

# *inside* WANO



W A N O

ЖУРНАЛ ВСЕМИРНОЙ АССОЦИАЦИИ ОРГАНИЗАЦИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХ АЭС

Том XIII

№ 2

2005 год

АЭС Лагуна Верде

4

АЭС и стихия

8



W A N O

«Новости ВАО АЭС» издается  
Всемирной ассоциацией  
организаций, эксплуатирующих  
АЭС, для всех членов  
Ассоциации три раза в год

**РЕДАКТОР**

Энди Вильямсон,  
КЦ ВАО АЭС  
Email: williamson@wanocc.org

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Люк Мампай  
Исполнительный директор  
Эд Хакс  
Директор АЦ ВАО АЭС  
Фарит Тухветов  
Директор МЦ ВАО АЭС  
Ив Канаф  
Директор ПЦ ВАО АЭС  
Такаши Шоджи  
Директор ТЦ ВАО АЭС

**WANO OFFICES**

**Coordinating Centre**

Cavendish Court  
11-15 Wigmore Street  
London, W1U 1PF  
United Kingdom  
Tel: +44 (0) 20 7478 9200  
Fax: +44 (0) 20 7495 4502

**Atlanta Centre**

700 Galleria Parkway SE  
Atlanta, GA 30339-5957  
USA  
Tel: +1 770 644 8602  
Fax: +1 770 644 8505

**Moscow Centre**

Ferganskaya 25  
Moscow 109507  
Russia  
Tel: +7 095 376 1587  
Fax: +7 095 376 0897

**Paris Centre**

43 rue Vineuse  
75116 Paris  
France  
Tel: +33 1 53 70 35 55  
Fax: +33 1 53 70 35 53

**Tokyo Centre**

2-11-1 Iwato-kita  
Komae-shi, Tokyo 201-8511  
Japan  
Tel: +81 3 3480 4809  
Fax: +81 3 3480 5379

**НА ОБЛОЖКЕ**

Регулировка лопастей  
вытяжного вентилятора  
машзала АЭС Лагуна Верде,  
Мексика

# В ЭТОМ ВЫПУСКЕ

От редакции Мы нужны друг другу	3
Досье АЭС Лагуна Верде – постоянное стремление к улучшению	4
От первого лица Приоритет безопасности	7
Тема номера АЭС и стихия	8
Технология Необходимая плотность обеспечена	11
Опыт эксплуатации Ликвидация последствий и причин события	13
Семинар Опираясь на достигнутое	15



**Люк Мампай,**  
исполнительный  
директор ВАО  
АЭС, оценивает  
перспективы  
развития атомной  
энергетики.

# Мы нужны друг другу

«Могут уйти десятилетия на то, чтобы создать у населения доверие к атомной энергетике, а разрушить его можно моментально, как видно на примере Чернобыльской аварии 1986 года».

**В** настоящее время сложилось много позитивных для атомной энергетики факторов. Это подчеркивалось в выступлениях на Международной конференции МАГАТЭ в марте с.г. в Париже. Генеральный директор МАГАТЭ Мохамед Эль-Барадеи заявил, что, даже по самым скромным прогнозам МАГАТЭ, в 2020 году установленная мощность энергоблоков АЭС в мире составит 427 гигаватт, по сравнению с нынешними 367 гигаваттами. Многие страны обращаются к атомной энергетике с целью обеспечения растущего энергопотребления.

На конференции Дональд Джонстон, генеральный секретарь Организации по экономическому сотрудничеству и развитию (OECD), заострил внимание на экологических аспектах атомной энергетики. По прогнозам Международного энергетического агентства, заявил он, с 2002 по 2030 годы прирост мировой потребности в первичных энергоресурсах составит 60%. Для сдерживания уровня содержания двуокиси углерода и других вредных газов в атмосфере необходимо сокращать долю используемого органического топлива.

«Климат, вероятнее всего, изменится независимо от наших действий», – полагает Джонстон, – «но мы должны, по крайней мере, прилагать все усилия для того, чтобы замедлить климатические изменения и дать миру возможность адаптироваться к ним. Атомная энергетика играет ключевую роль в этом процессе. Игнорируя ее важность, мы обрекаем себя на большой риск».

Пока дела обстоят более или менее нормально. Но никому из нас нельзя успокаиваться на достигнутом, потому что, сколь сильными ни были бы экономические и экологические доводы в пользу атомной энергетики, они не имеют достаточного веса без поддержки общественности и политиков во многих странах. А эти группы пока еще далеки от твердой веры в ведущую роль атомной энергетики в будущем.

Могут уйти десятилетия на то, чтобы создать у населения доверие к атомной энергетике, а разрушить его можно моментально, как видно на примере Чернобыльской аварии 1986 года. С этой точки зрения, нашей отрасли не прощают ошибок, и отношение населения к

эксплуатирующим АЭС компаниям остается настороженным.

Поэтому мы должны постоянно стремиться к совершенствованию уровня эксплуатации и всегда помнить о безопасности. Залогом будущего развития атомной энергетики является не только внутренне присущая безопасность реакторов нового поколения, но и обеспечение безопасности существующих атомных электростанций.

И это требование относится не только к вашей конкретной АЭС. Мы столь же сильно зависим от действий наших коллег по отрасли, живи они в соседней стране или на другом краю света. Мы как альпинисты в одной связке: если на одной АЭС возникает проблема, это затрагивает всех нас. Действия, предпринимаемые коллегами, их отношение к безопасности так же важны, как и ваши собственные. Надо помнить об этом. В действительности, наша отрасль в целом сильна настолько, насколько прочно ее самое слабое звено.

