

А. С. Нефедов, В. А. Тонких

*Государственный научно-технический центр  
по ядерной и радиационной безопасности*

## Установка для извлечения твердых радиоактивных отходов из хранилищ РАО на АЭС

*Дан обзор одной из существующих проблем обращения с твердыми радиоактивными отходами на АЭС Украины. Приведена информация о проектируемой установке по извлечению твердых радиоактивных отходов из отсеков стационарных хранилищ с целью учета РАО, их первичного измельчения и фрагментации, взвешивания и загрузки в транспортный контейнер, очистки и дезактивации ячеек хранилищ ТРО.*

*Ключевые слова:* хранилище, РАО, установка, извлечение, фрагментация, транспортирование.

О. С. Нефедов, В. О. Тонких

### Установка для витягання твердих радіоактивних відходів зі сховищ РАВ на АЕС

*Наведено огляд однієї зіснуючих проблем поводження з твердими радіоактивними відходами на АЕС України та інформацію про проєктовану установку з витягання твердих радіоактивних відходів з відсіків станційних сховищ з метою обліку РАВ, їх первинного подрібнення й фрагментації, зважування і завантаження в транспортний контейнер, очищення та дезактивації комірок сховищ твердих РАВ.*

*Ключові слова:* сховище, РАВ, установка, витягання, фрагментація, транспортування.

© А. С. Нефедов, В. А. Тонких, 2010

**В** Украине за время ее независимости подходы к обеспечению безопасности обращения с радиоактивными отходами (РАО) пересмотрены на основе рекомендаций МАГАТЭ и других международных организаций, которые аккумулировали опыт стран с развитой инфраструктурой для безопасного обращения с радиоактивными отходами. Новые подходы нашли отображение в «Стратегии обращения с радиоактивными отходами в Украине» [2].

Однако существующие хранилища твердых радиоактивных отходов (ТРО) используются для временного хранения отходов, образовавшихся в процессе эксплуатации АЭС. Проектами атомных электростанций не предусматривалась установка оборудования для извлечения радиоактивных отходов из отсеков хранилищ твердых радиоактивных отходов (отходы сохраняются в основном навалом в секциях хранилищ).

Без введения в эксплуатацию комплексных линий глубокой переработки радиоактивных отходов имеющиеся объемы хранилищ не рассчитаны на продление срока эксплуатации энергоблоков атомных электростанций, как это предусмотрено Энергетической стратегией Украины на период до 2030 года [5].

### Проблемы обращения с твердыми радиоактивными отходами на АЭС Украины

Среднее удельное образование твердых и жидких РАО составляет соответственно 27 и 35,1 м<sup>3</sup> на 1 млрд кВт·ч выработанной электроэнергии. Анализ накопленных по состоянию на конец III квартала 2008 г. ТРО показывает, что степень заполнения отсеков для хранения ТРО 1-й категории составляет: на Ровенской АЭС — около 66 %; Запорожской — 60 %; Южно-Украинской — 71 %; Хмельницкой — 68,5 %.

На конец проектного срока эксплуатации энергоблоков АЭС отсеки для хранения ТРО 1-й категории будут заполнены на 80—90 %. При таких прогнозах не более чем через 5 лет после окончания проектного срока эксплуатации АЭС отсеки хранилищ для ТРО 1-й категории будут полностью заполнены и потребуется их освобождение от ТРО с последующей переработкой и захоронением.

Извлечение и кондиционирование РАО из хранилищ атомных электростанций, а также создание новых и модернизация существующих установок для обращения с отходами в соответствии с критериями принятия РАО на хранение и захоронение являются одними из ключевых задач.

Основные недостатки существующих хранилищ ТРО, определенные несоответствиями требованиям нормативных документов:

- отсутствие средств безопасного извлечения отходов для передачи их на дальнейшую переработку;

- отсутствие возможности определения количественного и качественного состава РАО;

- отсутствие контроля условий хранения (температурного режима, биологической активности, наличия влаги).

Все эти факторы приводят к необходимости создания новых или модернизации существующих систем обращения с РАО. В настоящее время ГП НАЭК «Энергоатом» инициированы работы по созданию комплексов по обращению с ТРО, одним из элементов которых являются установки по извлечению твердых РАО из хранилищ.

