, что должны быть созданы и разработаны более подходящие методы.

Г-н Крегю – руководитель Отдела Центрального подразделения по снятию с эксплуатации ядерных установок Института ядерной защиты и безопасности КАЭ Франции в Маркуле.



Резка первичного контура установки G-1 в Маркуле, которая была закрыта в 1975 г. и будет сниматься с эксплуатации в 1986 г. (Предоставлено: КАЭ Франции.)

● Необходимо скоординировать программу по снятию с эксплуатации ядерных установок с работами в таких взаимосвязанных областях, как, например, робототехника и обращение с радиоактивными отходами.

Необходимые мероприятия в будущем

С точки зрения уже накопленного опыта планы на будущее должны включать следующие необходимые мероприятия:

- Выполнение программы исследований и разработок, которые помогли бы принять определенные используемые в настоящее время методы, или создать новые методы, отвечающие требованиям демонтажа.
- Проведение испытаний этих методов с целью определения областей их применения и подтверждения их надежности с точки зрения безопасности, с тем чтобы их можно было отнести к разряду методов, используемых для снятия с эксплуатации ядерных установок.
- Изменение или расширение определенных программ, связанных с работами по демонтажу (например, в области робототехники или обращения с отходами).
- Подготовка к проведению работ в будущем (создание соответствующей структуры и выделение ассигнований; руководство операциями по снятию с эксплуатации с целью разработки определенных программ и технических требований).

Работы во Франции

Как видно из прилагаемых таблиц, целый ряд реакторов и установок во Франции был закрыт,

снят с эксплуатации или находится в процессе снятия с эксплуатации. Каждый такой случай необходимо рассматривать как эксперимент, на основе которого можно будет сделать определенные выводы, а именно:

- Добиться лучшего понимания процесса определения стоимости демонтажа, что позволит усовершенствовать соответствующие программы расчета на вычислительных машинах и использовать их в будущих проектах по снятию с эксплуатации ядерных установок.
- Ограничить дозы облучения персонала за счет совершенствования организации и планирования работ.
- Разработать программы снятия с эксплуатации различных видов ядерных установок — реакторов, установок топливного цикла, лабораторий и т.д., что позволит сформулировать соответствующие правила для различных типов установок.
- Обеспечить руководство программой исследований и разработок, с тем чтобы они отвечали научным требованиям снятия с эксплуатации ядерных установок.

Для Франции характерно определенное единство в подходе к решению вопросов о снятии с эксплуатации ядерных установок. В настоящее время запланировано, что установки ядерного топливного цикла, лаборатории и экспериментальные реакторы бассейнового типа должны демонтироваться в соответствии с 3-им этапом снятия с эксплуатации. Это диктуется соображениями экономического характера (стоимостью технического обслуживания при закрытии установки) и факторами безопасности.

Для реакторов других типов и определенных установок при наличии защитных барьеров (первого контура и бетонной защиты) возможен 2-ой

Снятие с эксплуатации реакторов во Франции

Название установки	Тип реактора	Мощность (МВт)	Ввод в эксплуатацию	Завершение эксплуатации	Снятие с эксплуатации	Принятый или планируемый этап
ZOE	HWR	0	1948	1975	1977	2
EL-2	HWR	2,2 (тепл.)	1952	1965	1968	2
EL-3	HWR	18 (тепл.)	1957	1979	1985	2
EL-4	HWR	70 (эл.)	1966	1984	Не запланировано	
G-1	GCR	46 (тепл.)	1956	1975	1986	2
G-2	GCR	40 (эл.)	1958	1980	1990	2
G-3	GCR	40 (эл.)	1959	1984	1995	2
Цезарь	GCR	0	1964	1974	1978	3
Пегги	MTR-LW	0	1961	1975	1977	3
Пегас	MTR-LW	35 (тепл.)	1962	1975	1978	3
Нереида	MTR-LW	0,5 (тепл.)	1959	1982	1986	3
Тритон	MTR-LW	6,5 (тепл.)	1959	1982	1986	3
Минерва	MTR-LW	1 (тепл.)	1954	1976	1977	3
Шинон-1	GCR	80 (эл.)	1963	1973	1980	1
Шинон-2	GCR	230 (эл.)	1964	1985	Не запланировано	

HWR — тяжеловодный реактор

GCR — газоохлаждаемый реактор

MTR-LW — реактор для испытания материалов, легководный

(Предоставлено: КАЭ Франции.)

этап снятия с эксплуатации. Общий демонтаж установок может быть отложен с целью снижения уровня активности за счет радиоактивного распада.

