

Июль  
№ 7 (128) 2012

# Мир Техники и Технологий

The World of Technics and Technologies

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЖУРНАЛ

металлорізальні  
верстати

**HYUNDAI WIA**  
Республика Корея

AKMA

ТОВ «АКМА-СТАНКОІМПОРТ»  
www.akma.com.ua  
akma@akma.com.ua  
тел. + 38(056)794-31-78

СПЕЦИАЛЬНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ  
подписка на  
II полугодие и  
электронная  
версия за  
I полугодие в  
ПОДАРОК  
2012 г.

ПОДПИСНАЯ КАМПАНИЯ НА  
ВТОРОЕ ПОЛУГОДИЕ 2012 ГОДА!  
АКЦИЯ. СПЕШИТЕ...

НАДЕЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
KNUTH – ИЗ ПЕРВЫХ РУК!

СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ НА  
ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА И  
ПРОЦЕССЫ ЕГО ТВЕРДЕНИЯ

ЭКОЛОГИЯ И АТОМНАЯ  
ЭНЕРГЕТИКА УКРАИНЫ

**AFT GROUP**

ЦЕНТР СТАНКОСТРОЕНИЯ  
**АЛИСТА**



www.interlink.dp.ua



**TaeguTec**

Металлорежущий  
инструмент и технологии



**ВаруС**  
официальный представитель  
компании TaeguTec в Украине  
тел. (056) 790-06-85, 790-06-81  
td@varus.com.ua  
www.varus.com.ua

# ЭКОЛОГИЯ И АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА УКРАИНЫ

**Были определены перспектива и направления развития энергетики в Украине, надёжность и экологическая безопасность блоков атомных и тепловых электростанций, роль управления атомной энергией, способами хранения радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива.**

**Annotation** *There were to estimation the directions perspective of development energy of Ukraine, estimation of reliability and ecological safety blocks of nuclear power and thermal plants, it was to conduct the role of nuclear energy, methods of storage of radio-active wastes worked nuclear fuel.*

Украина - государство с развитой атомной энергетикой и промышленностью. Часть электроэнергии, которая производится на АЭС, составляет более 50 % общего энергобаланса страны. Развитие атомной отрасли определяется Программой энергетической стратегии Украины до 2030 года, которая предусматривает введение в эксплуатацию новых ядерных энергоблоков суммарной мощностью 20 - 22 млн. кВт. Это одна из наиболее масштабных программ и, по перспективным возможностям, уступает лишь планам Китая, Индии, США и России. Реализация Программы позволит Украине не зависеть от импорта электроэнергии уже в ближайшие десятилетия. Мощная атомная энергетика - гарант экономической независимости, т.е. успешной реализации национальных проектов, направленных на рост благосостояния страны. Особое отношение к атомной энергетике для Украины определила Чернобыльская авария, поэтому на первый план в нашей стране выходят требования энергетической безопасности.

Учитывая проблемы экологии, одной из задач энергетики становится вопрос более широкого применения возобновляемых источников энергии, таких как энергия ветра, недр, солнечная энергия. К ним также относят энергию малых рек, бросовую тепловую энергию, энергию дымовых и биологических газов. Хотя в большинстве случаев (за исключением ветростанций с агрегатами повышенной мощности) мощность установок от таких источников относительно невелика, для энергообеспечения локальных потребителей их значение существенно. Но они не решают вопрос энергообеспечения страны. Поэтому развитие энергетики Украины невозможно

без использования атомной энергии и, соответственно, на первый план выходит вопрос обеспечения экологической безопасности АЭС.

В конце прошлого века в Украине вынуждены были пересмотреть стратегию «устойчивого» или, как еще его называли, эволюционного развития, которое базировалось на сжигании органического топлива, т.е. на выработке электроэнергии на ТЭС. По данным даже весьма оптимистичных источников, запасов органического топлива (уголь, нефть, газ) хватит максимум на 2-3 столетия. Поэтому в ближайшей перспективе необходимо серьезно совершенствовать и ограничивать влияние работающих ТЭС на климат и атмосферу планеты, учитывать запасы органического топлива. В настоящее время активизировались исследования промышленно развитых стран, направленные на резкое сокращение выбросов в атмосферу CO<sub>2</sub>. Поэтому, возможно, скоро появятся гораздо более серьезные ограничения, чем «Киотский протокол», что потребует внесения серьезных корректив в стратегию развития мировой энергетики, в первую очередь в области, базирующейся на сжигании ископаемого органического топлива, которая пока является доминирующей наряду с атомной.