Установки по извлечению твердых РАО (далее — УИТРО) предназначены для безопасного извлечения отходов из хранилищ ТРО, фрагментирования отходов до размеров, позволяющих загрузить их в соответствующие контейнеры, погрузки в контейнеры, отправки отходов на предприятия по переработке ТРО и дезактивации ячеек хранилищ. Конструкция установки должна обеспечивать максимальную защиту персонала от прямого воздействия ионизирующих излучений.

Указанные операции должны выполняться с помощью средств дистанционного управления и контроля.

Для предотвращения распространения радиоактивных веществ за пределы мест выполнения работ по извлечению ТРО, а также создания благоприятных условий для выполнения работ на открытом воздухе предусмотрено размещение УИТРО в защитном кессоне.

Проектируемая силами проектно-конструкторского отдела Славутичского филиала ГНТЦ ЯРБ установка предназначена для извлечения твердых радиоактивных отходов (до 300 мкГр/ч) из хранилищ ТРО на Запорожской и Южно-Украинской АЭС, фрагментирования отходов до размеров, позволяющих загрузить их в транспортную тару для дальнейшей транспортировки на переработку. Работы по проектированию УИТРО ведутся совместно со словацкой фирмой АО ВУЙЭ.

УИТРО разрабатывается в климатическом исполнении У, тип атмосферы II, в соответствии с требованиями ГОСТ 15150. Оборудование УИТРО относится к системе нормальной эксплуатации, не влияющей на безопасность, и к III категории сейсмостойкости согласно [4].

### Техническая характеристика УИТРО

УИТРО (рис. 1) устанавливается над существующими ячейками хранилища ТРО (ХТРО) и представляет в конструктивном отношении комплекс двух сооружений, объединенных между собой функционально.

Для локализации радиоактивных веществ, образующихся при извлечении, фрагментации и загрузке отходов в транспортную тару, предусмотрен кессон, соединяющийся с ячейкой ХТРО посредством комплекта переходных приспособлений. Приведем технические характеристики УИТРО:

#### Кессон УИТРО

Ширина без приспособления для перемещения кессона (работы в хранилище при СК-1), мм.....	4450
Ширина с приспособлением для перемещения кессона (работы в хранилище при ХТРО), мм.....	6250
Длина, мм.....	5000
Максимальная высота без крыши (работы в хранилище при ХТРО), мм.....	4500
Максимальная высота с крышей (работы в хранилище при СК-1), мм.....	6000
Масса металлоконструкции, т.....	10,0
Масса с системами и оборудованием, т.....	14,9
Несущая способность поверхности пола, кН/м <sup>2</sup> .....	2,5
Максимальная расчетная нагрузка от колесной пары на приспособление передвижения УИТРО, кН.....	50

#### Кран УИТРО

Грузоподъемность, т.....	1,25
Пролет, м.....	4
Максимальный диапазон подъема груза, м.....	20

Конструктивная масса, не более, т.....	1
Габаритные размеры, мм.....	4000 × 4400
Скорость передвижения, м/мин.....	0÷20
Скорость подъема-опускания, м/мин.....	1÷25

#### Привод крана УИТРО

Частота вращения двигателя, 1/мин.....	1385
Мощность двигателя, кВт.....	0,25
ПВ, %.....	80
Передаточное число.....	25,70
Напряжение, В.....	220/380
Электрический ток, А.....	1,20
Тормозной момент, Н·м.....	3,5

#### Колесные блоки

Диаметр колеса, мм.....	112
Ширина гнезда колеса, мм.....	60
Способ соединения.....	сверху

#### Транспортная тара

Масса с крышкой, кг.....	630
Максимальная длина, мм.....	2025
Максимальная высота, мм.....	991
Максимальная ширина, мм.....	1120
Грузоподъемность, т.....	1370

#### Тележка двухосная

Ширина, мм.....	1540
Длина, мм.....	2085
Масса, кг.....	600

#### Управление УИТРО

Ширина, мм.....	1800
Длина, мм.....	2600
Максимальная высота, мм.....	3200
Максимальная расчетная нагрузка на перекрытия ХТРО, кН.....	25

#### 6-челюстной гидравлический грейфер (КМ651-6-180)

Максимальная грузоподъемность, т.....	2,0
Емкость, м <sup>3</sup> .....	0,18
Масса грейфера, кг.....	405

