**Фокусы из АПД**

*Это INPOшная классификация. Она прописана в Справочном руководстве ВАО АЭС по Подпрограмме Опыт эксплуатации MN 01, Редакция 10:*

*…*

*В ВАО АЭС сформулированы четыре уровня значимости для определения, о каких событиях члены должны сообщать в ВАО АЭС при обмене информацией в рамках подпрограммы Опыт эксплуатации. Высший приоритет следует отдавать сообщению обо всех «Значительных» /Significant/ и «Требующих внимания» /Noteworthy/ событиях. Следующими по важности являются сообщения о «Важных для анализа тенденций» /Trending/ событиях. Сообщения о «Прочих» /Other/ событиях обладают наименьшим приоритетом.*

*Далее приведены общие определения с подробными категориями и критериями, представленными в Приложении 1. Они основаны на типе события, тяжести и последствиях события или возможности того, что событие могло быть более серьезным.*

***Значительное****: имеющее последствия событие, которое привело к значительному снижению уровня ядерной безопасности или надежности станции, чрезмерному радиационному облучению, незапланированному выбросу радиоактивных веществ, к смертельному случаю или к тяжелой травме с потерей трудоспособности.*

***Требующее внимания****: имеющее последствия событие, которое привело к снижению уровня ядерной безопасности или надежности станции, незапланированному радиационному облучению или незапланированному выбросу радиоактивных веществ выше установленных значений, событие в области производственной безопасности, которое могло привести к смертельному случаю или к тяжелой травме с потерей трудоспособности, если бы обстоятельства были немного другими.*

***Важное для анализа тенденций****: событие, вызвавшее неожиданное изменение состояния станции, состояния оборудования или поставившее под угрозу ядерную, радиологическую, экологическую или производственную безопасность.*

***Прочее****: любое событие, не соответствующее более высоким критериям.*

*И в этом Руководстве аж 120 конкретных критериев по этим четырём категориям значимости.*

*Мы сейчас заканчиваем редактирование этой свежей Редакции 10 и скоро распространим её всем.*

**Анализ событий:**

Сортировка событий по их причинам в привязке к производственным областям и направлениям показали следующие основные проблемные области:

* **обеспечение надёжности оборудования - 48 % событий**;
* **проведение техобслуживания и ремонта** оборудования (в том числе, недостатки в практике проведения ремонта подрядного персонала) - **26 %** событий;
* **управление проектной конфигурацией** - **10 %**;
* инженерная поддержка - 4 %.

**Эксплуатация**

**.6. ФП.6 Недостатки в базовых принципах работы операторов**

Станционные события показали, что при выполнении эксплуатационных действий персонал не демонстрировал знания и навыки по ведению технологического процессов. Имеются недостатки, связанные с нечетким выполнением действий и предписанных функций, недостатки в обеспечении командной работы.

Ниже приведены характерные примеры, причины и последствия отобранных событий.

WER MOW 22-0122, блок 1-4, 29.11.2021. Воспламенение водорода на дренажном вентиле ресивера из-за неправильных действий оперативного персонала. Причина события: невыполнение оперативным персоналом ЭЦ требований инструкции по эксплуатации ресиверов водорода.

Коренные причины события включают:

* недостатки организации и выполнения работ по снижению давления водорода в ресивере,
* неприменение инструментов предотвращения неправильных действий персонала,
* недооценка рисков при организации и выполнении работ по снижению давления водорода в ресивере,
* недостатки эксплуатационной документации,
* недостатки контроля.

WER MOW 20-0034, блок 1, 09.02.2020. Во время ППР блока 1, при постановке под напряжение секции СН 6 кВ от магистрали резервного питания произошло срабатывание дистанционной защиты 330 кВ рабочего трансформатора СН. Обесточились секции СН, запустился ДГ 2 канала систем безопасности. Непосредственная причина - неправильные действия оперативного персонала ЭЦ по переводу заземляющего ножа (ЗН) в положение «Включено» вместо проверочной операции отключенного положения ЗН при выполнении операций по вводу в работу магистрали резервного питания.

Коренные причины события включают:

* неправильно составлен бланк переключений (БП);
* контролирующее лицо, старший электромонтер (СЭМ), формально проверил БП в силу доверия в отношении исполнителя работ (другого СЭМ), имеющего больший опыт работы;
* исполнитель работ и контролирующее лицо не провели анализ электрической схемы, состояния оборудования, не обратились за разъяснениями к начальнику смены (НС) ЭЦ. Исполнитель работ: не проконтролировал положение рычага ЗН; не предпринял попытки рассмотреть маркировку, характеризующую включенное/отключенное положение ЗН; при выводе блокировки ЗН использовалось нештатное приспособление без применения штатного электромагнитного ключа;
* контролирующее лицо формально контролировал выполнение работ. НС ЭЦ не осуществлял контроль за производимыми переключениями;
* персонал ЭЦ не проводил самоконтроль при организации и выполнении переключений. Перед выполнением переключений не был проведен детальный инструктаж с проверкой правильности понимания персоналом предстоящих переключений;
* в бланке инструктажа отсутствуют разделы: начального и конечного состояния электрической схемы, порядка выполнения работ и оценки возможных рисков при выполнении операций.

WER MOW 2020-0293, блок 1, 15.09.2020. Останов реактора действием АЗ по факту отключения трех ГЦН из-за снижения уровня в ПГ вследствие неправильных действий персонала. Непосредственные причины: нарушение оперативным персоналом инструкции по оперативным переключениям и «Программы работ на ГЦН»; персонал БЩУ не выполнил перевод насоса ТПН-2 в режим дистанционного управления для восстановления расхода питательной воды и уровней в ПГ.

