

АНАЛИЗ ИНЦИДЕНТА 22 СЕНТЯБРЯ 2009 г. С НЕЗАКРЫТИЕМ ИМПУЛЬСНО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАТОРА ДАВЛЕНИЯ НА ЭНЕРГОБЛОКЕ № 3 ОП "РИВНЕНСКАЯ АЭС"

© 2011 г. А. А. Ключников, В. И. Скалозубов, Ю. А. Комаров
М. И. Колисниченко*, П. И. Ковтанюк*, Ю. А. Павлов*

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Киев
ОП "Ривненская АЭС" ГП НАЭК "Энергоатом"

Приведены основные результаты анализа известного инцидента на энергоблоке № 3 ОП "Ривненская АЭС" (ОП РАЭС), связанного с незакрытием (после открытия) импульсно-предохранительного устройства компенсатора давления в процессе плановых испытаний. Установлены основные причины события и показано, что при этом не были нарушены правила и нормы ядерной и радиационной безопасности.

Ключевые слова: импульсно-предохранительное устройство, предохранительный клапан, компенсатор давления, ядерная и радиационная безопасность.

Основные сведения об инциденте

Энергоблок № 3 ОП РАЭС эксплуатируется с 1986 г., тип реакторной установки – ВВЭР-1000/В-320. На энергоблоке № 3 с момента пуска в 1986 г. установлены системы предохранительных клапанов компенсатора давления (ПК КД) производства «Sempell AG» Германия, которые на данный момент успешно эксплуатируются на девяти энергоблоках АЭС Украины из 15-ти.

С 28 мая 2009 г. блок находился в планово-предупредительном ремонте (ППР), 22 сентября 2009 г. шли 118-е сутки ППР, состояние реакторной установки – «горячий останов». Параметры теплоносителя 1-го контура: температура 280 °С, давление 160 кгс/см². Активная зона находилась в глубоком подкритическом состоянии, концентрация жидкого поглотителя нейтронов (раствора борной кислоты) стояночная 16 г/кг, все стержни управления и аварийной защиты введены в активную зону. Оборудование 1-го и 2-го контура реакторной установки, система герметичного ограждения уплотнена, в дежурстве находились все три канала систем безопасности.

На энергоблоке 22 сентября 2009 г. началось проведение плановых регламентных предпусковых испытаний импульсно-предохранительных устройств компенсатора давления (ИПУ КД). Во время ремонта в ППР-2009 был проведен плановый капитальный ремонт всех клапанов, после чего в соответствии с требованиями «Технологического регламента безопасной эксплуатации энергоблока № 3 ОП РАЭС» (ТРБЭ) и конструкторской документации необходимо осуществлять проверку правильности их срабатывания и настройки реальным повышением давления с кратковременным сбросом пара в бак-барботер (ББ).

Ход протекания процесса:

22 сентября 2009 г. в 20:45 согласно штатной «Программы испытаний. Система защиты первого контура от превышения давления. Защитная система безопасности. Проверка ИПУ (ИК) КД путем повышения давления до фактического срабатывания. Блок № 3» 141-70/3-ПР-ЦНИО (программа) начались плановые испытания ИПУ КД с реальным повышением давления.

В 21:14:49 после повышения давления 1-го контура до 185 кгс/см² проектно открылся импульсный ПК КД, в 21:14:50 открылся главный ПК КД и давление 1-го контура начало снижаться. Однако после снижения давления 1-го контура до 175 кгс/см² в 21:15:00 главный ПК КД не закрылся, хотя блокировка на его закрытие сработала своевременно.

Из-за длительного сброса пара из КД начали расти параметры (давление и температура) в ББ и при давлении 12 кгс/см² произошел разрыв мембраны, защищающей ББ от разрушения. С этого момента теплоноситель стал поступать в СГО.

В соответствии с требованиями ТРБЭ персонал прекратил выполнение Программы и приступил к ликвидации последствий нарушения, для чего поочередно ввел в работу насосы системы аварийного охлаждения зоны высокого давления (САОЗ ВД), для восполнения потерь теплоносителя 1-го контура, истекающего через главный предохранительный клапан компенсатора давления (ГПК КД) в СГО.