#### Двухчелюстной гидравлический грейфер С03Н-500

Максимальная грузоподъемность, т.....	1,5
Емкость, м <sup>3</sup> .....	0,095
Масса грейфера, кг.....	175

#### Двухчелюстной гидравлический грейфер КМ605У-300

Максимальная грузоподъемность, т.....	3,0
Емкость, м <sup>3</sup> .....	0,3
Масса грейфера, кг.....	355

#### Система откачки шлама

Максимальная грузоподъемность, т.....	0,75
Масса захвата, кг.....	90

#### Основной 4-челюстной гидравлический универсальный грейфер (РР120)

Максимальная грузоподъемность, т.....	0,63
Емкость, м <sup>3</sup> .....	0,12
Масса грейфера, кг.....	130
Транспортировка РАО/ТРО.....	горизонтальная
Загрузка транспортной тары с ТРО.....	вертикальная
Способ загрузки (выгрузки) ТРО в транспортную тару.....	крановый
Срок службы УИТРО, лет, не менее.....	10
Режим работы.....	периодический

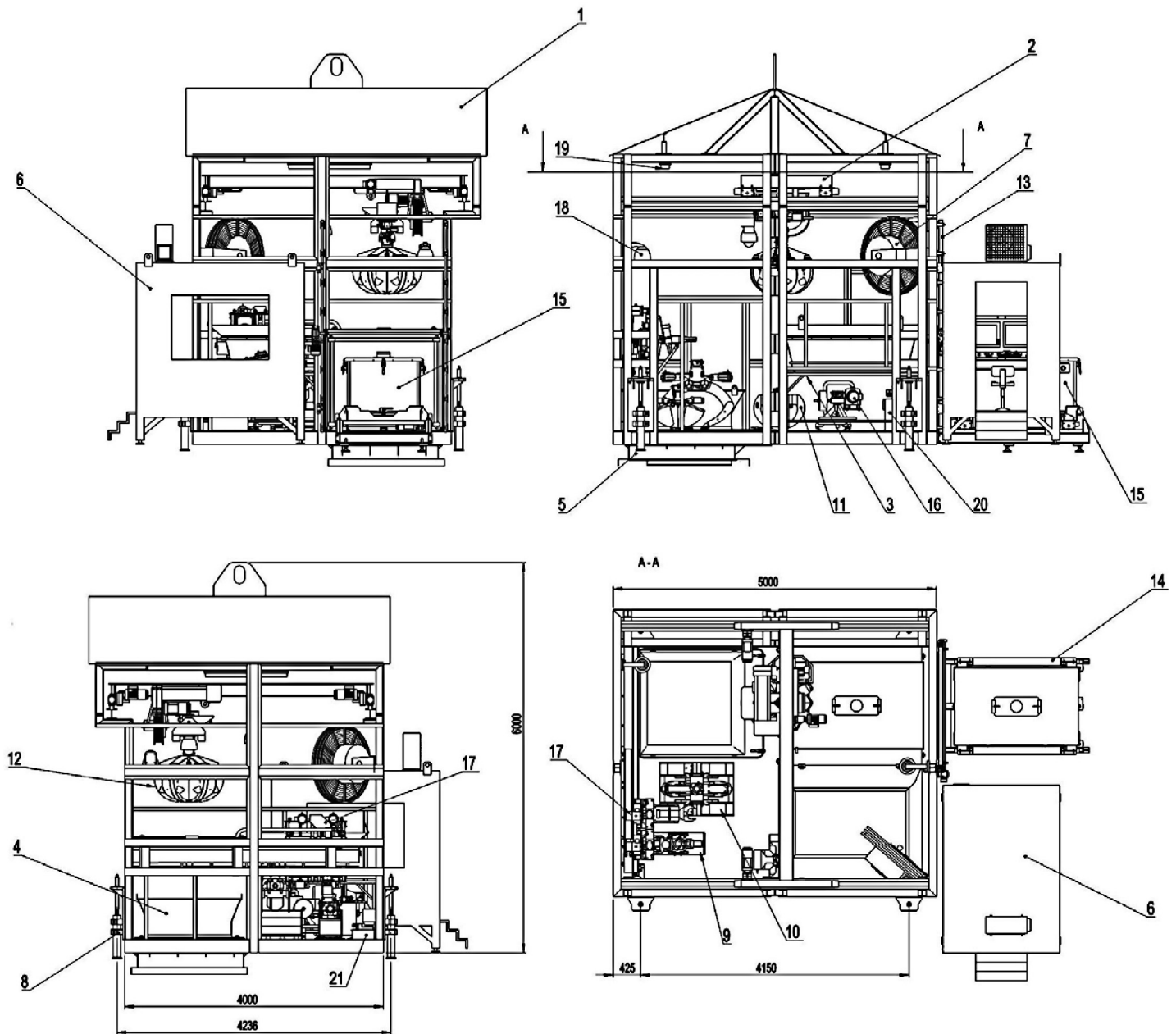


Рис. 1. Состав УИТРО:

1 — кессон; 2 — ГПМ; 3 — платформа, сборная деталь; 4 — воронка; 5 — перекрытие; 6 — кабина управления; 7 — лебедка шлангов; 8 — приспособление для перемещения кессона; 9 — грейфер С03Н-50; 10 — грейфер КМ605U-300; 11 — грейфер РР-120; 12 — грейфер КМ651-6-180 + ротор; 13 — камера шлюзования; 14 — устройство подачи транспортной тары; 15 — транспортная тара; 16 — вакуумная система сбора и удаления жидких РАО; 17 — устройство фрагментации; 18 — видеокамера; 19 — освещение; 20 — гидравлический агрегат; 21 — гидравлический агрегат

#### Основные функции УИТРО:

- извлечение твердых радиоактивных отходов (с мощностью дозы, не превышающей 300 мкГр/ч);