Коренные причины:

- «Отсутствие критического подхода» - Недооценка ситуации, непринятие оперативным персоналом мер по остановке работ по оперативному бланку и разработке разового бланка, соответствующего фактическому состоянию оборудования.

- «Не проведен / недостаточен инструктаж перед выполнением работы» - Заместитель начальника смены первой очереди не провел инструктаж персоналу турбинного цеха и цеха тепловой автоматики и измерений перед началом сложных переключений.

- «Отсутствие самоконтроля или неэффективное его применение».

- «Отсутствие консервативного подхода на блочном щите/пункте управления» - Отсутствие критического подхода у оперативного персонала при анализе сформировавшегося режима работы на основании имеющейся индикации ОРУ ПГ-2, 4 и МУТ ТПН-1,2 без учета фактического расхода питательной воды на ПГ.

- «Подготовка персонала не обеспечивает требуемый уровень компетенции для выполнения работы» - Основные принципы и способы управления, контроль системы и оборудования после модернизации рассматривались в рамках предпускового обучения оперативного персонала с использованием ПМТ блока 3, который существенно отличается от БЩУ блока 1.

**6.7. Другие вопросы для внимания**

Ниже представлены вопросы для внимания экспертов, которые указывают на отдельные недостатки. Данные вопросы не были детально анализированы из-за ограниченного объема доступной информации.

**Ремонт**

**Недостатки техобслуживания и ремонта оборудования:** 27 событие показывают недостатки в:

­ базовых принципах ремонта (13 событий);

­ практике проведения ремонта (14 событий).

**6.5 ФП.5 Недостатки в практике проведения ремонта и ремонтной документации**

События показывают недостатки в практике проведения ремонта. Имели место события с отступлением ремонтным персоналом от требований ремонтных процедур. Имеются вопросы, связанные с ремонтной документацией: **отсутствие документации и отсутствие в ремонтной документации требований о техническом обслуживании и критериев выполнения работ.** Ряд событий указывают на недостатки контроля качества ремонтной документации. События показывают на недостатки контроля за выполнением работ подрядным персоналом. Недостатки в организации контроля качества монтажных работ персоналом АЭС.

Ниже приведены характерные примеры, причины и последствия отобранных событий.

WER MOW 20-0405, блок 4, 02.09.2020. Вывод в ремонт насоса системы вспомогательной питательной воды из-за течи фланца на линии разгрузки насоса. Коренные причины: недостатки документации на ремонт (отсутствие требований по контролю момента затяжки шпилечного соединения фланца), недостатки ремонта.

WER MOW 20-0383, блок 3, 06.04. 2020. Ремонт подпиточного насоса первого контура по причине разрушения прижимных пружин торцового уплотнения. Коренные причины - недостатки организации ремонта, недостатки анализа, недостатки контроля, недостатки документации на ремонт - не определены объем и периодичность ремонта торцевых уплотнений.

WER MOW 22-0001, блок 4, 26.09. 2021. Срабатывание аварийной защиты реактора из-за снижения напряжения питания нагрузки сборок 0,4 кВ ниже допустимого уровня. В переходном процессе произошло отключение ГЦН-1 действием защиты по повышению уровня в ПГ-1 более 420 мм от номинального уровня из-за пропуска клапана регулятора ОРУ ПГ-1 в закрытом положении. Коренная причина: отсутствие однозначных требований по настройке и проверке настройки концевых выключателей основных регуляторов уровня в ПГ в ремонтной документации.

WER MOW 20-0274, блок 4, 27.08. 2020. Отключение двух ЦН одной конденсатной группы и отключение блока 4 персоналом. Непосредственная причина: отключение частотного преобразователя (ЧП) ЦН из-за плохого контакта с искрением на заземляющих поводках питающих кабелей в двух фазах на вводе ЧП. Коренные причины - необеспечение необходимого усилия затяжки болтового соединения наконечников заземляющих проводников кабеля фаз «А» и «В» с контуром заземления; отсутствие в регламенте работ по техническому обслуживанию концевых кабельных муфт 6/0,4 кВ требования по объему и методике контроля мест соединения заземляющих поводков кабельных линий с шиной заземления.

WER MOW 2019-0239, блок 4, 11.07.2020. Отключение турбопитательных насосов ТПН-1,2 по факту повышения уровня в подогревателе высокого давления ПВД-7Б. Непосредственная причина - недостижение золотником дистанционного выключателя (ДВ) ТПН-1 проектного положения «отключено». Коренные причины: недостаточная детализация процедуры настройки концевого выключателя электромагнита дистанционного выключателя ТПН; отсутствие в ремонтной документации требования о периодичности замены уплотнительного кольца ДВ ТПН.

WER MOW 19-0344, блок 3, 07.11.2019. Отключение блока от сети после останова турбогенератора ТГ-3 из-за срабатывания дифференциальной защиты блочного трансформатора с последующей разгрузкой реактора до уровня 4% от номинального значения. Непосредственная причина - замыкание на землю клеммы Х7 клеммного ряда зажимов токовых цепей продольной дифференциальной защиты в соединительном шкафу, размещенном на корпусе трансформатора фазы «А». Коренная причина – неправильная аустаноака клемм заземления на клеммник токовых цепей; снижение самоконтроля персонала, выполнявшего монтаж токовых цепей; отсутствие контрольных операций по проверке правильности монтажа клеммников; недостатков подготовки персонала службы релейной защиты и автоматики (РЗА) в части выполнения электромонтажных операций (особенностям наборных клемм).