В 21:49:13 давление радиоактивной паровоздушной смеси в СГО достигло уставки $0,3 \text{ кгс/см}^2$ (избыточного) и в соответствии с проектным алгоритмом по орошению герметичной оболочки (ГО) запустились спринклерные каналы систем безопасности, которые отработали в общей сложности 3 ч 40 мин.

Защитный барьер на пути распространения источников ионизирующего излучения – ГО – сработал в проектном режиме, поэтому радиоактивный теплоноситель 1-го контура был локализован и не вышел за пределы ГО на промплощадку и окружающую природную среду. Происходила его конденсация, охлаждение и стекание в приемок ГО с последующим повторным впрыском в 1-й контур насосами САОЗ ВД.

В 22:29 за счет впрыска в 1-й контур холодной борированной воды от насосов САОЗ ВД температура в 1-м контуре снизилась до $82 \text{ }^\circ\text{C}$, а давление до 35 кгс/см^2 . Далее персоналом АЭС восполнение потерь теплоносителя продолжилось насосами САОЗ низкого давления (САОЗ НД). Давление в 1-м контуре снижено до атмосферного, а уровень теплоносителя снижен ниже отметки разъемов ИПУ КД, течь прекращена.

Анализ результатов предварительного расследования

Анализ результатов предварительного расследования Государственным Комитетом Ядерного Регулирования Украины (ГКЯРУ) инцидента, произошедшего на 3-м энергоблоке РАЭС во время ППР-2009, опубликованы на официальном сайте ГКЯРУ <http://www.snrc.gov.ua> от 23 октября 2009 г.

Согласно результатам этого расследования было установлено:

1. Предварительно событие по влиянию на безопасность было классифицировано категорией «П07» (отказы важного для безопасности АЭС оборудования группы «Б») и присвоила уровень по «Международной шкале ядерных событий (ИНЕС)» - «0» (как отклонение, не существенное для безопасности). Однако уже 24 сентября 2009 г. после проведенного инспекцией ГКЯРУ на площадке РАЭС предварительного анализа протекания процесса было установлено, что при ликвидации нарушения имели место следующие отклонения от нормальных условий эксплуатации и проектных режимов: нарушение предела безопасной эксплуатации по минимальному запасу давления до вскипания теплоносителя 1-го контура; нарушение условий безопасной эксплуатации (попадание борного раствора на разделительный сильфон и залив шпилек главного разъема реактора); нарушение эксплуатационных пределов безопасной эксплуатации (превышение допустимой скорости расхолаживания и скорости снижения давления теплоносителя первого контура); термошок металла корпуса реактора вследствие впрыска холодного раствора бора в 1-й контур и др.

Главным государственным инспектором по ядерной и радиационной безопасности Украины, исходя из вышеизложенного, 25 сентября 2009 г. в адрес Минтопэнерго, ДП НАЭК «Энергоатом» и ОП РАЭС были выданы следующие требования: по перекалфикации события как нарушения категории «П02» (нарушение пределов и/или условий безопасной эксплуатации, не перешедшее в аварию); по уточнению уровня события по шкале ядерных событий ИНЕС (нарушение целостности барьеров); по проведению всестороннего анализа переходного процесса на реакторной установке и установления всех нарушений по эксплуатации оборудования и систем; разработки и согласования с ГКЯРУ программ и методик обследования, ревизии, контроля и подтверждения работоспособности оборудования реакторной установки; по обоснованию возможности дальнейшей безопасной эксплуатации систем и элементов энергоблока, важных для безопасности, согласованное с металлургическими и проектно-конструкторскими организациями (в том числе с привлечением генерального кон-

структора реакторной установки – ОКБ «Гидропресс» и поставщика топлива – ОАО «ТВЭЛ»).

2. Для дальнейшей оценки переходных процессов при ликвидации последствий нарушения Департаментом оценки безопасности ядерных установок ГКЯРУ было дополнительно установлено, что данный режим нес в себе серьезную потенциальную опасность, так как в периоды времени 21:21, 21:47 и 22:33, 23:24 при попытках персонала РАЭС вручную заполнить КД и регулировать давление в 1-м контуре с помощью трех насосов САОЗ ВД имело место превышение давления 2-го контура над давлением 1-го на $15,30 \text{ кгс/см}^2$. Это могло привести, в случае разгерметизации теплообменной поверхности парогенераторов, к попаданию «пробки» дистиллята в активную зону с образованием зон локальной критичности.