- первичная фрагментация отходов, позволяющая загружать их в предназначенную для этого транспортную тару;
- радиационный контроль активности отходов, загружаемых в транспортную тару, для обеспечения соответствия требованиям ОП ЗАЭС;
- обеспечение системы транспортировки транспортной тары к конечному пользователю, а также обеспечение мер безопасности персонала на участках обслуживания УИТРО.

Одной из трудностей данных работ является вероятность наличия в ячейках хранилищ ТРО жидкости и ило-

вых отложений. Для их удаления предусмотрена отдельная система, которая также будет удалять жидкие отходы, образующиеся при проведении дезактивации ячеек после завершения извлечения ТРО.

#### Краткое описание установки

УИТРО (рис. 1) является разборным передвижным мобильным устройством, которое можно в минимальные сроки смонтировать на месте производства работ, и представляет собой защитный кессон (рис. 2), в котором расположено оборудование для извлечения отходов из ячеек хранилища ТРО (далее — ХТРО) и загрузки их

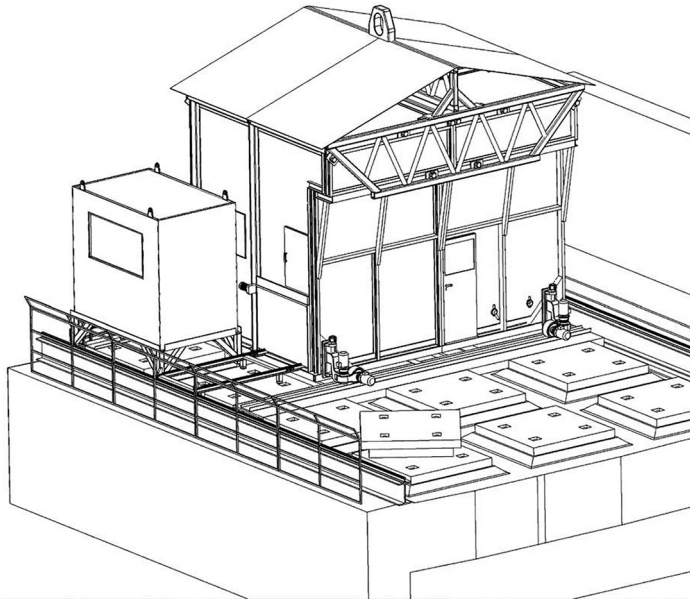


Рис. 2. Общий вид кессона УИТРО

в специальный транспортный контейнер. Стыковка кессона с проемами ячеек ХТРО осуществляется специальными переходными приспособлениями, предотвращающими попадание радиоактивных веществ за пределы кессона. Перемещение кессона производится с помощью штатных грузоподъемных механизмов (ГПМ) и специальных приспособлений, перемещение транспортного контейнера от УИТРО к спецавтомобилю и обратно — с помощью штатных ГПМ.