WER MOW 20-0014, блок 4, 19.09.2019. Вывод в ремонт циркуляционного насоса из-за высокой вибрации по причине нарушения центровки по линии вала более 0,1 мм. В системе циркуляционной воды блока 4 в 2011 г. установлены насосные агрегаты типа VK2200 (фирма «HYOSUNG», Корея) с планетарным редуктором типа PVA80. Событие является повторяющимся. Капитальный ремонт насоса проводился на период 12.2018-02.2019. Начиная с 2011 г. на ЦН агрегатах (БНС градирен – 2 насоса, БНС – 4 насоса) происходят отказы редукторов по следующим причинам: расцентровки валов, повышенной вибрации подшипников и износа шестерен. За указанный период произошло 9 событий, связанных с отказами редукторов ЦН. Реализованные мероприятия по результатам расследований ранее происшедших событий (направленные на снижение аномального силового воздействия на шестерни (сателлиты) не дали ожидаемого результата. Коренные причины события от 19.09.2019: недостатки контроля за креплением дополнительного подшипника, выполнением затяжки болтов с необходимым усилием при работе насосного агрегата в узлах крепления редуктор-основание, электродвигатель-опора, опора-основание. См также событие WER MOW-2018-220. **С учетом произошедших на станции событий, экспертам следует более детально проверить наличие проблем связанные с редукторами циркуляционных насосов. Особое внимание следует уделить вопросам эффективности корректирующих мер событий произошедшие за последние два года.**

Недостатки в практике проведения ремонта подрядного персонала

WER MOW 21-0064, блок 1-4, 22.09. 2020. Отключение воздушной линии 330 кВ из-за повреждения изоляции жилы контрольного кабеля элегазового выключателя в панели блока вспомогательных сооружений (БВС) ОРУ. Коренные причины: несоблюдение требований по обеспечению сохранности и исключения механических повреждений изделий и материалов при проведении монтажных работ по прокладке кабелей. Работы по монтажу были выполнены подрядной организацией.

WER MOW 20-0341, блок 2, 02.11. 2020. Отказ концевых кабельных муфт на кабелях электропитания из-за некачественного монтажа со стороны подрядной организации. Срабатывание 2-го канала системы безопасности с запуском дизель-генератора по факту обесточивания секции при возникновении короткого замыкания в концевой муфте кабеля 6 кВ. Коренные причины: невыполнение подрядным персоналом требований заводской инструкции по монтажу концевых муфт при ремонте кабельной линии; недостатки контроля за выполнением работ по монтажу концевых кабельных муфт 6 кВ при ремонте кабельной линии (персонал данные работы выполнял впервые). В технической документации, инструкции по монтажу завода-изготовителя отсутствуют требования о необходимости прохождения специального обучения персоналом, выполняющим работы по ремонту муфт данного типа на кабельных линиях с изоляцией из сшитого полиэтилена. Персоналом АЭС не был обеспечен надлежащий контроль за выполнением работ персоналом подрядной организации.

**Инженерная**

**Обеспечение надёжности оборудования:** 24 событий связаны с техническим состоянием и работой оборудования. 13 событий связаны с недостатками в предотвращении отказов оборудования. 11 событий затрагивают вопросы долговременной надёжности оборудования.

**Управление проектной конфигурацией (проектным состоянием):** 10 событий показывают недостатки в управлении проектной конфигурацией.

**6.1 ФП.1 Проблемы обеспечения долговременной надежности оборудования**

События указывают на существование проблемы обеспечения надёжности оборудования. В частности, события показывают недостатки в предотвращении отказов оборудования и в вопросах обеспечения долговременной надёжности оборудования.

Ниже приведены характерные примеры, причины и последствия отобранных событий.

WER MOW 19-0321, блок 3, 19.10.2019. Во время останова блока, при включении электродвигателя главного циркуляционного насоса для опробования на холостом ходу, короткое замыкание (КЗ) на секции 6 кВ привело к полной потере внешнего питания, обесточению собственных нужд (СН) 6 кВ, запуску 1, 3 каналов систем безопасности (СБ) по программе автоматики ступенчатого пуска. Событие классифицировано как ***Требующее внимания*** из-из полной потери внешнего питания. Непосредственная причина - деградация паяного соединения втычного контакта с контактной пластиной. Коренные причины - недостатки конструкции, недостатки анализа. **Экспертам следует более детально проверить состояние внедрения и эффективность принятых корректирующих мер по данному событию.**

WER MOW 20-0414, блок 4, 11.12.2020. Останов блока из-за течи из сварного соединения штуцера воздушника питательной воды ПГ-1. Обнаружено касание трубопровода воздушника с площадкой. Контроль сварного соединения осуществлялся в 2013 г. Коренные причины – недостатки проекта, изготовления и контроля.

WER MOW 21-0180, блок 4, 18.03.2021. Останов энергоблока для устранения неплотности (парения) трубопровода воздушника из-за образования сквозной трещины по линии сварного соединения между выходным патрубком вентиля и тройником трубопровода 18 мм на линии воздухоудаления в обвязке регенеративного теплообменника 1 контура. Сквозная трещина под действием температурных нагрузок и отсутствие компенсаций температурных перемещений в сварном соединении. Коренная причина: отсутствие требований к порядку, способам контроля и критериев плотности первых по ходу среды вентилей трубопроводов воздушников и дренажей, заведенных в общий сборный коллектор.

WER MOW 21-0204, блок 4, 20.05.2021. Во время включения разъединителя на открытом распределительном устройстве ОРУ 750 кВ произошло срабатывание продольной дифференциальной защиты блочного трансформатора с последующей разгрузкой энергоблока до 10% мощности. Непосредственная причина: замыкание (короткое замыкание, искрение) жил («фаза-ноль») контрольного кабеля трансформатора тока фазы «В». Обнаружено повреждение (надрез) изоляции жил кабеля, которое предположительно произошло на этапе монтажа. Коренные причины: нарушение персоналом монтажной организации технологии разделки кабеля (недостаток монтажа, нарушение разделки кабеля). Способствующий фактор: недостаточный контроль состояния / тенденций изменения параметров элемента.