3. В ходе предварительной оценки материалов установлено, что в качестве запасных деталей к ИПУ КД в 2005 г. на заводе корпорации «Киевская арматура» были заказаны и изготовлены запасные части к клапанам без согласования Технических условий с заводом-изготовителем (нарушение п. 1.2.6 «Правил устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок» ПНАЭ Г-7-008-89).

Относительно результатов и выводов предварительного расследования ГКЯРУ инцидента 22 сентября 2009 г. в ППР-2009 энергоблока № 3 РАЭС следует отметить:

1. Вывод о нарушении ОП РАЭС п. 1.2.6 ПН А Э Г-7-008-89 (Правил атомных энергетических установок (АЭУ)) не вполне корректен. В соответствии с п. 1.2.6. действующих в настоящее время для Украины Правил АЭУ (этот нормативный документ введен в действие еще при Советском Союзе): «...Конструкторская документация (и все изменения к ней) на оборудование и трубопроводы, поставляемые по импорту, должны быть согласованы с устанавливаемой ГАН^{*)} СССР организацией, ... а также и с ГАН СССР». В соответствии с техрешением еще 1990 г. по замене элементов импортного оборудования это требование было выполнено эксплуатирующей организацией. Нарушением же процедур обеспечения качества при техническом обслуживании и ремонте следует признать отсутствие оформления (по сути переоформления) техрешения по замене в соответствии со ст. 89 Закона Украины «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», согласно которой предписывается переоформить разрешительные документы не позднее 5 лет после вхождению в силу указанного закона, т.е. до февраля 2000 г.

2. Вывод о повышении категории нарушения для данного события произведен в соответствии с принципом консерватизма, но недостаточно технически обоснован. В частности, выводы о нарушении пределов безопасной эксплуатации находятся в определенном противоречии с отчетами по анализу безопасности (ОАБ) энергоблоков АЭС Украины с ВВЭР 1000/В-320 (энергоблоки № 5 ОП Запорожской АЭС, № 2 ОП Хмельницкой и № 4 ОП "Ривненской АЭС"). Отказ на закрытие системы ПК КД, произошедшее в ППР-2009 при плановых испытаниях, является проектным исходным событием. Проектом ВВЭР 1000/В-320 предусмотрена как потенциальная возможность такого события (может быть классифицирована как течь 1-го контура в пределах ГО), так и обеспеченность системами безопасности и организационно-техническими мероприятиями по устранению и ликвидации последствий.

В ОАБ энергоблоков с ВВЭР 1000/В-320, результаты которых согласованы с ГКЯРУ, детерминистскими и вероятностными методами углубленного анализа безопасности проанализированы подобные события с течами 1-го контура при работе реактора на мощности и в условиях ППР. Используемые расчетные методы и средства прошли необходимую верификацию и валидацию в соответствии с требованиями «Общих положений по безопасности АЭС Украины». В результате этих отчетов (в частности для течей 1-го контура, эквивалентных течи ПК КД), установлено, что при проектном протекании процессов (с учетом допустимого принципа единичного отказа) регулируемые пределы безопасной эксплуатации не

^{*)} ГАН – Госатомэнергонадзор (ГКЯРУ – правопреемник в Украине как орган государственного регулирования).

нарушаются и конечное состояние является безопасным (реактор подкритичен, отсутствует повреждение ядерного топлива, радиационные нагрузки на персонал и окружающую среду меньше допустимых норм радиационной безопасности – НРБУ-97).

Анализ хронологии события с отказом на закрытие ИПУ КД в ППР-2009 на энергоблоке № 3 РАЭС, а также результатов контроля и обследований после указанного события показывает: процессы после отказа проходили в проектном режиме; реакторная установка находится в безопасном состоянии; радиационные нагрузки на персонал и окружающую среду находятся в пределах установленных норм радиационной безопасности.

Возможные причины определенных противоречий в результатах ОАБ ВВЭР-1000/В-320 и расследований ГКЯРУ в отношении нарушений пределов безопасной эксплуатации могут быть следующие.

