

1. КВАЛИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АЭС

Инж. Т.Н. Галкина, инж. И.А. Карасев, инж. Ю.Ф. Пчеляков

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССОВ И МЕТОДОВ КВАЛИФИКАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ РАЗРАБОТКИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СУЗ РЕАКТОРА ВВЭР-1000

Требования к Системе управления качеством (СК) организации, оперирующей на рынке продукции или услуг, определены в Международном стандарте ISO 9001-2000 и соответствующем ему Государственном стандарте РФ ГОСТ Р ИСО 9001-2001.

Руководствуясь этими документами, организация (фирма, предприятие) должна продемонстрировать свою способность поставить адекватный продукт, отвечающий как требованиям Потребителя, так и требованиям регулирующих документов, и удовлетворить эти требования посредством эффективного использования СК.

В атомной энергетике основные требования по обеспечению качества установлены в Нормах, правилах и Руководствах по безопасности Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), которые содержатся в серии документов №50-C/SG-Q.

Сравнительный анализ документов по качеству ISO и МАГАТЭ позволяет сделать вывод, как о наличии общих подходов, так и о некоторых отличиях концепции управления качеством этих систем.

Главное отличие заключается в том, что стандарт ISO ориентирован, прежде всего, на удовлетворение требований и ожиданий Потребителя, в то время как Нормы, правила и Руководства МАГАТЭ в качестве бесспорно-приоритетной ставят задачу обеспечения и повышения безопасности АЭС.

Вместе с тем, как документы МАГАТЭ, так и ISO требуют использовать системный подход к управлению качеством, ориентируют СК на непрерывное совершенствование, оперируют понятием «жизненный цикл продукции», важнейшими стадиями которого являются проектирование и разработка, производство и обслуживание.

Действующая в НПП ВНИИЭМ СК учитывает требования ISO и МАГАТЭ. Она сертифицирована на соответствие стандарту ISO

9001-2000 в немецкой системе DAR/TGA. В то же время в ней предусмотрено обязательное требование по разработке и выполнению частных программ обеспечения качества при проектировании и изготовлении оборудования для АЭС ПОКАС (Р) и ПОКАС (И), в которых учитываются все необходимые дополнительные требования Норм, правил и Руководств по безопасности МАГАТЭ.

Выходные данные проектирования и разработки, которые выполняются под контролем ПОКАС (Р), являются базисом входных данных для последующих процессов производства, поставки и обслуживания, входящих в область действий ПОКАС (И).

В терминах ГОСТ Р 15.201 и ГОСТ 16504-81 область действия ПОКАС (Р) завершается приемочными испытаниями опытных или головных образцов на соответствие техническому заданию (ТЗ) с целью решения вопроса о возможности постановки оборудования на производство и (или) использования по назначению.

Международный стандарт МЭК 60780 рекомендует более гибкий подход к определению возможности использования электро-технического оборудования в системах безопасности АЭС, основанный на методах и процессах квалификации оборудования*.

Квалификация оборудования предполагает возможность подтверждения соответствия характеристик оборудования не только методом прямых испытаний образцов, но и другими путями: на основе опыта эксплуатации аналогичного оборудования, экстраполяции результатов предыдущих испытаний или на основе анализа представительной модели (например математической) квалифицируемого оборудования.

Указанные методы могут применяться отдельно или в совокупности в зависимости от ситуации. Однако в любом случае процедура квалификации предполагает обязательное выполнение следующих условий:

- оборудование должно быть идентифицировано и классифицировано в зависимости от его функционального назначения, места его размещения на АЭС, его влияния на безопасность реакторной установки, его категории обеспечения качества;
- на каждый вид оборудования должны быть подготовлены технические условия, отражающие в полном объеме предъявляемые к нему требования;

* Термин «квалификация» по МЭК 60780 отличается по смыслу от термина «квалификационные испытания» по ГОСТ Р 15.201-2000 и ГОСТ 16504-81, в которых идет речь о контрольных испытаниях установочной серии или первой промышленной партии, проводимых с целью оценки готовности предприятия к выпуску продукции данного вида в заданном объеме.

- должна быть разработана Программа квалификации, определяющая объем, методологию и последовательность поэтапного проведения испытаний и других действий в процессе квалификации, гарантирующая достоверность и однозначность результатов и выводов.

Главная цель квалификации заключается в подтверждении того, что процессы конструирования (область ПОКАС (Р)) и изготовления (область ПОКАС (И)) оборудования обеспечат соответствие его характеристик установленным требованиям в течении всего срока службы. Кроме того, выполнение ПОКАС (И) должно гарантировать, что последующее оборудование данного типа будет полностью соответствовать квалифицированному.