WER MOW 2020-0422, блок 3, 19.03.2020. Отключение резервного трансформатора собственных нужд выключателями ОРУ-330 кВ из-за отказа элегазового выключателя 6 кВ при отключении тока короткого замыкания. Коренные причины - недостатки монтажа концевых муфт на кабеле; недостатки организации технического обслуживания элегазового выключателя, недостатки документации предприятия-изготовителя элегазового выключателя - отсутствие указаний по проверке давления элегаза в полюсах; недостатки контроля.

WER MOW 21-0324, блок 2, 19.06.2021. Снижение мощности энергоблока на 45 % из-за отключения ГЦН в результате попадания воды на изоляцию обмотки статора электродвигателя из-за дефектов (трещин) в сварных соединениях приварки труб к трубным доскам. Воздухоохладители изготовлены в марте 2018 г, введены в эксплуатацию в марте 2019 г. Суммарно, на блоках 1 - 4 в эксплуатации находятся 56 воздухоохладителей электродвигателей насосов ГЦН данного типа. Событие привело к повреждению и замене электродвигателя ГЦН. **Экспертам следует запросить у станции дополнительную информацию по данному вопросу и детально проверить наличие проблемы надежности воздухоохладителей ГЦН на других блоках. Проверить станционные мероприятия по решению вопроса обеспечения долговременной надёжности данного оборудования.**

WER MOW 2019-0027, блок 4, 02.02.2020.Произошёл отказ измерительного преобразователя (ИП) активной мощности ГЦН из-за повреждения (разрыва) электрического контакта по токовому входу фазы «С». ИП изготовлен и введен в эксплуатацию в 2019 г. Коренной причиной послужил дефект изготовления (несоблюдение требований заводской документации) в части обеспечения необходимой длины контактов при опаивании контактной группы клеммников преобразователя. В числе корректирующих мер составление перечня эксплуатируемых на станции ИП и графика замены ИП изготовленных в срок после 1 июля 2016 г. **Экспертам следует проверить состояние замены ИП на всех блоках и состояние решения проблемы.**

WER MOW 19-0251, блок 4, 02.09.2019. Разгрузка блока 4 действием ускоренной предупредительной защиты из-за отключения ГЦН в результате снижения давления масла. Произошло усталостное разрушение материала в месте соединения поршня со штоком пневмоарматуры на линии слива масла с ГЦН. Недостаточно надежная конструкция узла зацепа поршня со штоком, изготовленного 20.11.2009; непринятие необходимых мер по замене элементов клапана на более надежные; не внесение требований по эксплуатационному контролю металла поршней пневмоцилиндров в месте крепления штоков. **Экспертам следует проверить ход модернизации пневмоприводов запорных быстродействующих клапанов маслосистемы ГЦН.**

**6.2 ФП.2 Проблемы старения оборудования**

События указывают на существование проблемы старения на станции. События включают старение механического и электрического оборудования. Недостатки программ управления старением привели к отказам важного оборудования. События связаны с не выявлением механизмов деградации оборудования и неэффективным мониторингом состояния оборудования.

3 события связаны со старением электрического оборудования

* **На блоке 1 недостатки в управлении старением изоляции статора генератора привело к останову блока на 17 суток для замены статора.** Причиной события является старение изоляции под воздействием тепловых и механических нагрузок в процессе эксплуатации генератора при повышенной мощности. На момент события (май 2019) срок эксплуатации ТГ составил 35 лет и был продлен до конца 2020 г. (WER MOW 19-0126. 22.05.2019. блок 1).
* WER MOW 2021-0101, блоки 1-4, 18.12.2020. Неисправность магнитного пускателя рабочего ввода шкафа автоматики охлаждения автотрансформатора ОРУ 330 кВ по причине износа слоя изоляционного лака катушки магнитного пускателя. Непосредственная причина: нарушение изоляции катушки магнитного пускателя рабочего ввода шкафа автоматики охлаждения АТ-2-330 (ШАОТ). Коренные причины: старение оборудования; недостатки документации - отсутствие требований по периодичности замены магнитных пускателей.
* WER MOW 2019-0255, блок 2, 27.03.2019. При проведении плановых испытаний изоляции обмотки статора генератора ДГ (2GW) повышенным напряжением, при увеличении напряжения испытаний до 9,5 кВ произошел пробой изоляции на фазе «В» из-за наличия скрытой неисправности изоляционного слоя обмотки. Коренной причиной события является недостатки изготовления изоляционного слоя обмотки статора генератора ДГ. Срок службы ДГ не менее 30 лет. Техническим решением от 26.08.2013 срок эксплуатации ДГ продлен до 31.12.2027 включительно.

3 события связаны с коррозионным износом теплообменных труб (ТОТ) ПГ на блоках 1, 2 и 3 обусловленное присутствием меди. ***Химикам проверить!!! Корр-меры и анализы сегодня***

* WER MOW 2022-0034, блок 1, 10.08.2021. Во время контроля ТОТ двух ПГ методами вихретокового контроля и пневмогидравлического контроля на 44 ТОТ выявлены дефекты вида несплошности глубиной более 60 % от толщины стенки. Выявлены также 5 негерметичные ТОТ. Повреждения ТОТ ПГ произошли по механизму коррозионного износа. Причиной утонения стенок теплообменных трубок является коррозионное растрескивание под напряжением, которое обусловлено наличием растягивающих напряжений в среде, содержащей активатор (хлорид-, фторид-, или другие ионы) и окислитель (кислород, медь). Часто растрескивание инициируется в месте образования язв, вызванных присутствием меди. Коренная причина: применение медьсодержащих сплавов в оборудовании систем второго контура.
* WER MOW 2020-0053, блок 3, 11.10.2019. Во время контроля ТОТ двух ПГ методами вихретокового контроля, на 3 ТОТ выявлены дефекты вида несплошности глубиной более 60 % от толщины стенки. Непосредственной причиной утонения стенок ТОТ является коррозионное повреждение под напряжением, которое обусловлено наличием растягивающих напряжений в среде, содержащей активатор (хлорид-, фторид-, или другие ионы) и окислитель (кислород, медь).
* WER MOW 2020-0416, блок 2, 14.09.2020. Во время контроля ТОТ двух ПГ методами вихретокового контроля на 6 ТОТ выявлены дефекты вида несплошности глубиной более 60 % от толщины стенки. Выявлены также 11 негерметичные ТОТ.