1. Предел безопасной эксплуатации по минимальному запасу давления до вскипания теплоносителя 1-го контура (использованный в данном случае ГКЯРУ) является вторичным по отношению к основному пределу безопасности по Правилам безопасности ядерных установок – допустимая температура оболочек ТВЭЛ. Невыполнение критерия по запасу до кипения может лишь при дополнительных условиях привести к кризису теплообмена в активной зоне реактора и способствовать росту температуры оболочек ТВЭЛ. Однако в данном случае ни расчетные обоснования ОАБ, ни результаты фактического послесобытийного обследования не подтверждают нарушение основного предела безопасности.

2. Анализ расследуемого события (по сути – течь 1-го контура) с возможностью попадания «пробки» дистиллята в активную зону реактора (зоны локальной критичности активной зоны реактора) и/или превышение допустимой скорости расхолаживания реактора (могут вызвать термошок корпуса реактора) в соответствии с современными положениями ОПБУ-2008 следует определять как запроектные аварийные ситуации (к которым, например, также могут быть отнесены возможные отказы каналов систем безопасности, необходимых для выполнения критических функций безопасности). Однако в данном случае хронология развития события, расчетные обоснования ОАБ и результаты послесобытийного обследования подтверждают проектный характер происшедших процессов и безопасное конечное состояние реакторной установки.

В отношении отдельных предлагаемых рекомендаций ГКЯРУ по повышению надежности и безопасности эксплуатации ВВЭР-1000/В-320 также следует отметить несколько комментариев.

1. Организация непредусмотренного проектом эффективного регулирования подачи борного раствора насосами САОЗ ВД является, несомненно, полезным мероприятием для усовершенствования управления авариями с течами 1-го контура и межконтурными течами. Однако в настоящее время отсутствуют регуляторы САОЗ ВД, позволяющие эффективно и надежно управлять процессами (в том числе регуляторы "Львов ОРГРЭС" для энергоблока № 1 Южно-Украинской АЭС) по следующим основным причинам:

а) регулирование осуществляется по текущим оценкам значений давления и температур теплоносителя, а также положению штока регуляторов. При этом исключена возможность регулирования по скорости перемещения штока регулятора и скоростей фактического изменения давления и/или температуры теплоносителя. В таких условиях регулирования возможно возникновение автоколебательных режимов^{*)}, а установка регуляторов САОЗ ВД является не только неэффективной, но и вредной: возникают дополнительные циклические термические и динамические нагрузки (в том числе на корпус и внутрикорпусные устройства реактора), а скорости изменения температуры теплоносителя превышают несколько сотен градусов в час (значительно больше допустимых скоростей расхолаживания);

^{*)} В частности, возникновение автоколебательных режимов с регуляторами САОЗ ВД в процессе аварий с течами 1-го контура и межконтурными течами подтвердили технические обоснования ОП ЗАЭС для ВВЭР-1000/В-320, полученные на расчетных моделях и средствах, использованных в ОАБ.

б) работа регуляторов САОЗ ВД неэффективна в отношении наиболее опасных условий возникновения термошока корпуса реактора: начальные моменты подачи от САОЗ ВД, характеризующиеся относительно большими значениями давления теплоносителя, подаваемой массы охлаждаемого раствора и скоростями расхолаживания. Проектные алгоритмы действия регуляторов предполагают значительно позднее их подключение действиями операторов на байпасе основной арматуры напорных магистралей САОЗ ВД;

в) подключение регуляторов осуществляется действиями операторов (идентификация событий, выбор и контроль режима регулирования, отключение проектной арматуры и др.), что определяет возможность существенного повышения вероятности дополнительных (по отношению к проекту) ошибочных действий персонала (в том числе и критических для безопасности).

Одно из основных преимуществ установки регуляторов САОЗ ВД для малосерийных ВВЭР-1000 (проекты энергоблоков №1 и 2 Южно-Украинской АЭС), связанных с сокращением промежутков времени подключения САОЗ ВД после опорожнения баков САОЗ ВД, не является критичным для проектов ВВЭР-1000/В-320, в которых предусмотрено автоматическое переключение на прямом ГО.