# АЭС Лагуна Верде – постоянное стремление к улучшению



**«Если вы едете на партнерскую проверку думая о том, что сможете внести свой вклад и одновременно многому научиться сами, то вы получите наибольшую пользу от такого участия».**

*Рафаэль Фернандес,  
замдиректора АЭС Лагуна Верде  
по ядерной безопасности*

С прибытием в 1519 году к берегам Мексики испанского мореплавателя Эрнана Кортеса в страну пришли новые идеи и новый образ жизни, которые предопределили ее дальнейшее будущее. Но Кортес даже в мечтах не мог предположить, что 470 лет спустя, там, где он сошел на берег, будет существовать нечто такое, что так же сильно изменит будущее Мексики, – атомная станция Лагуна Верде.

Лагуна Верде – единственная атомная станция Мексики. Два энергоблока с реакторами кипящего типа вырабатывают по 682 МВт каждый – около 5% общей энерговыработки страны. Управляемая государственной Федеральной электроэнергетической комиссией, АЭС Лагуна Верде находится на побережье Мексиканского залива, недалеко от города Веракрус, в 320 км к востоку от Мехико. В 1990 году на Лагуна Верде был введен в эксплуатацию первый блок, а в 1995 году – второй.

Улучшения в сфере безопасности и надежности работы станции способствуют получению отличных эксплуатационных показателей. «Моя цель – добиться бесперебойной работы Лагуна Верде и достичь значения КИУМ 95%», – заявил замдиректора АЭС по ядерной безопасности Рафаэль Фернандес. «Мы достигли значительного прогресса в совершенствовании эксплуатации станции и будем и впредь улучшать показатели работы».

## Служба эксплуатации впереди

Процесс непрерывного совершенствования работы АЭС Лагуна Верде возглавляет служба эксплуатации. В результате более четкого определения и применения стандартов качества заметно улучшилась рабочая обстановка на БЦУ. Положительные изменения в использовании методов предотвращения ошибок персонала и более эффективное применение процедур привели к уменьшению количества ошибок операторов и улучшили производственные показатели. Руководители службы эксплуатации сейчас возглавляют работу по совершенствованию многих областей производственной деятельности станции.

Занятия в учебном центре



Дейвид Хазури, начальник смены станции, считает, что часть заслуг в улучшении эксплуатации станции связана с повышенным вниманием к обмену опытом. «Положение дел существенно изменилось после установления более тесных связей с другими АЭС», – отметил Хазури. «Сравнение собственных результатов работы с деятельностью наших коллег на других АЭС помогло нам понять организацию производства и позволило добиться ряда изменений, которые пошли на пользу нашей АЭС».

Фернандес также рекомендует своим сотрудникам участвовать в партнерских проверках ВАО АЭС. «Если вы едете на партнерскую проверку, думая о том, что сможете внести свой вклад и одновременно многому научиться сами, то вы получите наибольшую пользу от такого участия», – заявил Фернандес. «В такой ситуации выигрывают обе стороны: и принимающая АЭС и члены команды».

## Управление процессом совершенствования

Процесс совершенствования на АЭС Лагуна Верде затрагивает разные аспекты деятельности станции. Ключевой момент в этом процессе – активное вовлечение руководителей всех уровней.

«Предыдущие партнерские проверки ВАО АЭС показали, что руководящий персонал мало бывает на рабочих местах», – отметил Фернандес. «Мы напряженно работали над решением этой проблемы на всех уровнях руководства. Я сам много времени провожу

Единственная атомная электростанция Мексики применяет комплексный подход к повышению уровня безопасности и надежности.

Модернизированный тренажер



Обучение на макетах



на станции и рекомендую другим руководителям больше времени уделять наблюдению за ходом работ. Например, в последний раз при пуске блока после ремонта я был очень рад присутствию руководителей на станции в три часа утра. Хотя мы и не принимали непосредственного участия в пуске, операторы чувствовали нашу поддержку. Пуски блока происходят не часто, так что почему бы руководителям не понаблюдать за этим. Персонал это заметит и оценит вашу поддержку».

Поддержка руководства также сыграла большую роль в улучшении техобслуживания и надежности оборудования на АЭС Лагуна Верде. В недавно разработанном руководстве по проведению техобслуживания четко изложены требования к выполнению работ, и руководители всех уровней играют ключевую роль в укреплении этих требований.

«В области технического обслуживания и ремонта (ТОиР) мы придаем особое значение применению методов повышения эффективности работы персонала: таких как самопроверка, трехсторонние коммуникации, строгое следование

процедурам и детальный инструктаж перед производством работ», – сказал Антонио Каррера, руководитель службы ремонта. – «На первом этапе надо было ознакомить персонал с этими методами, и это уже сделано. Теперь наша задача – добиться их практического использования. Мы пока ещё не достигли желаемого результата, но мы к нему стремимся».

Эверардо Ортега, директор станции, считает, что одна из его задач заключается в том, чтобы помочь ремонтному персоналу обрести уверенность в своих силах.

«В течение долгого времени мы отдавали приоритет эксплуатации,» – заявил Ортега. – «Но я также стараюсь подчеркнуть значимость ремонтного персонала. Атомная станция, как автомобиль, требует надлежащего техобслуживания. Без этого невозможно обеспечить надежность ее работы».

Положительные изменения в системе ТОиР помогли обеспечить бесперебойную работу второго блока в течение 334 дней во время последней топливной кампании. Хавьер Маркос, руководитель службы эксплуатации второго блока, отметил, что усиленное внимание к надежности оборудования позволило добиться стабильной эксплуатации блока.