3 события связаны со старением подогревателя высокого давления (ПВД):

* WER MOW 2019-0030, блок 3, 22.10.2018. Отказ ПВД-7Б по причине обрыва трубного элемента из-за эрозии внутренней поверхности трубки ПВД. Коренные причины: недостаток конструкции ПВД - применение материала с недостаточной эрозионной стойкостью. Корректирующими мерами планируется замена ПВД коллекторно-спирального типа на ПВД камерного типа.
* WER MOW 2020-0467, блок 3, 11.08.2020. Отказ ПВД-7А из-за кавитационного эрозионного размыва металла внутренней поверхности трубок. Коренная причина: наличие обратного валика в корне шва сварного соединения трубного элемента при изготовлении (особенность конструкции). Планируется замена ПВД на ПВД другого типа во время ППР в 2021 г.
* WER MOW 2021-0198, блок 3, 27.05.2021. Отказ ПВД-6Б и ПВД-7А из-за кавитационного эрозионного размыва металла внутренней поверхности трубок (по ходу среды). Коренная причина: недостатки конструирования - применение стали с недостаточной эрозионной стойкостью. В 2022 г. планируется замена ПВД типа ПВ-2500-97 на блоке 3 на подогреватели типа ПВД-К-2390-12-2,8 в соответствии с ранее принятым решением.

**Экспертам следует запросить у станции дополнительную информацию относительно замены ПВД на блоке 3, а также решения вопроса обеспечения долговременной надёжности данного оборудования.**

**6.3. ФП.3. Инженерные вопросы и управление проектом**

Группа станционных событий показывают недостатки в инженерно-техническом обеспечении и управлении проектом. События привели к срабатыванию аварийной защиты, к отключению турбин и к незапланированным остановам блоков. Ряд событий указывают на недостатки связанные с недостаточным анализом проектных решений.

Ниже приведены характерные примеры, причины и последствия отобранных событий.

WER MOW 2019-0239 блок 4 11.07.2020. Срабатывание АЗ по факту отключения четырёх ГЦН из-за снижения уровня в парогенераторах ПГ 1-4 из-за отключения турбопитательных насосов ТПН-1,2 по факту повышения уровня в подогревателе высокого давления ПВД-7Б. Некорректная работа системы измерения уровня в ПВД, связанная с задержкой выравнивания давления между корпусом подогревателя и бачком уровнемера при подаче пара на ТА. Коренные причины - недостаток первоначального проекта/конструкции. Способствующие факторы - недостаток проектной документации; проведен недостаточный анализ рисков, включая анализ рисков проекта или модернизации и сохранения уязвимости. недостаточный анализ технологического процесса в части исключения ложного срабатывания технологических защит; не учтено влияние огнестойкой жидкости Fyrquel-L на материал уплотнительного кольца дистанционного выключателя (ДВ).

2 события связаны с отказами частотных преобразователей циркуляционных насосов

* WER MOW 21-0078, блок 4, 09.12.2020. Разгрузка блока до 77% из-за формирования сигнала «сбой питания» системы управления частотным преобразователем (ЧП) циркуляционного насоса. Непосредственная причина: сбой в одном или обоих источниках. Коренные причины: недостатки алгоритма формирования выходного дискретного сигнала ЧП, используемого для блокировки перехода на байпасную линию питания; недостаточный анализ алгоритма формирования выходных дискретных сигналов ЧП.
* WER MOW 21-0004, блок 4 07.01.2021. Разгрузка блока до 73% в результате отключения частотного преобразователя (ЧП) ЦН-3 срабатыванием защиты по превышению максимального мгновенного тока ЧП с запретом включения байпасной линии. Непосредственная причина - формирование сигнала «потеря связи модулятора с центральным процессором системы управления» ЧП. Коренные причины - недостаток алгоритма формирования выходного дискретного сигнала ЧП, используемого для блокировки перехода на байпасную линию питания; недостаточный анализ алгоритма формирования выходных дискретных сигналов ЧП.

**Экспертам следует запросить у станции дополнительную информацию относительно решения проблемы и модернизации схемы питания системы управления частотных преобразователей блока 4.**

WER MOW 20-0474, блок 4 30.09.2020. Снижение тепловой мощности блока действием автоматики ограничения перегрузки оборудования автотрансформатора при подключении внешнего источника тока в измерительные цепи трансформатора тока. Перед выполнением ПНР на вновь монтируемом оборудовании персоналом ЭЦ и персоналом подрядной организации не в полном объеме был проведен анализ программы и методики ПНР оборудования и цепей вторичной коммутации на выключателях 750 кВ после замены оборудования 750 кВ на достаточность мероприятий по исключению воздействия на действующие цепи РЗА.

WER MOW 2020-0472, блок 4, 22.08.2020. Отключение ТГ во время испытания действием защиты от потери возбуждения по причине смещения характеристики микропроцессорной релейной защиты и автоматики. Коренная причина: недостатки документации на испытания - не учитывается смещение характеристики защиты от потери возбуждения при изменении напряжения статора генератора.