2. Более частое проведение испытаний и увеличение объемов контроля, ревизий и т.п. оборудования систем безопасности (в том числе ПК КД) может быть не только неэффективным, но и снижать надежность выполнения функций безопасности: повышенный износ и деградация элементов оборудования, избыточные циклические термические и динамические нагрузки (близкие в испытаниях к аварийным условиям), повышенная вероятность возникновения ошибочных действий персонала при техническом обслуживании/испытаниях и другие. Поэтому необходима оптимизация периодичности испытаний систем важных для безопасности с учетом допустимых циклов нагружения направленная на сокращение количества плановых испытаний при неснижении уровня контроля надежности и работоспособности. В частности, возможность такого подхода определена Типовым регламентом проверок/испытаний СВБ и ТРБЭ энергоблока № 5 Запорожской АЭС на основе соответствующих технических обоснований, учитывающих опыт эксплуатации и согласованных с ГКЯРУ.

Результаты анализа инцидента

На основе анализа представленных документов [1 - 18], а также результатов независимого расследования установлено следующее.

1. Непосредственной причиной явилось заклинивание в открытом положении перепускного клапана (станционное обозначение YP21S04) ИПУ фирмы Sempell. При проведении испытаний ИПУ реальным повышением давления произошел разогрев деталей ИПУ до температуры близкой к температуре теплоносителя – не менее 274 °С (отчет "Гидропресс" [5]) и заклинивание управляющего золотника в посадочном седле-стакане перепускного клапана ИК YP21S04 по следующим причинам ([1, 4, 7, 8, 10]):

а) **материал** установленного золотника отличается от материала соответствующего золотника фирмы Sempell; материал установленного золотника имеет коэффициент температурного расширения выше (в 1,5 раза при температуре 350 °С), чем материал золотника фирмы Sempell; поэтому при нагревании зазор между золотником и посадочным седлом-стаканом установленного золотника будет меньшим, чем для золотника фирмы Sempell;

б) **геометрические размеры** установленного золотника отличаются от геометрических размеров соответствующего золотника фирмы Sempell; наружный диаметр установленного золотника 31,98 мм, диаметр золотника фирмы Sempell – не более 31,90 мм; при этом произошло уменьшение необходимого зазора между золотником и посадочным седлом-стаканом с требуемого 0,05 - 0,06 мм до 0,02 мм.

Таким образом, из-за использования других материалов и геометрических размеров золотника (по сравнению с требуемыми) при нагревании до температуры проведения испы-

таний произошло уменьшение зазора между золотником и посадочным седлом-стаканом до нуля – золотник заклинил, зафиксировав перепускной клапан в открытом положении.

2. Можно выделить следующие сопутствующие причины:

1) несовершенство действующей в ядерной энергетике Украины системы Правил и норм по безопасности. Так, Правилами АЭУ (п. 1.2.6 ПНАЭ Г-7-008-89) допускается замена элементов импортного оборудования по согласованию с регулирующим органом и без согласования с заводом-производителем. Такое согласование было выполнено согласно техрешению от 1990 г. [7]. В то же время ст. 85 Закона Украины "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку" предписывает переоформить разрешительные документы не позднее 5 лет после вхождению в силу указанного закона, т.е. до февраля 2000 г. Относится ли техрешение от 1990 г. [7] к разрешительным документам и, следовательно, необходимо ли было его пересогласовывать его с регулирующим органом Украины в указанном Законе Украины и/или в нормативно-правовых актах по ядерной и радиационной безопасности не определено. Следует отметить, что большинство нормативных документов, действующих в настоящее время в ядерной энергетике Украины, было введено в действие во времена существования СССР и не пересматривались (не изменялись) регулирующим органом после выхода Закона Украины "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку";

2) недостаточное обеспечение системы качества по техобслуживанию и ремонту РАЭС, допустившее в противоречие документации завода изготовителя фирмы Sempell, замену оригинального золотника на золотник производства "Киевская арматура" без известных на тот момент данных по марке металла золотника и точных (с учетом допусков и посадок) геометрических характеристик;

3) недостаток конструкции ПК КД фирмы Sempell, предусматривающее дублирование на открытие ГПК КД без дублирования на закрытие. Таким образом, надежность закрытия ГПК значительно ниже надежности его открытия.