Исследования и разработки

Исследования и разработки во Франции проводятся по общей тематике и следующим отдельным проблемам:

- Оценка безопасности ядерных установок на стадии окончательного закрытия и во время снятия с эксплуатации.
- Оборудование и манипуляторы с дистанционным управлением; робототехника.
- Инструменты и методы резки материалов.
- Дезактивация и обработка отходов.
- Переработка радиоактивных отходов.

Оценка безопасности

Стратегия и тактика снятия ядерных установок с эксплуатации диктуются оценкой потенциальной радиоактивной опасности остаточной активности ядерной установки. Эта проблема является центральной проблемой программы исследований и разработок. Задача проводимых исследований — лучшее понимание механизмов отложения загрязнений в контурах установки во время эксплуатации и распределения наведенной радиоактивности в металлических компонентах и защитных бетонных конструкциях реакторов.

Кроме того, программа нацелена на разработку методов и оборудования для проведения измерений *in-situ* и средств для отбора образцов. Сюда отно-

сится оборудование для ввода в горячие камеры, чтобы обнаружить и найти источники радиоактивности и определить уровни их активности. Это необходимо для определения условий, в которых нужно проводить работы, и обеспечения надежной информации для прогнозирования методов обращения с радиоактивными отходами.

Проблема длительного старения структур, образующих барьеры безопасности, и оборудования — другая область исследований. В данном случае ставится задача — оценить условия для сохранения радиоактивности внутри остановленной установки и определить допустимые периоды задержки перед окончательным ее демонтажом.

Часть программы посвящена исследованиям и испытаниям надежности (с точки зрения безопасности) методов демонтажа и дезактивации и обработки отходов. Сюда относится безопасное применение режущих инструментов, таких, например, как электронные резак.

Наконец, ряд исследований и разработок связан с проектированием новых установок, которые позволили бы облегчить демонтаж.

Робототехника и системы с дистанционным управлением

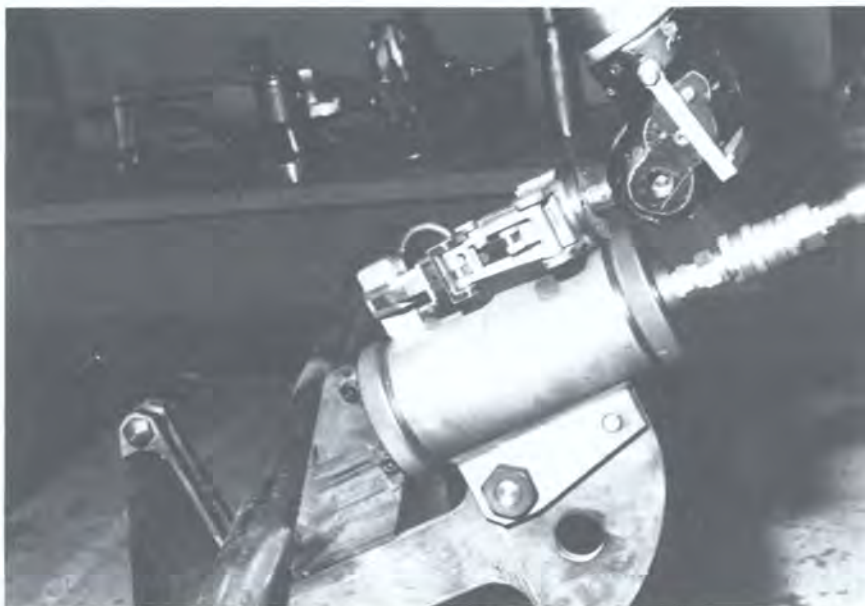
Исследования и разработки в этой области посвящены созданию устройств для прохождения через барьеры защиты, для дистанционного управления режущими инструментами, для обработки и транспортировки отходов и других функций.

Должна осуществляться разработка устройств с дистанционным управлением, которые отвечали бы специфическим требованиям проведения опера-

Снятие с эксплуатации установок и лабораторий во Франции

Название установки	Тип установки	Ввод в эксплуатацию	Завершение эксплуатации	Снятие с эксплуатации	Принятый или планируемый этап
Ле-Буше	Химическая обработка руды		1970	1982	3
Аттила	Опытно-промышленная установка по переработке	1966	1975	1985	3
Пивер	Опытно-промышленная установка по остекловыванию	1969	1982	1987	3
Гулливёр	Опытно-промышленная установка по остекловыванию	1965	1967	1981	3
Элан-II-A	Опытно-промышленная установка для Элан-II-B	1968	1970	1984	3
Элан-II-B	Производство источников цезия-137	1970	1973	1988	3
АТ-1	Переработка топлива быстрых реакторов	1969	1979	1990	3
Ганьон	Обогащение руды		1980	1981	3
Горячие камеры	Радионуклиды для медицинских и других целей			1983	3
Батимен-19	Металлургия плутония		1984	1988	3
Батимен-18	Металлургия плутония	Завершение эксплуатации, начиная с 1982 г.			