WER MOW 20-0317, блок 1, 01.10.2020. Отключение выключателя секции 6 кВ рабочего ввода с запретом автоматического включения резерва (АВР) с обесточиванием секции 1BW с отключением одного ГЦН. В переходном режиме произошло срабатывание АЗ-1 по низкому давлению первого контура. Причины события включают: не выявление неправильного смонтированного заземляющего проводника экрана кабеля присоединения 2BU10 ячейки 28 секции 1ВВ01 (ПНР на данной ячейке завершены не были, в связи с чем приемка оборудования из монтажа не проводилась). Отсутствие контроля за состоянием выходных цепей защит секции, с непринятой из наладки отдельной ячейкой трансформатора 2BU10 (проведение СМР, ПНР).

WER MOW 2020-0293, блок 1, 15.09.2020. Останов реактора действием АЗ по факту отключения трех ГЦН из-за снижения уровня в ПГ вследствие неправильных действий персонала. Причины события включают недостатки алгоритмов системы управления ТПН, выраженные в автоматическом блокировании команд на увеличение производительности ТПН-2 при снижении производительности ТПН-1. Коренные причины события включают недостаток первоначального проекта и включая анализ рисков проекта/конструкции или модернизации - не проведен анализ соответствия функций управляющей системы, важной для безопасности (УСВБ) установленным приоритетам (по влиянию на безопасность), в частности не обеспечен приоритет функции поддержания расхода питательной воды к ПГ над функцией синхронизации ТПН.

WER MOW 19-0194, блок 1, 18.07.2019. Отключение блока 1 от сети срабатыванием аварийной защиты в результате короткого замыкания в системе релейной защиты «мертвых зон» на ОРУ 750 кВ, из-за обрыва оптоволоконного кабеля. Коренные причины: недостатки системы релейной защиты «мертвых зон» (РЗМЗ) - применение оптоволоконного кабеля, несвоевременный демонтаж оборудования защиты «мертвых зон», недостатки монтажа - применение крепления оптоволоконного кабеля к ошиновке не соответствующей проектным решениям, недостаточный контроль за состоянием оборудования РЗМЗ.

WER MOW 19-0195, блок 2, 18.07.2019. В период протекания процесса короткого замыкания на ОРУ 750 кВ напряжение силового электропитания питания СУЗ реактора блока 2 на секциях 2СЕ01 и 2СЕ02 снизилось до уровня ниже 0,8 Uном с последующим восстановлением до номинального значения (220 В) за время 1с. Произошло формирование инициирующего сигнала «Потеря силового питания СУЗ на двух вводах одновременно» в оба комплекта АЗ-1 при восстановлении напряжения более 0,8 Uном на вводах шкафов питания реле контроля напряжения (KV1-3). Коренная причина: ошибка конструирования - наличие избыточной функции контроля силового электропитания по параметру асимметрии фаз «Uasym», непринятие мер по анализу проектных схем до их реализации - недостатки анализа программы испытаний, заводской и ремонтной документации на предмет полного соответствия требованиям технического задания и наличия возможных избыточной функций.

WER MOW 19-0196, блок 3, 18.07.2019. В период протекания процесса короткого замыкания на ОРУ 750 кВ произошло снижение мощности блока 3 из-за работы алгоритма турбинного регулятора мощности и давления (ТРМД) при сформированной недостоверности датчиков мощности генератора по верхнему пределу при импульсной разгрузки. Коренная причина: недостатки проекта (при проектировании алгоритма формирования недостоверного значения мощности турбогенераторов (ТГ) 3, 4 и работы ТРМД не был учтен диапазон изменения мощности ТГ в аварийных режимах энергосистемы.

WER MOW 19-0197, блок 3, 18.07.2019. В период протекания процесса короткого замыкания на ОРУ 750 кВ произошло отключение блока 4 действием дистанционной защиты генератора. Причина - ошибка персонала электроцеха (ЭЦ) при расчете уставок генератор-трансформатора блока 4. Оотсутствие у персонала ЭЦ, выполнявшего расчет уставок генератор-трансформатора достаточного опыта и знания нового цифрового оборудования; отсутствие запроса в проектную организацию на рассмотрение / проверку выбранных уставок; отсутствие процедуры по верификации дистанционной защиты примененных на АЭС цифровых терминалов.

WER MOW 19-0166, блок 4, 25.06.2019. Снижение мощности блока из-за отключения двух ГЦН защитой по давлению масла в маслованне менее 0,02 МПа. Непосредственные причины: короткое замыкание (КЗ) и отключение секции 0,4 кВ и электродвигателя МН продолжительностью 1,1 с при прохождении АВР секции 0,4 кВ. Коренные причины: недостатки документации на ремонт, недостатки проекта, недостатки анализа проекта, недостатки наладки, ошибка конструирования, недостатки изменения, недостатки контроля.

**6.4 ФП.4 Вопросы надежности ядерного топлива**

На блоках 1 и 3 во время контроля герметичности оболочек тепловыделяющих сборок (КГО) на остановленной реакторной установке выявлены ТВС с разгерметизированными твэлами.

На блоке 1

- *26.12.2019 одна (1) ТВС признана негерметичной*. Значение удельной активности радионуклида I - 131 в пробе составила 2,65 МБк/кг и превысило критерий отказа ТВС - 1,48 МБк/кг. (WER MOW 20-0231)

- *15.05.2019 две (2) ТВС признаны негерметичными*. Данные ТВС (новой модификации) были изготовлены на различных заводах топливной кампании «ТВЭЛ»: «МСЗ» и «НЗХК» соответственно. Согласно отчета, проведена проверка «МСЗ» в части выполнения технических требований при изготовлении ТВСА новой модификации. Отклонений не выявлено. Проверка «НЗХК» в части выполнении технических требований при изготовлении ТВСА была запланирована на ноябрь 2019 г. (WER MOW 19-0355)

Кроме того, на блоке 1 ранее были выявлены случаи разгерметизации ТВС. В частности, в 2015 г. выявлена разгерметизация в одной ТВС а в 2017 г. разгерметизация 2-х ТВС.