Ещё одним свидетельством улучшений на АЭС Лагуна Верде можно считать достижения в области радиационной защиты. На станции были существенно снижены уровни излучения от оборудования. «Несколько лет назад, например, в сухой шахте реактора мощность дозы составляла 500 мЗв в час, а сейчас менее 1 мЗв в час», — сказал Серхио Зорилья, руководитель отдела радиационной защиты.

Зорилья отметил, что к снижению уровня излучения привело проведение ряда технических мероприятий, таких как установка дополнительных фильтров в системе конденсатоочистки и ввод цинка в теплоноситель на обоих блоках. По мнению Зорилья, станционный персонал внес значительный вклад в улучшение радиационной обстановки: «Особенно заметные изменения к лучшему происходят в ремонтной службе, где руководители заинтересованы в снижении дозовых нагрузок и поощряют персонал делать все необходимое для этого. Тем не менее в этой области у нас есть еще над чем работать. Но если раньше работники отдела

Обсуждение предстоящей работы



радиационной защиты ограничивались выполнением контролирующих функций, то теперь они вовлечены в руководство и обучение. На это потребовалось время, но результаты ощутимы».

### Кадровый вопрос

Многие годы АЭС Лагуна Верде помогает своим сотрудникам в углублении знаний, совершенствовании умений и навыков. Сравнение результатов своей работы с работой коллег по отрасли (бенчмаркинг), поддержка ВАО АЭС и улучшение внутростанционной системы подготовки персонала – все это способствовало воспитанию более квалифицированных кадров.

За последние два года персонал Лагуна Верде совершил более десяти бенчмаркинг-визитов на другие АЭС. Кроме того, на станции всегда рады приезду коллег из других стран мира: начиная с 2003 года, станция приняла 17 миссий технической поддержки ВАО АЭС.

Языковой барьер препятствует эффективному и полноценному общению с иностранными коллегами, но на АЭС Лагуна Верде решают и эту проблему. К примеру, те, кто участвует в бенчмаркинг-визитах или в других международных мероприятиях, должны свободно владеть английским языком, что позволяет обмениваться информацией более эффективно. Но поскольку не все работающие на АЭС Лагуна Верде говорят по-английски, наиболее важная из поступающей информации, например, по опыту эксплуатации, переводится на испанский язык.

Недавно станционные возможности по подготовке персонала значительно расширились благодаря комплексной модернизации тренажера, сооружению нового корпуса для макетов оборудования и обновлению учебных классов.

«Наш тренажер был создан в 1980-е годы», – сказал руководитель службы подготовки персонала Хорхе Дель Рио. «Это был хороший тренажер, но возможности его были ограничены. Новый тренажер более мощный и оснащен дополнительными панелями, которые особенно полезны для отработки действий в аварийных ситуациях. Это существенное дополнение к уже

существующей системе подготовки персонала».

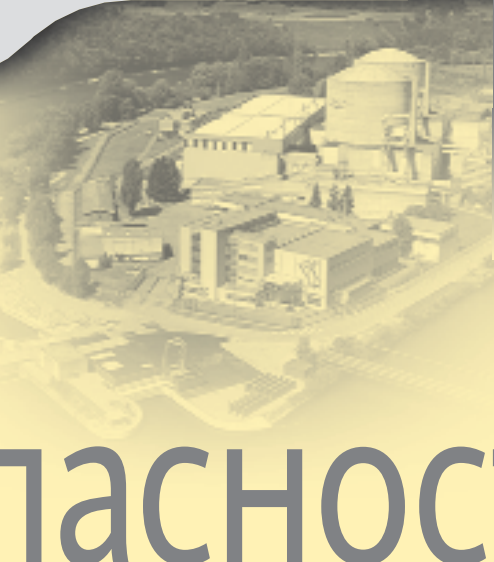
На период реконструкции тренажера Лагуна Верде договорилась с американской АЭС Ла-Салль об использовании их тренажера для переподготовки оперативного персонала.

«АЭС Ла-Салль – это побратим Лагуна Верде, у нас аналогичный проект», – сказал Чак Дикман, руководитель службы подготовки персонала АЭС Ла-Салль. – «Мы только что закончили начальный курс подготовки лицензированных операторов, и тренажер был свободен по вечерам и выходным. Наш персонал обеспечивал работоспособность тренажера, а также наблюдал за проведением тренажерных занятий. Начальники смен обсуждали с персоналом АЭС Лагуна Верде принципы обучения, сходства и различия в подготовке оперативного персонала. Это было полезно для всех».

Как и другие АЭС, Лагуна Верде решает задачу обеспечения станции хорошо подготовленным, квалифицированным персоналом на годы вперед. Был разработан подробный план преемственности кадров, чтобы составить четкое представление о будущих потребностях в рабочей силе и обеспечить наличие тщательно отобранного, хорошо обученного и аттестованного персонала еще до того, как возникнет реальная необходимость в нем.

«Средний возраст работников 45 лет», – сказал Дель Рио. – «Наше трудовое законодательство разрешает уход на пенсию в 55 лет при трудовом стаже не менее 25 лет. Мы знаем, сколько людей будет увольняться к определенному году и каких специальностей. Мы готовимся к этому и осознаем, что может потребоваться длительное время для проверки способности нового поколения эксплуатировать станцию безопасно и эффективно».