Реализацию мероприятий по выходу из надвигающегося эколого-энергетического кризиса (в эволюционном варианте развития) в настоящее время в электроэнергетике принято осуществлять в следующих направлениях:

- 1) энергосбережение во всех сферах деятельности общества;
- 2) повышение эффективности использования органических энергоресурсов;
- 3) расширение использования

возобновляемых энергетических ресурсов;

4) снижение потерь в работающем электрооборудовании за счет совершенствования систем охлаждения, применения оборудования, выполненного на базе высокотемпературных сверхпроводников;

5) активный поиск новых источников энергии, регулирование и компенсация реактивной энергии в энергосистеме. Разработка и внедрение систем регулирования параметров электрических сетей, в частности, установления современных систем регулирования реактивной мощности в энергосистеме.

Угроза парникового эффекта, ограниченные ресурсы углеводородов, не слишком перспективные планы получения электроэнергии от возобновляемых источников - все это заставляет отдавать предпочтение атомной энергетике. В обстановке неустойчивой «газовой» политики с Россией еще больше повышается актуальность задачи повышения доли электроэнергии, вырабатываемой на АЭС. Здесь определены две задачи: вопрос хранения отработанных радиоактивных отходов и собственно производство электроэнергии. Поэтому на первый план вышла проблема достройки энергоблоков на Хмельницкой АЭС и сооружения новых блоков на действующих АЭС.

В Украине сейчас работает 4 АЭС (15 блоков). Первой с проблемой вывоза отработанного ядерного топлива столкнулась Запорожская АЭС - самая крупная АЭС в Европе и третья в мире по установленной мощности: 6 блоков мощностью по 1000 МВт каждый с реакторами ВВЭР-1000. (ВВЭР — двухконтурный водо-водяной корпусной энергетический ядерный реактор с водой под



Рис. 1. Контейнер СХОЯТ, установленный на транспортере

давлением, одна из наиболее удачных ядерных энергетических установок, получившая широкое распространение в мире. Общее название реакторов этого типа в других странах — PWR, они являются основой мировой ядерной энергетики). Второй тип использовавшихся на территории Украины реакторов — ядерный реактор РБМК, канальный, гетерогенный, уран-графитовый (графито-водный по замедлителю), кипящего типа, на тепловых нейтронах, в настоящее время не используется. Серия этих энергетических реакторов была разработана в СССР и является уникальной, реакторы этого типа не строились ни в одной из стран кроме Советского Союза, и не получили распространения из-за аварии на Чернобыльской АЭС.

Проблема хранения отработанного ядерного топлива АЭС является проблемой мирового масштаба. Основная задача — создание постоянных долговременных хранилищ. Но в настоящее время ни одно государство в мире не имеет полноценного постоянного хранилища, хотя работа над их созданием ведется. Это обстоятельство вынудило начать поиск

вариантов хранения отработанного ядерного топлива (ОЯТ) до тех пор, пока не будут сооружены постоянные, долговременные хранилища. В СССР для блоков АЭС с ВВЭР-1000 был предусмотрен вывоз ОЯТ (после 2-3-х летней предварительной выдержки в бассейнах блока) в стационарное хранилище на территории России («Красноярск-17»). Однако, еще в конце 80-х годов, стало ясно, что из-за ограниченных возможностей хранилища, отсутствия возможности его расширения, а также отсутствия возможности на ближайшую перспективу строительства завода по переработке ОЯТ, возникнут проблемы с возможностью безопасной эксплуатации АЭС.

Поэтому в 1992 году начались поиски другого способа хранения для крупнейшей АЭС Украины — Запорожской (ЗАЭС), т.к. по прогнозам специалистов, из-за загрузки бассейнов выдержки, уже к 1998 году пришлось бы остановить станцию и оставить без электроэнергии четвертую часть населения и предприятий Украины. Поэтому, по согласованию с Госкоматомом Украины, ЗАЭС объявила международный