На блоке 3

-*20.04.2021 одна (1) ТВС признана негерметичной* (механическое повреждение одного твэл - трещина оболочки). Причина временно не определена. ***Прошло полтора года. Результат???*** Причины механического повреждения твэл будут определены при проведении послереакторных исследований в специализированной организации. В антидебрисном фильтре обнаружен посторонний предмет (ПП) размером ~24x2,5 мм, материал ПП не определён. (WER MOW 21-0362)

-*19.04.2018 две (2) ТВС признаны негерметичными*. Согласно отчета, в декабре 2018 г. проведена проверка «МСЗ» на выполнение технических требований при изготовлении ТВС и комплектующих. Отклонений не выявлено. Кроме того, в 2016 г. был зарегистрирован разгерметизация твэлов в одной ТВС.

Анализ событий показывает следующее:

* На блоках 1 и 3 обнаружены посторонние предметы на антидебризном фильтре ТВС. Установить источник образования и попадания посторонних предметов (стадия изготовления или эксплуатация) в ТВС не удалось. Отсутствует утверждение, что выявленные посторонние предметы на антидебризном фильтре могли быть причиной разгерметизации ТВСА, в которой они обнаружены;
* Внешними осмотрами видимых механических повреждений, дефектов и деформации элементов конструкции ТВС не обнаружены;
* **Причины разгерметизации ТВС не определены:** Комиссии пришли к выводу, что установить причины разгерметизации ТВС по результатам внешнего осмотра ТВС в условиях АЭС не представляется возможным.
* Причины разгерметизации будут определены по результатам исследований дефектной ТВС в специализированной организации.
* Проверки заводов изготовителей топлива отклонений не выявили.
* Случаев неблагоприятного воздействия условий эксплуатации (повышение мощности, переходные процессы, не соблюдение водно-химического режима первого контура и т.п.) на надежность топлива не зафиксировано.

По результатам расследования событий причины разгерметизации ТВС не установлены. Во всех случаях, были приняты решения о направлении дефектных ТВС в специализированную организацию для определения причин разгерметизации ТВС. На 2021 г. была запланирована отправка ТВСА (блок 3) в НИИАР для проведения послереакторных исследований в горячих камерах. **Экспертам следует запросить у станции дополнительную информацию относительно выявления коренных причин разгерметизации ТВС, а также результатов исследований дефектных ТВС в специализированной организации.**

**Опыт эксплуатации**

Одно событие связано с недостатками внедрения рекомендации SOER:

WER MOW 19-0197, блок 4, 18.07.2019. Отключение энергоблока действием дистанционной защиты генератора. Данное событие связано с внедрением рекомендации 1 SOER 1999-1. **Следовательно, рекомендации Rec 1 SOER 1999-1 (независимо от статуса SAT, AI или FAR) должны быть проверены повторно, во время предстоящей ПП.**

**Радиационная**

**Химия**

3 события связаны с коррозионным износом теплообменных труб (ТОТ) ПГ на блоках 1, 2 и 3 обусловленное присутствием меди. ***Химикам проверить!!! Корр-меры и анализы сегодня***

* WER MOW 2022-0034, блок 1, 10.08.2021. Во время контроля ТОТ двух ПГ методами вихретокового контроля и пневмогидравлического контроля на 44 ТОТ выявлены дефекты вида несплошности глубиной более 60 % от толщины стенки. Выявлены также 5 негерметичные ТОТ. Повреждения ТОТ ПГ произошли по механизму коррозионного износа. Причиной утонения стенок теплообменных трубок является коррозионное растрескивание под напряжением, которое обусловлено наличием растягивающих напряжений в среде, содержащей активатор (хлорид-, фторид-, или другие ионы) и окислитель (кислород, медь). Часто растрескивание инициируется в месте образования язв, вызванных присутствием меди. Коренная причина: применение медьсодержащих сплавов в оборудовании систем второго контура.
* WER MOW 2020-0053, блок 3, 11.10.2019. Во время контроля ТОТ двух ПГ методами вихретокового контроля, на 3 ТОТ выявлены дефекты вида несплошности глубиной более 60 % от толщины стенки. Непосредственной причиной утонения стенок ТОТ является коррозионное повреждение под напряжением, которое обусловлено наличием растягивающих напряжений в среде, содержащей активатор (хлорид-, фторид-, или другие ионы) и окислитель (кислород, медь).
* WER MOW 2020-0416, блок 2, 14.09.2020. Во время контроля ТОТ двух ПГ методами вихретокового контроля на 6 ТОТ выявлены дефекты вида несплошности глубиной более 60 % от толщины стенки. Выявлены также 11 негерметичные ТОТ.

**Обучение**

**Пожарная**

**Противоаварийная**

**6.7.1. Производственная безопасность**

События, связанные с производственной безопасностью, произошли с подрядным персоналом.

Одно событие связано с нарушением персоналом подрядной организации требований производственной безопасности на ОРУ 750 кВ.

Самовольное производство работ подрядной организации с расширением рабочей зоны с использованием крана на ОРУ 750 кВ привело к разгрузке энергоблоков действием противоаварийной автоматики при коротком замыкании. При перемещении стрелы крана произошел электрический пробой воздушного промежутка на стрелу крана с ошиновкой высоковольтного выключателя. Коренные причины события: расширение границ рабочей зоны персоналом подрядной организации, не предусмотренная наряд-допуском; сознательное упрощение задачи с неадекватной оценкой возможных последствий действий для безопасности при выполнении работ на ОРУ 750 кВ; недостатки контроля - несоблюдение требований правил охраны труда со стороны оперативного персонала при организации и допуске персонала подрядной организации на ОРУ 750 кВ. Событие было классифицировано как ***Требующее внимания*** из-за большой вероятности поражения электрическим током или смертельного случая. (WER MOW 22-0116, блок 1, 29.10.2021).