(Предоставлено: КАЭ Франции.)



Гидравлические ножницы для резки труб, управляемые с помощью копирующего манипулятора. (Предоставлено: КАЗ Франции.)

ций или процедур на большом расстоянии, например, в горячих камерах и заводах по переработке, в бассейнах выдержки или корпусах реакторов.

Тщательный анализ задач демонтажа показывает, что определенные специфические функции, или характеристики, диктуются, например, ограниченным доступом или рабочими нагрузками. Это требует разработки специальных устройств, перечисленных ниже:

- *Транспортирующие устройства для ввода и вывода из зоны радиоактивности.* Основное внимание уделяется разработке таких конструкций инструментов, которые можно было бы легко ввести и вывести из зоны радиоактивности, не нарушая герметичности защиты; эти инструменты должны также обладать способностью „транспортировать” усовершенствованные устройства с дистанционным управлением.
- *Роботы.* При создании роботов ставится задача увеличения веса поднимаемого груза и расширения возможности работать с ним (до 75 и 40–50 кг, соответственно), а для устройств с дистанционным управлением (обладающих возможностью обратной связи на основе прогрессивной технологии) — сделать их полностью совместимыми с мощными инструментами для резки. Точность, прочность, легкость управления — основные планируемые характеристики оборудования. Другой важной проблемой является адаптация к работе под водой.
- *Тяжелые устройства с дистанционным управлением.* Основная цель — увеличение мощности оборудования (до 500 кг) и совершенствование захватывающих механизмов.
- *Совмещенные устройства с дистанционным управлением.* Предполагается модификация транспортного оборудования (функционирующего в горизонтальном и вертикальном режиме) для работы с радиоактивным оборудованием с учетом большого веса и огромных размеров демонтируемых компонентов.
- *Устройства с дистанционным управлением для проведения отдельных операций.* Работа в данном

случае связана с совершенствованием устройств с дистанционным управлением, которые могли бы вводиться в зоны радиоактивности для выполнения простых операций (по отбору образцов, проведению дополнительных измерений, процедур дезактивации). Механизмы должны быть легкоуправляемыми, с возможностью их использования на загроможденных площадках, доступ к которым затруднен. Должны быть разработаны меры по защите внутренних частей механизмов от радиоактивного загрязнения.

● *Телеинформация.* Эта проблема связана с разработкой оборудования для получения и расшифровки информации с помощью электрических, звуковых или оптических средств, которые могли бы работать в радиоактивных или загрязненных условиях, где применяются инструменты для демонтажа.

● *Технология связи.* Этот вопрос посвящен разработке гибких, надежных, прочных линий передачи, которые могли бы отключаться на расстоянии (дистанционно). Передача энергии должна осуществляться в пневматической, гидравлической и электрической форме; передача данных — в электрической, оптической или звуковой форме в воздушной среде или под водой.

● *Испытательная станция надежности.* Задача в данном случае состоит в воссоздании рабочих условий в опасной среде горячей камеры или под водой.

Инструменты и методы резки

Работа в данной области связана с созданием методов дистанционного управления для резки металлического или бетонного оборудования механическими, термическими, электротермическими или пиротехническими средствами. Она включает в себя также разработку оборудования для наблюдения за резкой.

Дезактивация и обработка отходов

Большой объем радиоактивных отходов, возникающих в связи с процессом снятия установок с эксплуатации, требует совершенствования методов дезактивации по нескольким направлениям:

повышение эффективности (с целью обеспечить рециркуляцию материалов и уменьшить объем радиоактивных отходов для хранения); проведение операций *in-situ* (с целью избежать транспортировки тяжелых и громоздких компонентов в специальные мастерские) и переработка жидких отходов (с целью уменьшения объема жидких отходов, возникающих в результате дезактивации).

Программа исследований и разработок Франции включает в себя получение новых фундаментальных данных о природе радиоактивного загрязнения и его механизмах; изучение химических, электрохимических и физических методов дезактивации и их применение непосредственно на месте демонтажа; изучение проблемы переработки жидких отходов и создание передвижных станций переработки; проведение полномасштабных испытаний надежности разрабатываемых процессов.