Рассмотрим процедуру квалификации на примере управления качеством разработки и изготовления комплекса электрооборудования СУЗ (КЭ СУЗ) для АЭС «Тяньвань».

В качестве прототипа при проведении квалификации был выбран модернизированный базовый КЭ СУЗ реактора ВВЭР-1000, включающий следующие основные функциональные подсистемы:

- оборудование исполнительной части аварийной и предупредительной защиты (оборудование АЗ-ПЗ);

- оборудование группового и индивидуального управления и контроля положения органов регулирования реактора (оборудование СГИУ);

- оборудование программно-технического комплекса информационно-диагностической сети (оборудование ПТК ИДС);

- оборудование электропитания КЭ СУЗ (оборудование ЭП).

В соответствии с классификацией по НП-001-97 (ОПБ-88/97) оборудование, выполняющее функцию аварийной защиты, квалифицировано по классу безопасности 2У, остальное оборудование – по классу 3Н. По категориям обеспечения качества оборудование относится к категориям QA1 и QA2. Технические характеристики оборудования базового комплекса установлены техническими условиями (ТУ) на каждый тип или группу однотипного оборудования и подтверждены результатами приемочных испытаний, которые проводились в период разработки.

Процесс квалификации включает ряд последовательных этапов.

1. Анализ требований ТЗ на квалифицируемый КЭ СУЗ и выявление системных, функциональных, конструктивных отличий от прототипа.

2. Анализ отличий от прототипа в требованиях по устойчивости к воздействию внешних факторов (ВВФ).

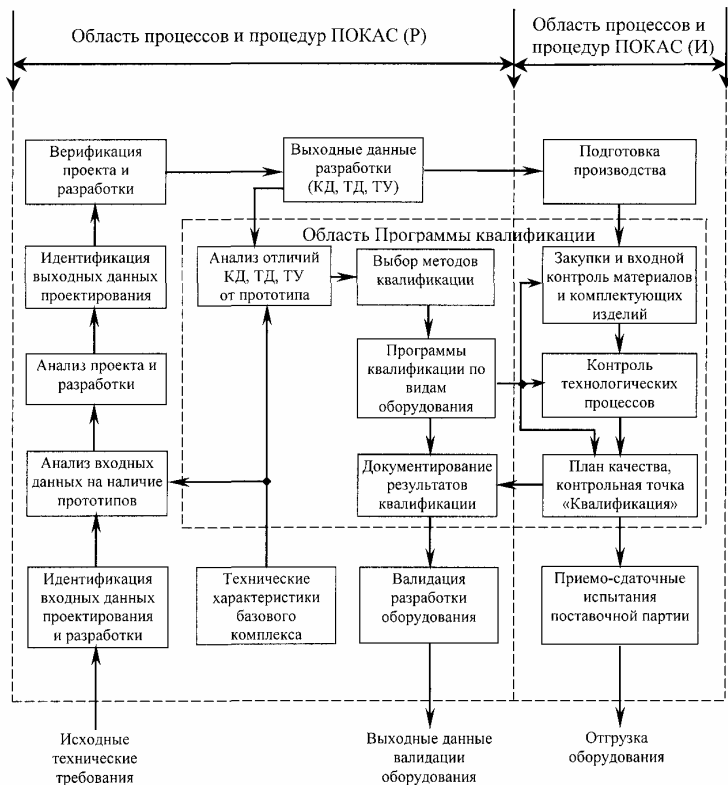
3. Анализ влияния ВВФ на компоненты оборудования в тече-

нии требуемого срока эксплуатации (анализ фактора старения).

4. Определение объема испытаний для конкретного типа оборудования при отсутствии прототипа или при существенных отличиях требований ТЗ от характеристик прототипа.

5. Разработка Программ квалификации на конкретный тип оборудования с включением контрольной точки «Квалификация оборудования» в Планы качества (ПК) разработки и изготовления оборудования.

Как следует из схемы, представленной на рисунке, квалификация оборудования затрагивает области процессов и процедур, регламентированных программами ПОКАС (Р) и ПОКАС (И). С одной стороны, процесс квалификации позволяет выполнить важный этап валидации разработки, предусмотренный Системой управления ка-



Взаимодействие процессов разработки, изготовления и квалификации электрооборудования СУЗ

чеством и ПОКАС (Р). С другой стороны, идентификация квалифицируемого оборудования и оборудования, которое будет поставляться в дальнейшем, достигается выполнением общих требований и процедур ПОКАС (И) по проверке конструкторской и технологической документации (КД и ТД), входному контролю материалов и комплектующих изделий, контролю технологических процессов и испытаний. Об этом делаются соответствующие отметки в Планах качества изготовления оборудования.