3. Испытания проводились в соответствии с утвержденной программой испытаний "Система защиты первого контура от превышения давления. Защитная система безопасности. Проверка ИПУ (ИК) КД путем повышения давления до фактического срабатывания. Блок № 3" 141-70/3 ПР-СНИО [16]. При установлении незакрытия ГПК КД оперативный персонал действовал в соответствии с требованиями приложения «Е» программы испытаний № 141-70/3-ПР-СНИО [16] действия персонала в случае открытия и незакрытия ИПУ КД при испытании повышенным давлением до фактического срабатывания и инструкции по ликвидации аварий на энергоблоке 3-ИЛА-РАЭС [18]. Действия персонала, направленные на снижение давления в 1-м контуре и ликвидацию воздействия холодного борного раствора, подаваемого насосами САОЗ, на корпус реактора, следует признать оптимальными (отчет "Гидропресс" [5]).

4. Нарушению в работе ОП РАЭС в конечном итоге присвоена категория П07, так как произошел отказ важного для безопасности оборудования 2-го класса безопасности ИПУ КД ЗУР21 **без нарушения пределов и условий безопасной эксплуатации** (отчет о расследовании нарушения [1]). Установление данной категории подтверждается также последующим письмом ГКЯРУ [14].

Из вышеизложенного следует, что во время проверки срабатывания ИПУ КД не было нарушений действующих норм, правил и стандартов по ядерной и радиационной безопасности.

Нарушения пределов безопасной эксплуатации по степени разгерметизации оболочек ТВЭЛ (по результатам анализа радионуклидного состава теплоносителя 1-го контура) не было (отчет о расследовании нарушения [1], техническое заключение [13]). Выхода радиоактивных продуктов за установленные границы не было (отчет о расследовании нарушения [1], годовой отчет [12]). Мощность дозы гамма-излучения на промплощадке за период с 21 по 24 сентября 2009 г. была на уровне естественного фона (отчет о расследовании нарушения [1], справка [11]). Дополнительного облучения персонала, населения - не было (отчет о рассле-

довании нарушения [1], годовой отчет [12]). Загрязнения радиоактивными веществами систем, помещений и площадки АС, территории за пределами площадки АЭС – не было (отчет о расследовании нарушения [1], справка [11], годовой отчет [12]).

Значения мощности дозы гамма-излучения, величин объемной активности инертных радиоактивных газов в ГО энергоблока № 3 не превысили регламентных границ. Максимальное значение объемной активности радионуклидов в выбросе из вентиляционной трубы находилось в регламентных пределах. Газоаэрозольный выброс радиоактивных веществ ни по одному из нормируемых показателей не превысил контрольные и допустимые уровни (отчет о расследовании нарушения [1], анализ состояния радиационных параметров [11]).

5. Объективную оценку экономическим затратам, которые возникли вследствие события, дать затруднительно. Но следует отметить следующее:

1) дополнительные материальные затраты (потери), возникшие вследствие инцидента имеют следующие основные составляющие: дополнительный объем работ по внеочередному контролю, внеплановым ревизиям, ремонту, техническому обслуживанию и испытаниям оборудования реакторного отделения энергоблока; внеплановый простой энергоблока и связанная с этим недовыработка электроэнергии;

2) послеаварийные мероприятия (в том числе внеплановый ремонт, ревизия и контроль оборудования и систем энергоблока № 3 ОП РАЭС), повлекшие за собой экономические затраты, выполнены в соответствии с фундаментальными принципами безопасности, определяемыми в ОПБУ-2008 (п. 5 НП 306.2.141-2008 "Загальні положення безпеки атомних станцій"), в котором, в частности, указано: "Дотримання принципів культури безпеки досягається шляхом: установлення пріоритету безпеки над економічними і виробничими цілями...";

3) внеплановый простой энергоблока № 3 РАЭС не привел к срыву плана по выработке электроэнергии. ОП РАЭС в 2009 г. выполнила план по производству электроэнергии (установленный Минтопэнерго Украины) на 100,1 %.