АЭС Лагуна Верде смотрит в будущее, и, как считает Фернандес, именно сильные кадры будут определять будущие успехи станции. «Мы уже многое сделали и будем продолжать улучшать работу станции», – заявил Фернандес. – «Со своей стороны, я стараюсь создать на станции атмосферу гордости за нашу работу. Для меня это исключительно важно».



**Манфред Туманн**, руководитель департамента атомной энергетики компании NOK, Швейцария, рассказывает о задачах, стоящих перед атомной энергетикой, как в стране, так и за рубежом.

# Приоритет безопасности

«Моя личная задача – добиться сохранения нашего запаса прочности и неуклонного повышения уровня безопасности даже на тех АЭС, где он уже является признанно **ВЫСОКИМ**».

**П**одобно многим европейским странам, Швейцария испытывает потребность в увеличении поставок электроэнергии. Но еще не решено, как удовлетворить эту растущую потребность и каково место атомной энергетики в решении этого вопроса.

Общественное мнение не отвергает существующего использования атомной энергии, но пока еще не поддерживает идеи сооружения новых энергоблоков АЭС. Однако доля тех, кто выступает против строительства новых АЭС, постепенно сокращается, и я с удовлетворением отмечаю, что дебаты перешли в гораздо менее эмоциональную плоскость.

## Самоуспокоенность опасна

То, что нарушения в работе АЭС происходят редко, несет в себе определенный риск. В то время как в авиапромышленности постоянно звучат напоминания о том, что безопасность полетов превыше всего, отсутствие происшествий на АЭС день ото дня усиливает чувство, что все в порядке. Моя личная задача – добиться сохранения нашего запаса прочности и неуклонного повышения уровня безопасности даже на тех АЭС, где он уже является признанно высоким. Еще одной из главных целей я считаю поддержание хорошего уровня технической безопасности на стареющих энергоблоках и продление срока эксплуатации.

ВАО АЭС помогает нам держать в центре внимания приоритетную задачу обеспечения безопасности. В прошлом году у нас состоялись две партнерские проверки: на АЭС Бецнау и Лейбштадт. Обе они были проведены с высоким профессионализмом, и были сделаны непредвзятые выводы на основании документально зафиксированных фактов.

По-моему, ни одна другая организация, включая высшее руководство компании, не обладает более авторитетным влиянием на действия станционного персонала. Мнение, выражаемое ВАО АЭС, более весомо, и получаемая обратная связь принимается персоналом на всех уровнях.

**У**роженец Германии Манфред Туманн окончил факультет машиностроения Мюнхенского технического университета, затем получил степень доктора технических наук. Он начал свою карьеру в авиакосмической промышленности Германии как ученый-проектант, а затем стал работать в электроэнергетике Швейцарии. В настоящее время возглавляет департамент атомной энергетики компании NOK и является членом правления холдинга Axpo Holding AG, который владеет АЭС Бецнау и частью активов АЭС Лейбштадт и Гёсен.

## Просто о сложном

Необходимо вести разъяснительную работу среди населения, особенно среди женщин, которые в процентном отношении составляют большинство населения и неизменно представляют самую многочисленную группу противников атомной энергетики. Именно домохозяйки мы должны убедить в своей правоте, а для этого нам надо отказаться от сложной технической лексики и разъяснять преимущества атомной энергетики простым и доступным языком. Это и есть путь к достижению того, чтобы не только в Швейцарии атомная энергетика играла ведущую роль в покрывании растущих потребностей в энергообеспечении человечества в XXI веке.

# АЭС и СТИХИЯ

Чрезвычайные природные явления – это испытание готовности атомных электростанций противостоять им и способности персонала принимать правильные решения в экстремальных ситуациях.

**26** декабря 2004 года яркое солнечное утро радовало жителей городка Калпакам в южном индийском штате Тамил Наду. Ничто не предвещало, что это будет необычный день. Сильное землетрясение в районе индонезийского острова Суматра спровоцировало мощнейшее цунами, унесшее жизни и разрушившее жилища по всему континенту. Этот удар достиг Калпакама примерно в 09:15.

АЭС Мадрас расположена недалеко от северной части городка. Во время удара стихии энергоблок 1 находился в остановленном состоянии, а энергоблок 2 (Мадрас-2) работал на мощности близкой к номинальной.

АЭС получает охлаждающую воду из океана через подводный тоннель, водозабор которого расположен в 500 метрах от берега. Морская вода через тоннель поступает на береговую насосную станцию и оттуда подается насосами на конденсатор турбины и другие теплообменники.

Цунами затопило береговую насосную станцию на два метра выше площадки обслуживания насосов, и это вызвало их отключение из-за попадания воды в местные щиты управления, что в свою очередь привело к последующему останову турбины и реактора персоналом БЩУ.

После очистки загрязненного оборудования и удаления принесенных цунами обломков реактор был выведен в критическое состояние 1 января 2005 года. Как отметил директор станции Шринивасчариар Кришнамурти: «Быстрое возвращение блока в эксплуатацию продемонстрировало способность станции противостоять чрезвычайным внешним событиям, не типичным для этого региона. Персонал действовал безукоризненно.

По словам Кришнамурти, событие также показало, что консервативные подходы к выбору месторасположения и сооружению производственных зданий не позволили морской воде проникнуть в те помещения и на те отметки, где расположено оборудование, отвечающее за безопасный останов реакторной установки».