В ходе квалификации функциональным испытаниям были подвергнуты все типы оборудования, входящие в состав КЭ СУЗ. В то же время использование комбинированных методов позволило сократить в Программе квалификации объемы испытаний образцов на ВВФ. Так, из 23 наименований оборудования, входящих в состав комплекса, по 14 наименованиям, относящимся к классу безопасности 3Н, соответствие требованиям ТЗ по устойчивости к ВВФ было полностью подтверждено на основе сравнительного анализа с результатами испытаний прототипов.

По четырем наименованиям оборудования класса 2У и пяти наименованиям класса 3Н аналоги в базовом комплексе отсутствовали. В этих случаях квалификация по требованиям устойчивости к ВВФ была проведена методом прямых испытаний.

Квалификация оборудования на электромагнитную совместимость (ЭМС) проводилась с целью подтверждения его устойчивости к электромагнитным воздействиям и соответствия требованиям по уровню создаваемых им промышленных помех. Из одиннадцати наименований оборудования, подлежащих квалификации по этому фактору, по семи наименованиям вновь созданного оборудования соответствие было подтверждено результатами прямых испытаний, а по остальным четырем – данными об испытаниях прототипов из состава базового комплекса.

Предметом отдельного анализа явилось изучение влияния различных факторов окружающей среды на компоненты оборудования в течение всего срока службы (фактор старения). В этом случае также использовался комбинированный метод, основой которого явилось сочетание испытаний элементов оборудования с анализом результатов предыдущих испытаний и опытом эксплуатации.

Квалификация унифицированного шкафа электрооборудования СУЗ проводилась по следующим элементам:

- конструктив шкафа;
- жгуты и провода внутришкафного монтажа;
- комплектующие элементы;

- типопредставители электронных блоков релейно-контакторной аппаратуры и элементов защиты.

Методы квалификации монтажных проводов и жгутов основывались на испытаниях путем ускоренного старения термоциклированием при температурах 120, 130 и 140°C, на аналитической оценке ресурса и испытаниях на сейсмостойкость после старения при воздействиях, соответствующих максимальному расчетному землетрясению интенсивностью 8 баллов.

Влияние старения на технические характеристики комплектующих компонентов (изделия радиоэлектроники, электротехники и микроэлектроники) определялось на основе изучения и систематизации технической документации и информации производителей в рамках действующих у них систем обеспечения качества.

Типопредставители электронных блоков, релейно-контакторной аппаратуры и элементов защиты наиболее ответственного оборудования (АЗ-ПЗ, СГИУ), возможные отказы которого могли бы повлиять на функцию безопасности, подвергались дополнительным испытаниям при температурном воздействии $+70\pm 2^\circ\text{C}$ (ускоренное старение) в течение 1500 ч при выключенном напряжении питания, затем при температуре $50\pm 2^\circ\text{C}$ и включенном напряжении питания в рабочем состоянии в течение 150 ч с последующими испытаниями на соответствие требованиям ТЗ по сейсмостойкости. Типопредставители релейно-контакторной аппаратуры перед испытанием на длительную работу подвергались также механическому старению путем наработки заданного числа циклов срабатывания.

Квалификация по фактору старения подтвердила возможность использования конструктивов шкафов, монтажных жгутов и проводов в течение 40 лет, а технических средств шкафа (печатных узлов, электронных блоков, комплектующих элементов) – в течение 10 лет. Проверки внешнего вида, сопротивления изоляции и функционирования типопредставителей оборудования классов безопасности 2У и 3Н после испытаний на длительную работу при повышенной температуре с последующими испытаниями на сейсмостойкость подтвердили их соответствие требованиям ТЗ с достаточным квалификационным запасом, который составил 10% по фактору старения и 30% по сейсмостойкости.

Выводы

1. Результаты квалификации полностью подтвердили соответствие электрооборудования СУЗ АЭС «Тяньвань» требованиям ТЗ и регулирующих документов по выполнению в течение заданного

срока эксплуатации своих функций и, прежде всего, функций безопасности.

2. Применение предусмотренных международным стандартом МЭК 60780 методов и процедур квалификации позволяет осуществлять оценку соответствия оборудования наиболее экономичными способами без какого-либо ущерба однозначности и достоверности полученных результатов и выводов.

3. В соответствии с Нормами, правилами и Руководствами по безопасности МАГАТЭ квалификация выполняется с учетом степени влияния на безопасность каждого вида оборудования, входящего в состав комплекса, т.е. на основе дифференцированного подхода к обеспечению качества.

4. Процессы и методы квалификации оборудования в сочетании с выполнением процедур и требований ПОКАС(Р) и ПОКАС(И) обеспечивают эффективное управление качеством разработки и изготовления электрооборудования СУЗ для АЭС «Тяньвань».