Ранее, в 2018 г. на стации произошло **событие со смертельным исходом** при производстве подрядным персоналом работ по демонтажу/монтажу трансформаторов напряжения на высоковольтной линии ВЛ 330 кВ на территории ОРУ 330 кВ. Два члена бригады, находясь в люльке автоподъёмника, выполняли работы по монтажу заземляющих ножей на трансформаторе напряжения фазы "А" ВЛ 330 кВ. Во время работы, работник отсоединил струбцину предупредительной защиты (ПЗ) и тем самым попал под наведенное напряжение от ВЛ 330 кВ. Событие привело к смертельному исходу. Причины: несанкционированное проникновение в помещение действующей электроустановки; недостаточный надзор со стороны ответственных должностных лиц (ответственного руководителя и производителя работ) за действиями персонала на месте проведения работ; недостатки квалификационной подготовленности (недооценка возможных рисков вследствие недостаточного понимания ситуации). (WER MOW 18-0126 блок 1, 12.06.2018).

Другое событие связано с перемещением груза. Руководитель работ подрядной ремонтной организации транспортировал груз на транспортной тележке устройства погрузочного мобильного (УПМ). Во время движения он зацепился ногой за УПМ, потерял равновесие и упал. Полученные травмы - сотрясение головного мозга, ушиб и перелом ноги. Коренные причины: неосторожность работника, выразившаяся в падении вследствие потери равновесия; выполнение работ по перемещению УПМ, не предусмотренные нарядом-допуском. Способствующий фактор: недостаточный контроль за выполнением работы персоналом подрядной организации. (WER MOW 21-0326, блок 1, 20.07.2021).

|  |  |
| --- | --- |
| Срабатывание аварийной защиты (АЗ) | За период с октября 2018 по июнь 2022 в МЦ были сообщены о 5 событиях со срабатыванием аварийной защиты.   * *срабатывание АЗ-1 блока 4 из-за снижения напряжения питания нагрузки сборок 0,4 кВ* ниже допустимого уровня. (WER MOW 22-0001, 26.09. 2021). * *срабатывание АЗ-1 блока 1 в переходном режиме по низкому давлению первого контура* (WER MOW 20-0317, 01.10. 2020). * *срабатывание АЗ-1 блока 1 по факту отключения трех ГЦН из-за снижения уровня в ПГ вследствие неправильных действий персонала* (WER MOW 20-0293, 15.09.2020). * *срабатывание АЗ блока 4 после отключения ТГ в плановый ремонт по факту отключения четырёх ГЦН из-за снижения уровня в парогенераторах ПГ 1-4* (WER MOW 2020-0239 11.07.2020). * *отключение блока 1 от сети срабатыванием АЗ -1 в результате короткого замыкания в системе релейной защиты* «мертвых зон» на ОРУ 750 кВ, из-за обрыва оптоволоконного кабеля (WER MOW 19-0194, 18.07.2019). |
| Эксплуатационные переходные режимы (без срабатывания АЗ) -переходный режим, когда реактор критичен или остановлен, который приводит к значительным изменениям параметров первого или второго контуров, или значительному изменению механической или электрической конфигурации. Плановое или контролируемое изменение эксплуатационного состояния не считается переходным режимом. | Последствием 29 событий явились переходные режимы: с аварийным остановом реактора или с незапланированным снижением (более 10%) мощности ректора. Ряд событий привели к остановам турбин. |
| Отказы систем безопасности или потеря/ухудшение глубокоэшелонированной защиты, контроля и управления реактивности, удержания радиоактивных материалов, охлаждения отработавшего топлива или события, связанные с безопасным хранением и обращением с топливом, события, связанные с радиационным контролем. | Во время останова блока 3, при включении электродвигателя ГЦН для опробования на холостом ходу, короткое замыкание на секции 6 кВ привело к полной потере внешнего питания, обесточению собственных нужд 6 кВ, запуску 1, 3 каналов систем безопасности по программе автоматики ступенчатого пуска (WER MOW 19-0321, 19.10.2019).    Блок 4 был остановлен для устранения неплотности (парения) трубопровода воздушника из-за образования сквозной трещины по линии сварного соединения между выходным патрубком вентиля и тройником трубопровода 18 мм на линии воздухоудаления в обвязке регенеративного теплообменника 1 контура. (WER MOW 21-0180, 18.03.2021).  На станции имеются определенные проблемы, связанные с надежностью ядерного топлива. На блоках 1 и 3 во время контроля герметичности оболочек тепловыделяющих сборок выявлены ТВС с разгерметизированными твэлами. Коренные причин разгерметизации ТВС не установлены. |

Анализированы 66 события, которые были сообщены в базу данных ВАО АЭС за период с октября 2018 по июнь 2022. Три события были классифицированы как Требующее внимания (Noteworthy).

В базу данных по событиям сообщены о 5 событиях со срабатыванием аварийной защиты:

- 2 события на блоке 4;

- 3 события на блоке 1.

По результатам анализа событий выявлены потенциальные фокусные проблемы.

ФП.1. **Проблемы обеспечения долговременной надежности оборудования.**

**ФП.2. Проблемы старения оборудования.**

**ФП.3. Инженерные вопросы и управление проектом.**

**ФП.4. Вопросы надёжности ядерного топлива.**

**ФП.5. Недостатки в практике проведения ремонта и ремонтной документации.**

**ФП.6. Недостатки в базовых принципах работы операторов.**