**БЫТЬ ГОТОВЫМИ К НЕОЖИДАННОСТЯМ**  
Этот пример свидетельствует о непредсказуемости и разрушительной силе

Последствия стихийного бедствия на АЭС Рингхалс в Швеции



стихии. Атомные станции, по сути, должны научиться ожидать чрезвычайные события и быть к ним соответствующим образом подготовленными. Человечество не может управлять природными явлениями, будь то наводнения, пожары, морозы или сильные бури. Такие катаклизмы подвергают технику чудовищным, порой невообразимым нагрузкам, и могут вызвать череду непредсказуемых событий. По сути, чрезвычайные природные явления – это испытание готовности станции противостоять им и способности персонала принимать правильные решения в экстремальных ситуациях.

Восьмого июня 2000г. в районе расположения Южно-Украинской АЭС разразилась сильная гроза. Во время одного из грозовых разрядов электрическая помеха, наведенная электромагнитным возмущением от молнии, оказалась достаточной, чтобы привести к ложному срабатыванию системы сейсмозащиты и выдать сигнал на аварийный останов энергоблока. Часть оборудования системы сейсмозащиты располагалась снаружи главных зданий и не имела достаточной помехозащищенности от электромагнитного поля грозового разряда.

Впрочем, иногда причиной проблемы является не единичная тяжелая погодная ситуация, но скорее сильное воздействие в течение длительного времени. Именно так случилось на Кольской АЭС в России. Во время сильных ветров в марте 2003 года сработала дифференциальная защита ошиновки 330 кВ энергоблока 2, вследствие

Суровые погодные условия из-за своей непредсказуемости и разрушительной силы становятся тяжелым испытанием для станции и персонала. Здесь приведены примеры последствий таких событий и способы борьбы с ними.

Сильный ветер повлиял на работу Кольской АЭС



Перед цунами: все спокойно на индийской АЭС Мадрас



чего произошло отключение блока от энергосистемы. Оборвался шлейф гибкой ошиновки 330 кВ на спуске к вводу высокого напряжения фазы «А» блочного трансформатора.

Контактный наконечник высоковольтного ввода был разрушен вследствие образования трещин на растянутой части наконечника, причиной чему послужили длительная ветровая нагрузка и коррозионное воздействие.

### Атака стихии

Природа не признает национальных границ. Ураганные ветры, проливные дожди и высокие волны обрушились на весь Скандинавский регион в январе 2005 года.

Четыре блока АЭС Рингхалс, расположенной в 60 км к югу от шведского города Готенбург, подверглись мощной атаке стихии. Учитывая неблагоприятный прогноз погоды и следуя установленному порядку, было сделано все возможное, чтобы

отразить удар стихии. Но ветер был так силен, что водяная спринклерная система ОРУ не смогла предотвратить отложения соли на оборудовании. Это вызвало искрение и замыкания на ОРУ, что привело к отключению энергоблоков 1, 2, и 3 от национальной энергосистемы. На четвертом блоке, имеющем закрытые распределительные устройства, пришлось снизить нагрузку до 25%.

Средства связи также были повреждены, в результате чего АЭС Рингхалс и местные аварийные службы примерно на полчаса потеряли контакт между собой. Было много звонков от жителей о сроках восстановления подачи электроэнергии.

Вероятно, все эти проблемы предвидеть невозможно, но очень важно извлечь уроки из произошедшего на АЭС Рингхалс.

«Сейчас мы рассматриваем, какие модификации водяной спринклерной системы должны быть сделаны, чтобы надежно защитить оборудование ОРУ от солевых отложений. Местные власти создают новую систему с резервированием каналов связи, и в будущем в подобной ситуации соответствующий персонал АЭС будет перемещаться в кризисный центр, оснащенный такой связью. Также будет уделяться больше внимания информированию населения о событиях», – сказал руководитель службы ядерной безопасности Клас Пилквист.

### Двойной удар

Ураганы – это часть жизни американского штата Флорида, и подготовка к ним осуществляется систематически. Однако их воздействие на электростанцию может быть



Разрушения, вызванные ураганом во Флориде



очень тяжелым, особенно если ураганы обрушиваются на станцию дважды в течение трех недель. В такой ситуации оказалась АЭС Сент-Люси, расположенная недалеко от западного побережья Флориды на острове Хатчинсон, которую в сентябре 2004 года атаковали ураганы Фрэнсис и Жанна.

Каждую весну на станции проводятся подготовительные работы к отражению ураганов, включающие закрепление оборудования и проверку состояния противосторновых устройств, наличия материалов и запчастей. АЭС Сент-Люси также учла уроки из события на АЭС Терки-Пойнт, на которую в 1992 году обрушился ураган Эндрю.

Критическим моментом противостояния стихии стала доставка дизельного топлива. «Мы должны были просчитать, когда сможем гарантированно получить следующую поставку», – пояснил Раджив Кундалкар, вице-президент по инженерной поддержке. – «После урагана 1992 года нашу жизнедеятельность обеспечивали четыре дизель-генератора и семидневный запас топлива к ним. Сама попытка доставки дизельного топлива по шоссе может превратиться в кошмар».

АЭС Сент-Люси также пригласила представителей поставщиков оборудования, чтобы при необходимости иметь возможность оперативного решения технических вопросов на месте. «К нам прибыли инженеры и техники из разных уголков страны», – сказал Билл Джефферсон, вице-президент АЭС. – «Они добровольно согласились бороться с ураганом вместе с нами».

По мере приближения ураганов около 220 членов аварийных бригад, включая персонал АЭС, представителей поставщиков оборудования и службы безопасности, доставили на площадку АЭС одежду и все необходимое, чтобы противостоять стихии столько времени, сколько потребуется. Станция была поставлена под усиленную охрану, здания обшивались досками, проверялось оборудование и пополнялись запасы продовольствия и воды для персонала аварийного реагирования.