6. В силу того, что имевшее место нарушение работы РАЭС, связанное с непосадкой ИПУ КД, является **проектным режимом** (отчет "Гидропресс" [5]), то риски, связанные с угрозой жизни и здоровью людей и т.д., не превышают риски, заложенные в проект АЭС. АЭС, являясь объектом повышенной опасности, всегда несет в себе определенные риски. В случае если проектом для данного режима проектом предусмотрены соответствующие технические средства и организационные меры/инструкции, то режим является проектным (допустимым). Данные технические средства и организационные меры/инструкции призваны обеспечить непревышение проектного риска (см. разд. 4 НП 306.2.141-2008 "Загальні положення безпеки атомних станцій"). При возникновении аварийной ситуации, для которой проектом не предусмотрены соответствующие технические средства и организационные меры/инструкции, возникает дополнительный риск – сверхпроектный риск. В данном событии (с незакрытием ИПУ КД) все системы безопасности сработали в проектном режиме, что обеспечило непревышение проектного риска. Отказ на закрытие системы ПК КД, произошедший при плановых испытаниях, является проектным исходным событием.

7. Анализ хронологии события с отказом на закрытие ИПУ КД в ППР-2009 на энергоблоке № 3 ОП РАЭС, а также результатов контроля и обследований после указанного события показывает: процессы после отказа проходили в проектном режиме; реакторная установка находится в безопасном состоянии; радиационные нагрузки на персонал и окружающую среду находятся в пределах установленных норм радиационной безопасности.

Вместе с тем не в полной мере соблюден фундаментальный принцип безопасности – культура безопасности (п. 5.1.1 НП 306.2.141-2008 "Загальні положення безпеки атомних станцій") в части соблюдения требований производственных инструкций. Процедура подготовки к ремонту, технологические операции по ремонту, сборка и проверка холостого хода стержня выполнены в полном объеме без нарушений правил, норм и стандартов по ядерной безопасности ([1], [6]). Однако на этапе документирования результатов работ была представ-

лена недостоверная информация в акте выполненных работ (№ 86к/897-РЦ2/ВР [2]) и акте дефектации (№ 86к/897-РЦ2/Д [3]). В данных документах не отражен факт замены золотника.

Основные выводы

1. Основной причиной события является установка золотника, не соответствующего требованиям детализированных чертежей завода-изготовителя ИПУ КД фирмы Sempell.

2. Сопутствующими причинами отказа на закрытие ИПУ КД энергоблока ОП РАЭС в ППР-2009 являются: несовершенство действующих нормативных документов в части замены оригинальных запчастей оборудования систем, важных для безопасности; недостаточное обеспечение системы качества ремонта и культуры безопасности на ОП РАЭС; недостаток конструкции ПК фирмы Sempell в отношении дублирования на закрытие.

3. Отклонение от нормальной эксплуатации АЭС (событие, связанное с заклиниваем золотника ИПУ КД и приведшее к его незакрытию и истечению теплоносителя 1-го контура в герметичные помещения реакторного отделения энергоблока № 3 РАЭС, произошедшее 22 сентября 2009 г.) не было причиной и не сопровождалось нарушением правил ядерной и радиационной безопасности.

4. Объективную оценку экономическим затратам, которые возникли вследствие события, дать затруднительно, однако несмотря на внеплановый простой энергоблока № 3 ОП РАЭС, связанный с устранением последствий указанного события, ОП РАЭС в 2009 г. план по производству электроэнергии выполнила.

5. Первоочередными мероприятиями по устранению в дальнейшем подобных событий должны быть приведение правил и норм по безопасности в соответствие с законодательной базой и оптимизация планирования испытаний систем, важных для безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Отчет* о расследовании нарушения в работе ОП РАЭС. № ЗРОВ-П07-002-09-09дд. Незакрытие главного предохранительного клапана ИПУ КД УР21S01 во время плановой проверки работоспособности реальным повышением давления в первом контуре перед пуском энергоблока № 3 после ППР из-за подклинивания в седле золотника импульсного клапана УР21S04 после его открытия. Дата выпуска 31.03.2010.

2. *Акт* выполненных работ № 86к/897-РЦ2/ВР от 06.07.2009.

3. *Акт* дефектации № 86к/897-РЦ2/Д от 27.06.2009.

4. *Заключение* завода-изготовителя Sempell AG по отказу главного предохранительного клапана ЗУР21S01 ОП РАЭС

5. *Повышение* надежности реакторной установки В-320. Анализ проектного режима "непосадка предохранительного клапана компенсатора давления" на блоке № 3 ОП РАЭС. 320-Пр-976. ОКБ "Гидропресс"

6. *Акт* служебного расследования причин установки в импульсно-предохранительном устройстве компенсатора давления производства фирмы "Sempell" на энергоблоке № 3 ОП РАЭС деталей, изготовленных в Украине. 15.10.2009.