конкурс на лучший проект временного хранилища ОЯТ, и в результате был выбран проект, основанный на технологии сухого вентилируемого контейнерного хранения, предложенный компаниями "Sierra Nuclear Corporation" и "Duke engineering and services" (DE&S) — СХОЯТ (сухое хранение отработанного ядерного топлива). Технология фирмы DE&S была признана самой экологически безопасной, практичной, эффективной, рентабельной и наиболее отвечающей специфическим особенностям украинских АЭС и, в первую очередь, ЗАЭС. Проект фирмы DE&S лицензирован в надзорных органах за атомной энергетикой США и уже был к этому времени реализован на двух АЭС США. Технические характеристики топливных сборок украинских реакторов ВВЭР-1000 соответствуют американским PWR, а возможность выполнения всех операций по загрузке и герметизации контейнеров в реакторных отделениях энергоблоков сводит к минимуму опасность радиоактивного загрязнения. К странам, где применяется сухое контейнерное хранение ОЯТ, относятся Канада, Германия, Швейцария,

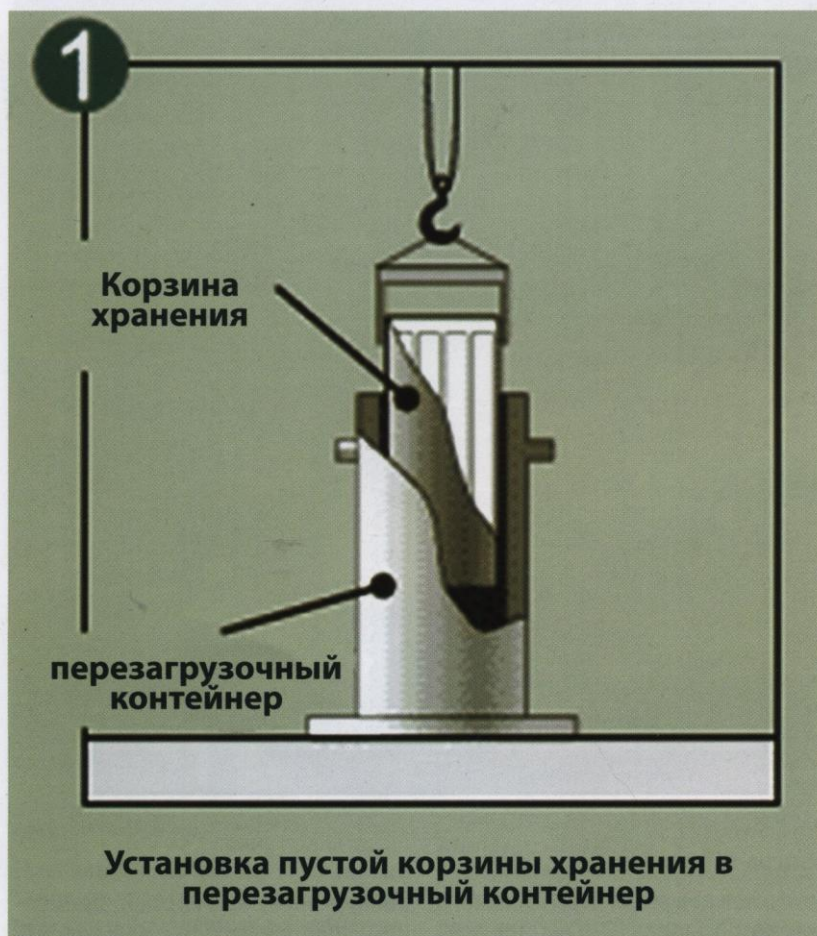


Рис. 2. Конструкция СХОЯТ

Великобритания, Литва. Данный проект учитывал возможность изготовления компонентов и целых контейнеров СХОЯТ на предприятиях Украины из отечественных материалов (например, на заводе г. Энергодара «НСОИТ»). На рис. 1 представлен внешний вид контейнера СХОЯТ, установленного на транспортёре, на рис. 2 показано его устройство.

При начальном хранении отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) в бассейне выдержки блока в течение 2-3 лет их остаточные тепловыделение и радиоактивность значительно снижаются. Такое топливо уже можно безопасно хранить в СХОЯТ-ах, обеспечивающих эффективный теплосъём с ОТВС и достаточную биологическую защиту от радиационного воздействия на персонал АЭС и окружающую природную среду. Этот способ промежуточного хранения ОТВС широко применяется в международной практике эксплуатации АЭС.

Проект сухого хранилища на тер-

ритории Запорожской АЭС в перспективе предполагает содержание 380 контейнеров с 9 тыс. сборок отработанного ядерного топлива. Его первая очередь рассчитана на хранение 100 контейнеров. Каждый из них весом в 144 тонны состоит из двух основных компонентов — внутреннего (многоместной герметичной корзины) и внешнего (вентилируемого бетонного контейнера), см. рис. 2.