В обоих случаях центр урагана проходил через АЭС Сент-Люси. «Мы разработали перечень первоочередных действий при приближении стихии», – продолжает

Джефферсон. – «Например, мы решили дозаправить дизельным топливом воздушные компрессоры дизелей, разработали подробные планы обходов и передачи информации, выходы на территорию в одиночку запретили».

Во время этого двойного испытания АЭС Сент-Люси только однажды потеряла внешнее электроснабжение. Как и на АЭС Рингхалс, отключение было вызвано попаданием водяной пыли, принесенной ураганным ветром, на оборудование ОРУ.

Борьба со стихией сплотила людей. Как сказал Дрейтон Питтс, начальник ЦТАИ: «Разные специалисты работали вместе. Персонал ЦТАИ помогал механикам ставить жалюзи на окна, и все мы делали то, что требовалось. Взаимопомощь была впечатляющей».

После урагана Эндрю АЭС Сент-Люси разработала подробный план обследования станции и восстановления поврежденного оборудования и зданий при первой возможности, после того как минует опасность. От стихии на площадке АЭС пострадали вспомогательные здания, склады, офисы и внешние сооружения, такие, как подводный канал. Но травм и ранений среди персонала не было. Станция соблюдала все требования безопасности, и устранение повреждений проводилось спокойно и эффективно. Оба энергоблока были введены в работу к 4 октября.

«Во время ураганов», – подчеркнул в заключение Джефферсон, – «наши операторы дважды выполнили останов и пуск блоков, справились с потерей и восстановлением внешнего электроснабжения станции, не совершив ошибок. Отрадно сознавать, что таким масштабным стихийным бедствиям, как два урагана подряд, можно противостоять, и мы сделали это. Мы были очень хорошо подготовлены».

*Дополнительная информация о событиях, связанных с суровыми погодными условиями на АЭС, содержится в отчете WANO SOER 2002-1, размещенном на Интернет-сайте ВАО АЭС ([www.wano.org](http://www.wano.org)).*

# Необходимая плотность обеспечена

«Состояние V-образных канавок регулярно проверяется во время капитального ремонта блоков. По результатам таких проверок было принято решение о ремонте канавок главного фланца корпуса реактора».

**В** составе АЭС Богунице, Словакия, 4 энергоблока с реакторами ВВЭР-440. В течение многих лет персонал АЭС работал над программами модернизации и реконструкции, решая проблемы поддержания в работоспособном состоянии стареющего оборудования. Одной из конкретных задач было выполнение работ на узле уплотнения фланца корпуса реактора в мае-июне 2004 года.

Качественное уплотнение оборудования первого контура является необходимым условием соблюдения ядерной безопасности и эксплуатационной надежности. Одно из важнейших мест – узел уплотнения корпуса реактора. Две пары V-образных канавок на главном фланце корпуса реактора обеспечивают его плотность. Никелевые кольцевые прокладки вставляются в канавки. Качество и форма поверхности V-образных канавок ухудшаются по мере эксплуатации, при разборке реактора и замене никелевого уплотнения, что увеличивает вероятность протечки теплоносителя первого контура.

Состояние V-образных канавок регулярно проверяется во время капитального ремонта блоков методами внешнего осмотра, цветной дефектоскопии и измерения. На основании таких проверок было принято решение о ремонте канавок главного фланца корпуса реактора на блоке 4 проекта В-213, введенного в эксплуатацию в 1985 году. Ремонтное подразделение станции было уполномочено подготовить и провести ремонт уплотнительной поверхности крышки реактора и канавок.

## Методы и материалы

Следующим этапом был выбор соответствующей технологии и метода решения этой задачи. Хотя отдельные составные части предстоящей операции уже существовали, исходя из масштаба и характера работы, предполагалось, что эти компоненты будут уникальным образом собраны воедино на АЭС Богунице.

Научно-исследовательский институт сварки в Братиславе разработал технологию сварки, подобрал необходимые материалы, спроектировал и изготовил сварочный модуль.

Металлографические исследования и механические испытания подтвердили возможность применения предложенного технологического процесса. При разработке



**Душан Белко,** руководитель ремонтного подразделения АЭС Богунице в Словакии, дает пояснения о новой системе, предназначенной для ремонта уплотнения корпуса реактора.



необходимого оборудования учитывалось, что оно должно будет обладать возможностями для:

- установки сварочного модуля с обеспечением постоянной окружной скорости его перемещения
- выполнения главных операций по устранению дефектов (фрезерование, токарная обработка, сверление, шлифование) с конечной точностью обработки поверхностей до 1,6 мкм
- горизонтального и вертикального размещения в пределах допуска на фланцах корпуса и крышки реактора
- дезактивации, транспортировки; не препятствовать выполнению других работ и исключать попадание посторонних предметов в корпус реактора

Необходимое оборудование (US-3000-R) было спроектировано и изготовлено одной из французских компаний с соблюдением всех вышеперечисленных требований. Словацкая компания, специализирующаяся в области сварки, оснастила его сварочным модулем VUZ ZTK-1.

Перемещение сварочного модуля и отдельных узлов осуществлялось устройством с гидравлическим и электрическим приводом. Сертификация ремонтной технологии проводилась на полномасштабном макете, созданном изготовителем реактора.