Грузоподъемные механизмы установки, в состав которых входят кран УИТРО, гидравлический ротатор и комплект сменных грузозахватных органов, предназначены для извлечения ТРО из ячеек хранилищ при помощи сменных грузозахватных органов (грейферов) и их последующей загрузки в транспортную тару. Кран служит также для перемещения крышек транспортной тары и камеры шлюзования, засыпной воронки транспортной тары, временной крышки проема ячейки и горловины с воронкой для проема ячейки.

Кран кессона оснащен подвесной консолью, на которую установлены блок видеонаблюдения и освещения, гидравлический блок управления ротаторов и подвесные серьги для крепления грузоподъемных приспособлений для перемещения крышек и воронок.

Гидравлический ротатор предназначен для присоединения сменных грузозахватных органов и их вращения при захвате и фрагментации ТРО.

В состав комплекта грузозахватных органов входят шестичелюстной гидравлический грейфер, два разных по профилю захватывающих частей двухчелюстных гидравлических грейфера и четырехчелюстной гидравлический универсальный грейфер. Шестичелюстной гидравлический грейфер предназначен для извлечения ТРО, в том числе труб, двухчелюстные — для извлечения сыпучих ТРО и сгребания отходов на дне ячейки ХТРО, четырехчелюстной — для извлечения металлолома.

Устройство фрагментации служит для уменьшения габаритов извлекаемых ТРО до размеров, позволяющих поместить их в транспортную тару.

Шлюзовая камера оборудована прибором радиационного контроля, который имеет световые и звуковые индикаторы превышения пороговой дозы излучения и может работать автономно.

Для контроля мощности дозы гамма-излучения от транспортной тары используется дозиметр-радиометр МКС-2001; его характеристики: диапазон измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения от транспортной тары — 0,01...10 мЗв/ч; диапазон энергий — 0,2...1,0 МэВ; измеряемый нуклид —  $^{137}\text{Cs}$ ; предел допускаемой основной относительной погрешности измерения МЭД гамма-излучения — 20 % при доверительной вероятности 0,95; максимальное время измерения МЭД — 15 с; питание — от аккумулятора типа LCR-12V-7.2; время непрерывной работы без подзарядки и с выключенной световой сигнализацией — не менее 72 ч; нестабильность показаний за 24 ч непрерывной работы — не более 5 %.

Конструкция дозиметра предусматривает возможность его дезактивации.

Управление оборудованием установки будет осуществляться с помощью системы теленаблюдения с выносного пульта управления, расположенного за пределами кессона.

## Выводы

Извлечение и кондиционирование радиоактивных отходов из хранилищ атомных электростанций в соответствии с критериями, принятыми в Стратегии обращения с радиоактивными отходами в Украине [2], являются одними из ключевых задач.

Внедрение УИТРО позволит добиться повышения безопасности хранения кондиционированных ТРО по сравнению с некондиционированными и сократить объемы накопленных отходов за счет их переработки, что при существующей динамике образования и накопления РАО, а также постепенного сокращения имеющихся свободных объемов актуально для всех хранилищ ТРО в Украине.

Разработчики установки уверены в положительном эффекте от внедрения установки, поскольку при ее проектировании учтены как европейские, так и, что особенно важно, украинские нормативные требования и опыт. Мы проинформируем наших читателей о результатах опробования и испытаний изделия.

## Список литературы

1. Закон Украины «Об обращении с радиоактивными отходами», № 255/95-ВР от 30.06.1995, с изменениями, внесенными Законами № 1673-III от 20.04.2000, ВВР, 2000 № 30, ст. 236 № 747-IV от 15.05.2003, ВВР, 2003 № 29, ст. 236.
2. Стратегия обращения с радиоактивными отходами в Украине: Распоряжение Кабинета Министров Украины от 19.08.2009 № 990-р.
3. ГОСТ 15150—69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
4. Правила и нормы в атомной энергетике. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций: ПН АЭ Г-5-006-87.
5. Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 года: Распоряжение Кабинета Министров Украины от 15.03.2006. № 145.

Надійшла до редакції 31.03.2010.