7. *Техническое* решение по ремонту импульсного и главного клапанов ИПУ КД фирмы "Sempell". Утверждено ГУ МАЭП СССР и НПО "Энергия" в 1990 г.

8. *Паспорт*. Золотник. Н.674.00.04.00. Предприятие-изготовитель: Корпорация "Киевская арматура", 2005 г.

9. *Заключение* Лаборатории металловедения Службы контроля металла. ОП РАЭС № 266/09 от 13.10.2009.

10. *Аналитическая* записка. Лаборатория металловедения. Службы контроля металла. ОП РАЭС. За подписью начальника СКМ.

11. *Справка* о радиационной обстановке на РАЭС и окружающей территории (СЗЗ и ЗН) в период 21.09 - 05.10.09 за подписью зам. начальника цеха радиационной безопасности ОП РАЭС.

12. *Годовой* отчет по оценке радиационного воздействия ОП РАЭС на окружающую природную среду в 2009 году.
13. *Техническое* заключение о состоянии топлива в активной зоне реактора энергоблока № 3 после переходного режима с незакрытием ИПУ КД 22.09.09. За подписью начальника отдела ядерной безопасности ОП РАЭС, начальника ядерно-физической лаборатории ОП РАЭС.
14. *Письмо* ГКЯРУ № 15-22/2-2338 от 15.04.2010. Про смену категории нарушения в работе АЭС.
15. *Письмо* НАЭК "Энергоатом" № 2067/07 от 25.02.2010.
16. *Программа* испытаний. Система защиты первого контура от превышения давления. Защитная система безопасности. Проверка ИПУ (ИК) КД путем повышения давления до фактического срабатывания. Блок № 3. 141-70/3-ПР-СННО.
17. *Технологический* регламент безопасной эксплуатации энергоблока № 3 ОП РАЭС 3-Р-РАЭС.
18. *Инструкция* по ликвидации аварий на реакторной установке энергоблока № 3 ОП РАЭС с реактором ВВЭР-1000-3-ИЛА-РАЭС.
19. *Анализ* состояния радиационных параметров на ОП РАЭС в окружающей среде после событий, связанных с незакрытием ИПУ КД на энергоблоке № 3 в период 22 - 23.09.2009. За подписью начальника цеха радиационной безопасности ОП РАЭС.

АНАЛІЗ ІНЦИДЕНТУ 22 ВЕРЕСНЯ 2009 р. З НЕЗАКРИТТЯМ ІМПУЛЬСНО-ЗАПОБІЖНОГО ПРИБОРУ КОМПЕНСАТОРА ТИСКУ НА ЕНЕРГОБЛОЦІ № 3 ВП "РІВНЕНСЬКА АЕС"

**О. О. Ключников, В. І. Скалозубов, Ю. О. Комаров,
М. І. Колисниченко, П. І. Ковтанюк, Ю. О. Павлов**

Наведено основні результати аналізу відомого інциденту на енергоблоці № 3 ВП РАЕС, пов'язаного з незакрытием (після відкриття) імпульсно-запобіжного пристрою компенсатора тиску в процесі планових випробувань. Установлено основні причини події та показано, що при цьому не було порушено правила і норми ядерної та радіаційної безпеки.

Ключові слова: імпульсно-запобіжний пристрій компенсатора тиску, запобіжний клапан, ядерна та радіаційна безпека.

ANALYSIS OF PORV FAILURE TO CLOSE AT RIVNE-3 ON 22.09.2009

**O. O. Klyuchnikov, V. I. Skalozubov, Yu. O. Komarov,
M. I. Kolisnichenko, P. I. Kovtanyuk, Yu. O. Pavlov**

The article presents the main results of the analysis of the famous incident at Unit 3 of Rivne NPP, concerned with unclosing (after opening) of the pilot operated relief valve (PORV) of pressurizer during periodic testing. It was determined the main causes of this event and showed that rules and standards for nuclear and radiation safety had not been violated in this case.

Keywords: pulse preventing device, safety valve, pressurizer, nuclear and radiation safety.

Поступила в редакцию 02.08.10