### Работа выполнена успешно

Использование ремонтного оборудования потребовало организации рабочих мест, приспособленных к зоне его применения. Ремонтные работы проводились на месте, при этом транспортный коридор одного из технологических зданий был выбран местом работ по ремонту крышки реактора. Чтобы использовать это помещение, пришлось усилить стальную несущую конструкцию коридора и изготовить крестообразную траверсу.

Тщательная подготовка являлась ключевым элементом успеха всей операции. Прежде всего, в ноябре 2003 года фирмой-изготовителем оборудования были проведены функциональное опробование, комплексные проверки и базовая подготовка ремонтного персонала АЭС Богунице. После этого оборудование перевезли на станцию. Затем в конце года были проведены приемочные испытания оборудования и рабочего места для ремонта корпуса и крышки реактора. И наконец, с 24 мая по 24 июня 2004 года во время капремонта с перегрузкой топлива энергоблока 4 АЭС Богунице был выполнен ремонт поверхности главного фланца реактора.

Объем ремонтных работ включал в себя следующее:

- установку оборудования на крышке реактора
- ремонт уплотнительной поверхности крышки реактора
- проверку уплотнительной поверхности на соответствие требованиям
- сборку оборудования и его центровку на главном фланце реактора
- ремонт главного фланца реактора, фрезерование исходных канавок, наплавку канавок, фрезерную обработку уплотнительной поверхности после наплавки
- ревизию поверхности главного фланца реактора

Размещение сварочного модуля



Несмотря на трудности при изготовлении оборудования, подготовке персонала, лицензировании технологического процесса и организации рабочих мест для ремонта, задача была успешно решена, что предоставило возможность для дальнейшей безопасной и надежной эксплуатации энергоблока 4. Процесс ремонта был снят на пленку, и видеофильм использовался для последующей подготовки персонала. Кроме того, аналогичные ремонтные работы могут быть выполнены не только на реакторах ВВЭР-440, но и, после необходимых модификаций, на ВВЭР-1000.

*За дополнительной информацией обращайтесь к Душану Белко: [belko.dusan@ebo.seas.sk](mailto:belko.dusan@ebo.seas.sk)*



**Джозеф Эк,** руководитель программы восстановительных работ, обсуждает текущие вопросы по ликвидации последствий события, связанного с ядерным топливом, которое произошло на АЭС Пакш, Венгрия, в апреле 2003 года.

# Ликвидация последствий и причин События

Блочный щит управления энергоблока 2



«Каждый этап восстановительных работ требует получения лицензии от регулирующего органа Венгрии, что создает большие сложности, ведь такие задачи ранее не приходилось решать ни станции, ни регулирующему органу».

**10** апреля 2003 года на АЭС Пакш в Венгрии произошло серьезное повреждение 30 отработавших тепловыделяющих сборок (ТВС) из-за потери теплоотвода при их очистке вне реактора энергоблока 2. Подрядная организация и станция ранее успешно выполнили химическую очистку ТВС с небольшими остаточными тепловыделениями в 7-кассетном контейнере, но в этот раз очистка топлива с высоким остаточным тепловыделением производилась в 30-кассетном контейнере, без достаточного предварительного анализа.

Задержка в снятии крышки контейнера привела к созданию условий, не обеспечивающих достаточного охлаждения топлива. В такой ситуации через несколько часов в контейнере образовалась паровая подушка, которая обнажила топливо. Когда крышка контейнера была приподнята, мгновенное поступление холодной воды привело к тепловому удару с серьезным повреждением ТВС. Произошел кратковременный выброс газообразных продуктов деления в реакторное отделение и в окружающую среду с превышением допустимых пределов, но с пренебрежимо малым неблагоприятным воздействием на население.

Перед станцией сразу же встал вопрос о том, как удалить поврежденные топливные элементы и ликвидировать последствия события.

## Программа восстановительных работ

Для начала была создана специальная группа для надзора за действиями, выполняемыми после события, работа которой обеспечила приоритетность соблюдения требований по ядерной и радиационной безопасности.

Были приняты меры для поддержания топлива в подкритическом состоянии, удаления остаточных тепловыделений, очистки охлаждающей среды и циркулирующего воздуха, а также для

оценки и контроля за состоянием контейнера и поврежденных ТВС. Непрерывный контроль показал, что несмотря на то, что топливо находится в подкритическом состоянии, его вряд ли удастся удалить целиком, без дальнейшего разрушения.

Каждый этап восстановительных работ требует получения лицензии от регулирующего органа Венгрии, что создает большие сложности, ведь такие задачи ранее не приходилось решать ни станции, ни регулирующему органу.

Регулирующему органу необходимо оценить безопасность предлагаемого метода удаления топлива с технической точки зрения и удостовериться в его практической выполнимости. Регулирующий орган также волнуют вопросы подбора оборудования и инструмента для выполнения восстановительных работ. Но так как оборудование и инструмент изготавливаются на заказ, их пригодность и соответствие выполняемой задаче необходимо проверять и подтверждать испытаниями.

## Текущее состояние

Для выполнения восстановительных работ АЭС Пакш выбрала подрядную организацию из России. Работы будут производиться с рабочей платформы, установленной в колодце с поврежденным топливом на энергоблоке 2.