Корзина, выполненная из углеродистой стали повышенной прочности, представляет собой герметично закрытую емкость для размещения 24 отработавших ТВС в инертной газовой среде. Контейнер из высокопрочного бетона является конструктивной опорой для корзины, защищает ее от воздействия внешних факторов, обеспечивает естественное охлаждение и биологическую защиту обслуживающего персонала.

По предварительным данным, сумма сэкономленных средств при

использовании системы хранения СХОЯТ составляет порядка 10 млн. долларов в год. В целом же хранение отработавшего топлива на станции, по сравнению с его вывозом в Россию, позволит сократить расходы в 10—12 раз.

Проблемой системы хранения СХОЯТ является быстрое заполнение контейнеров и увеличение их количества. Эту задачу в некоторой степени позволяет решать использование нового типа тепловыделяющих сборок ТВС-2 и ТВС-А. Конструкция сборок изменена по сравнению с ранее используемыми. В сборке ТВС-2, для решения проблемы искривления, каркас выполнен жёстким с помощью точечной приварки направляющих каналов к дистанционирующим решёткам, а также замены материала: их изготавливают полностью из нового циркониевого сплава Э-635. В альтернативной сборке ТВС-А жёсткий каркас сформирован уголками, приваренными к дистанционирующим решёткам. Обе конструкции позволили решить важную техническую проблему механического искривления, существенно увеличить глубину выгорания топлива (примерно до 50 МВт·сут/кг и продолжительность кампании до 360—370 эффективных суток). В дальнейшем оба направления конструкции получили развитие — ТВС-2М, (усовершенствованные ТВС-2), созданные с целью удлинения срока эксплуатации: 18-месячный топливный цикл увеличен до 4,5 лет для ТВС-2М (с перегрузкой каждые 1,5 года) и до пяти лет для ТВС-А (с перегрузкой каждый год). Новые сборки имеют увеличенное до 5-6% максимальное обогащение и ураноёмкость (в том числе за счёт применения удлиняющих вставок, устанавливаемых в торцы ТВЭЛ-ов, загруженных таблетками необогащённого урана, так называемых бланкетов, общей длиной 150 мм).

Положительным аспектом использования СХОЯТ является также то, что в перспективе возможно повторное использование загруженного в них ОЯТ. Однако этот прием может быть реализован с созданием постоянного централизованного хранилища отработанного топлива. По планам НАЭК «Энергоатом», его намерены построить после 2015 г. в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС.

Не смотря на психологические последствия Чернобыльской ава-

рии, можно сказать, что экологическая безопасность АЭС достаточно высокая. В цепной реакции деления, происходящей в энергетическом ядерном реакторе, «выгорает» не все ядерное топливо (U-235), а только его избыток над критической массой данной активной зоны. Согласно данным работающих АЭС, ТВЭЛ считается отработанным и требующим замены при его выработке на 2-3 %. После этого ТВЭЛ «заражен» осколками ядерного распада и требует очистки, восстановления. В отработанном ядерном топливе остается достаточно большая доля U-235, который, после регенерации, может быть опять использован как топливо, в отличие от золы и шлаков, остающихся после сжигания органического топлива. Кроме того, при распаде U-235 образуется Pu, который также можно использовать.

Поступление радионуклидов с промышленных объектов АЭС в атмосферу и водные объекты в течение всего периода эксплуатации значительно ниже соответствующих нормативных уровней. Например, за весь период эксплуатации в атмосферных выпадениях в районе расположения ЗАЭС (за исключением санитарно-защитной зоны - территории в радиусе 2,5 км вокруг ЗАЭС) не было отмечено присутствия радионуклидов «станционного» происхождения. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения в пределах зоны наблюдения вокруг ЗАЭС, то есть в радиусе 30 км, в течение периода эксплуатации станции находится на уровне значений, характерных для природного радиационного фона данной местности. Интегральные дозы в контрольных точках санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения не превышают среднестатистических значений для данного региона. Основными источниками формирования дозовых нагрузок на проживающее население являются естественные радионуклиды, содержащиеся в почве и подстилающих породах, а также искусственные радионуклиды глобальных выпадений и чернобыльского происхождения.