Обращение с отходами и их переработка

Обращение с отходами, полученными во время снятия установки с эксплуатации, существенно не отличается от процессов обращения с отходами, полученными во время эксплуатации установки. Однако при проведении этих процессов необходимо обратить особое внимание на некоторые аспекты.

Одним из таких аспектов является необходимость хранения большого количества низко- и среднеактивных отходов, а также большое количество материалов низкой активности, которые подлежат переработке или транспортировке на свалку. Другим предметом забот являются поиски мест окончательного захоронения отходов (чтобы избежать необходимости последующего снятия с эксплуатации хранилищ с отходами).

Этот процесс требует тщательного расчета количества и характеристик отходов, получаемых при

демонтаже; установки приемлемых ограничений на отходы, вывозимые на общественные свалки; приемлемых уровней радиоактивности для окончательного захоронения (принимая во внимание природу радионуклидов и соответствующие характеристики метода обработки отходов и места захоронения); принятия решений относительно дальнейшей переработки этих отходов и процедур получения разрешения соответствующих органов.

С технической точки зрения было бы желательно, чтобы в исследованиях и разработках в этой области было бы уделено внимание нескольким проблемам, решение которых отвечало бы требованиям снятия установок с эксплуатации. Эти проблемы включают в себя разработку процедур измерений активности, подходящих для контроля отходов (проведение измерений как до решения вопроса, каким образом проводить обработку отходов, так и после решения этого вопроса с целью контроля за уровнем радиоактивности), и разработку методов для уменьшения объемов переработки, а также проектирование специальных больших контейнеров и хранилищ.

Общие исследования

Общая программа исследований и разработок Франции включает в себя три элемента:

- Разработку методологии для оценки стоимости снятия установок с эксплуатации и формулирование программ ЭВМ, которые бы учитывали накопленный опыт.
- Анализ физических операций с точки зрения безопасности с целью оптимизации процесса демонтажа.
- Сбор данных (в виде программ, справочников или технических рекомендаций), которые помогли бы выработать политику в области снятия установок с эксплуатации.

Решающая роль принадлежит решению инженерных вопросов

Во Франции придается огромное значение решению инженерных вопросов при проведении операций по снятию с эксплуатации, начиная с момента начала проектирования ядерной установки, точнее, с момента планирования и строительства. Рекомендации, данные на основе опыта снятия установок с эксплуатации, должны приниматься во внимание, насколько это возможно.

В целом совершенно неоправдано на стадии строительства установки выделять дополнительные капиталовложения на изменения в проекте, которые будут в основном использоваться позднее при демонтаже. Однако можно предусмотреть многие легко выполнимые конструктивные решения, а они все больше и больше закладываются в проекты, которые впоследствии облегчат проведение операций по демонтажу. Например, можно предусмотреть заранее удобные средства доступа в горячие камеры; можно установить крюки или рельсы для технического обслуживания; можно предусмотреть дополнительные нагрузки на перекрытия, что позволит впоследствии установить переносные средства защиты. Все эти усовершенствования, конечно, пригодятся при аварийных ситуациях и техническом обслуживании, а не только при демонтаже.

Инженерные средства играют большую роль при использовании в промышленных масштабах специальных устройств с дистанционным управлением, приспособляемых затем к требованиям демонтажа. В этой области инженеры должны уделить осо-

бое внимание подготовке спецификаций и обеспечить соответствие оборудования этим спецификациям, предусмотрев при этом, чтобы устройства точно соответствовали задачам и запланированным эксплуатационным стандартам, несмотря на первоначальные трудности, связанные с многоаспектным характером работы и особой напряженностью, вызванной спецификой деятельности в области атомной энергии.

К области инженерных работ относится разработка установок для обработки отходов, которые необходимо устанавливать при проведении дезактивации и операциях демонтажа. Эта работа требует применения всего арсенала существующих методов в зависимости от специфических проблем, возникающих на каждой площадке, и в рамках национальной программы по обращению с отходами. Особую важность при выборе оптимальной тактики дезактивации и демонтажа приобретают вопросы стоимости переработки отходов и хранения.

В целом использование инженерных средств при проведении крупномасштабных операций по снятию установок с эксплуатации находится в прямой зависимости от объема проводимых исследований, от уровня организации и координации работ, от соответствующей подготовки и планового проведения работ. Все эти меры обеспечивают запланированное использование бюджетных ассигнований и наиболее благоприятные условия с точки зрения безопасности.