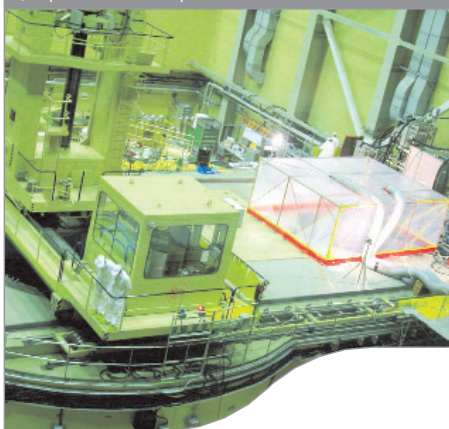
Сначала были собраны все данные, необходимые для удаления поврежденных ТВС и помещения их в специальные контейнеры. Затем российская подрядная организация подготовила технические проекты на оборудование, инструмент и контейнеры для хранения поврежденных ТВС. Технические проекты легли в основу документации для подачи заявки на получение лицензии. Изготовление оборудования и инструмента начнется после получения разрешения. Подрядная организация также подготовила



Пресс-конференция после события



Центральный зал энергоблока 2



исходные версии инструкций и процедур по удалению топлива, которые после окончательного оформления будут приложены к документации на получение лицензии.

Для испытания оборудования и инструментов в работе на АЭС Пакш была подготовлена экспериментальная модель контейнера в натуральную величину. Эта модель, а также оборудование и инструменты, будут установлены на энергоблоке 1 в колодце № 1, так как этот колодец практически идентичен тому, в котором произошло событие. Здесь будут проходить испытания оборудования и инструмента, а также обучение персонала.

Эксплуатация энергоблока 2 возобновилась только в августе 2004 года, после длительных проверок и долгих согласований с регулирующими органами, что еще более подчеркнуло серьезность тех последствий, которые могут возникнуть для атомной станции в связи с тяжелым событием. Есть надежда, что подготовительные работы для удаления поврежденных ТВС начнутся в конце 2005 года.

### Помните о причинах

Китайский мудрец Конфуций считал, что, сделав ошибку и не исправив ее, человек совершает еще одну ошибку. Это можно отнести и к организации. Поэтому АЭС Пакш должна устранить не только последствия, но и причины события.

Миссия технической поддержки ВАО АЭС в 2003 году выявила, что за этим событием стоит ряд недостатков в области станционного управления и принципиально ошибочные проектные и конструкторские решения. Также имели место недостатки, связанные с процессом принятия решений и чрезмерным доверием к выполнявшей работу подрядной организации.

Руководство АЭС Пакш приступило к устранению этих организационных и технических недостатков. Достигнут определенный прогресс, но сделать нужно еще многое, и ВАО АЭС

продолжает оказывать помощь коллективу АЭС Пакш.

*Для получения более подробной информации обращайтесь к Джозефу Эку: [esk@ppr.hu](mailto:esk@ppr.hu) или к сообщению о событии WANO SER 2003-6 на сайте [www.wano.org](http://www.wano.org)*

Рассмотрим несколько уроков, полученных на семинаре ВАО АЭС по повышению качества работы персонала.

# Опираясь на ДОСТИГНУТОЕ

**«Работу персонала можно неуклонно улучшать, даже в организациях с хорошо отлаженной системой работы».**

*Дженифер Хьюинк-Арнот, специалист по подготовке персонала компании Ontario Power Generation (OPG), Канада*

**К**аковы пути достижения высокого качества работы персонала? Как повысить культуру безопасности и как убедить весь коллектив станции поверить в программу повышения качества работы персонала и следовать ее требованиям?

Более 180 профессионалов-атомщиков из восьми стран мира обсуждали эти и другие вопросы в ходе семинара ВАО АЭС по повышению качества работы персонала, который состоялся в ноябре 2004г. в Торонто. Семинар был организован Институтом по эксплуатации атомных электростанций (INPO) и канадскими компаниями Ontario Power Generation, Bruce Power и New Brunswick Power.

«Проблема повышения качества работы персонала актуальна для мировой атомной энергетики в целом», – считает Эд Хакс, директор Атлантического центра ВАО АЭС. «Задачей данного семинара было обобщение основных аспектов проблемы с учетом мирового опыта и положительной практики».

На семинаре были рассмотрены следующие вопросы:

- характеристики успешных организаций
- элементы программы улучшения работы персонала
- управление изменениями и роль лидера
- показатели качества работы персонала
- управление безопасностью
- эффективное внедрение высоких стандартов качества работы персонала
- положительные результаты, достигнутые в работе персонала компании British Energy
- деятельность компании OPG в области повышения качества работы персонала
- выполнение программы повышения качества работы персонала на АЭС Кршко

По словам Дженифер Хьюинк-Арнот, специалиста по подготовке персонала компании OPG, в центре внимания семинара была практическая информация, которую можно широко использовать на станциях. «Работу персонала можно неуклонно улучшать, даже в организациях с хорошо отлаженной системой работы», – отмечает Хьюинк-Арнот. – «Данный семинар фокусировался на разработке и реализации стратегической концепции повышения качества работы персонала и достижения безаварийной работы».

Участники семинара



Роджер Клебаум, специалист по работе с персоналом компании Bruce Power, считает, что семинар также предоставил прекрасную возможность для обмена методами и опытом работы.

«Представители нескольких эксплуатирующих организаций поделились с участниками семинара инструкциями и методиками для определения эффективности программ по работе с персоналом», – сказал Клебаум. – «Это была потрясающая возможность для общения и контактов с коллегами на международном уровне и обсуждения проблем и путей их решения. В компании Bruce Power мы рекомендовали к внедрению ряд мероприятий по улучшению работы персонала на основе знаний, которые мы получили во время семинара».

*Копии докладов и презентаций помещены на корпоративный сайт ВАО АЭС ([www.wano.org](http://www.wano.org)) в раздел «Семинары» (Workshops and Seminars)*