То, влияние на окружающую среду ЗАЭС (в том числе и площадки СХОЯТ) не больше, а по многим параметрам — даже значительно меньше, чем влияние, к примеру, тепловой электростанции. Партия «зеленых» специально производила

съемку площадки СХОЯТ ЗАЭС с воздуха. Специальные приборы попросту «не заметили» с воздуха АЭС, тогда как находящаяся по соседству Запорожская ТЭС, по расположению золотавалов, фиксировалась сразу же.

Стоимость электроэнергии на АЭС самая низкая по сравнению с другими станциями. По данным МАГАТЭ, производство одного МВт\*часа электроэнергии в среднем составляет: на АЭС - около 2÷3 \$, на ТЭС - 25÷50 \$, на ТЭС с использованием газа - 37÷60 \$.

На ТЭС, в результате сжигания органического топлива, образуется большое количество пепла, золы, дыма, углекислого газа и других продуктов горения, которые невозможно повторно использовать в качестве топлива. В угле всегда есть естественные радиоактивные вещества - торий, долгоживущие изотопы урана, продукты их распада (включая радий, радон и полоний), а также долгоживущий радиоактивный изотоп калия - калий-40. При сжигании угля эти вещества почти полностью попадают во внешнюю среду. Удельная активность выбросов на ТЭС в 5÷10 раз выше, чем на АЭС. Кроме того, значительная часть естественных радионуклидов, которые есть в угле, накапливается в отвалах ТЭС и попадает в организм людей. В тонне золы ТЭС содержится до 100 г радиоактивных веществ. На АЭС такой канал распространения отсутствует, поскольку технологии обращения с изъятим из реактора облученным ядерным топливом исключают его прямой контакт с внешней средой. В целом радиационное влияние ТЭС на население приблизительно в 20 раз выше, чем АЭС такой же мощности (хотя в обоих случаях он во много раз меньше влияния природного фона). ТЭС - одни из главных источников загрязнения окружающей среды, они вызывают кислотные дожди, которые резко снижают плодородие земель и урожайность сельскохозяйственных культур, влекут гибель лесов. Лишь одна угольная ТЭС мощностью 1000 МВт выбрасывает ежегодно в окружающую среду около 90 т мышьяка, 300 т бария, 20 т ртути и других токсичных элементов, т.е. всего около двух миллиардов смертельных для человека доз. Даже радиоактивных веществ в выбросах угольных ТЭС в 2-5 раз больше, чем в выбросах АЭС.

Все страны ЕС подписали Киотский протокол об уменьшении выбросов парниковых газов, но ни одна из этих стран не сможет выполнить заложенные в протоколе требования, если и в дальнейшем будет полагаться исключительно на традиционные источники энергии. «Зеленая» энергетика развивается так медленно, удельная плотность вырабатываемой электроэнергии так мала, что на протяжении следующих 50 лет не сможет полностью заменить традиционную энергетику. Поэтому можно считать, что на сегодня атомная энергетика - самая чистая из всех традиционных, в настоящее время доступных источников.

Выводы. Ядерная энергетика (АЭС), при нормальной эксплуатации и при условии существования гарантированного способа хранения радиоактивных отходов (СХОЯТ), имеет бесспорные преимущества в энергетике Украины. На данном этапе развития науки и техники реальной альтернативы ядерной энергетике нет.

Сужесточением норм по выбросу CO<sub>2</sub> в ряде стран, наряду с введением моратория, ставится вопрос и о его снятии на строительство АЭС. Даже авария на Фукусима-1 (март 2011, Япония) не изменила это положение. Общим для всех стран является то, что мощности современных атомных реакторов должны быть не менее 1000-1500 МВт.

Согласно расчетам, вполне возможно создание турбогенераторов такой мощности. Пока остается открытым вопрос создания турбин и реакторов указанной мощности.

Преимущества ядерной энергетики следующие:

- неограниченные ресурсы поставок топлива и чрезвычайно высокая концентрация энергии: 1 кг урана по количеству энергии эквивалентен 20 тоннам угля;

- компактная форма ядерных отходов и отсутствие продуктов сгорания - минимальные выбросы в атмосферу двуокиси углерода на кВт\*°С (столько же выделяется при использовании энергии солнца и ветра, и на два порядка ниже, чем при использовании угля, нефти, природного газа на ТЭС).

*Шевченко В.В., к.т.н.,  
доцент, НТУ «ХПИ»*