

4. Пат. WO 2004/059414 A1 Міжнародний, МПК G 05 F 1/10, 1/40. One cycle control continuous conduction mode PFC boost converter integrated circuit with integrated power switch and boost converter [Текст] / Athari F.; заявник та патентовласник International Rectifier Corporation. – № PCT/US2003/040001; заявл. 15.12.03; опубл. 15.07.04.
5. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення (ГОСТ 13109-97) [Текст]: ГОСТ 13109-97. – [Чинний від 01-08-1999]. – К.: Державний комітет України по стандартизації, метрології та сертифікації, 1999. – 34 с.

**Мета роботи - розробка та оптимізація загальної схеми процесу кваліфікації обладнання. В роботі запропонована оптимізована схема процесу та розглянуті завдання, які необхідно вирішити при оцінці кваліфікації. Запропоновано методи їх вирішення**

**Ключові слова: кваліфікація, статус кваліфікації, кваліфікаційні випробування, ефекти старіння**

**Цель работы – разработка и оптимизация общей схемы процесса квалификации оборудования. В работе предложена оптимизированная схема процесса и рассмотрены задачи, которые необходимо решить при оценке квалификации. Предложены методы их решения**

**Ключевые слова: квалификация, статус квалификации, квалификационные испытания, эффекты старения**

**Purpose - Development and optimization of the overall scheme of equipment qualification. The paper presents an optimized scheme of the process and discussed the main aspects of qualification. The decision methods are offered.**

**Key words: qualification, qualification state, qualification test, the effects of aging**

#### Общие положения

Безопасность блока определяется надежностью и работоспособностью оборудования систем безопасности. Известно множество различных процедур, которые используются на АЭС для подтверждения его работоспособности (периодические испытания и замена, система контроля состояния элементов систем, важных для безопасности, (СВБ), система управления старением). Использование в рамках одного блока всех этих процедур с учетом их взаимосвязи – очень длительный, громоздкий и технически сложный процесс, упростить который можно введением единой системы квалификации технологического оборудования.

Квалификация оборудования (КО) – подтверждение и поддержание показателей и технических характеристик оборудования с целью обеспечения его работоспособности в «жестких» условиях окружающей среды и/или при сейсмических воздействиях.

Проведение КО рекомендовано МАГАТЭ [1] и должно быть одним из важнейших направлений дея-

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ АЭС УКРАИНЫ

УДК: 621.311.25:621.039

**И.А. Остапенко**

Студент\*

Контактный тел.: 066-952-33-98

E-mail: groz-1@yandex.ru

**Д.В. Горанчук**

Студент\*

Контактный тел.: 097-699-35-70

E-mail: carreraua@bigmir.net

**Д.Н. Косяк**

Студент\*

Контактный тел.: 063-227-16-31

E-mail: ishtory@gmail.com

\*Кафедра атомных электрических станций и инженерной теплофизики

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

пр. Победы, 37, г. Киев, 03056

тельности по обеспечению необходимого уровня безопасности энергоблоков АЭС.

Основной целью квалификации является установление (определение) квалификационного срока оборудования – периода времени, на протяжении которого оборудование будет гарантированно выполнять возложенные на него функции с учетом влияния эффектов старения.

Рекомендации по проведению процесса КО приведены в стандартах МАГАТЭ [2]. Предложена модернизированная общая структурная схема процесса оценки квалификации оборудования (рис. 1). В данной схеме процесс КО включает в себя три основных этапа:

- Подготовка исходных данных;
- Оценка состояния квалификации;
- Разработка методов повышения квалификации.

#### 1. Подготовка исходных данных

В общем случае, квалификация выполняется для всего оборудования. Однако это приводит к значи-

тельным затратам материальных и трудовых ресурсов. Например, МАГАТЭ рекомендует в первую очередь проводить квалификацию для оборудования систем, важных для безопасности [2].

В соответствии с этими рекомендациями, на основе общего перечня оборудования энергоблока АЭС

разрабатывается развернутый перечень оборудования, подлежащего квалификации. Этот перечень является основным документом по квалификации и должен содержать всю информацию, необходимую и достаточную для установления статуса квалификации каждой единицы оборудования.

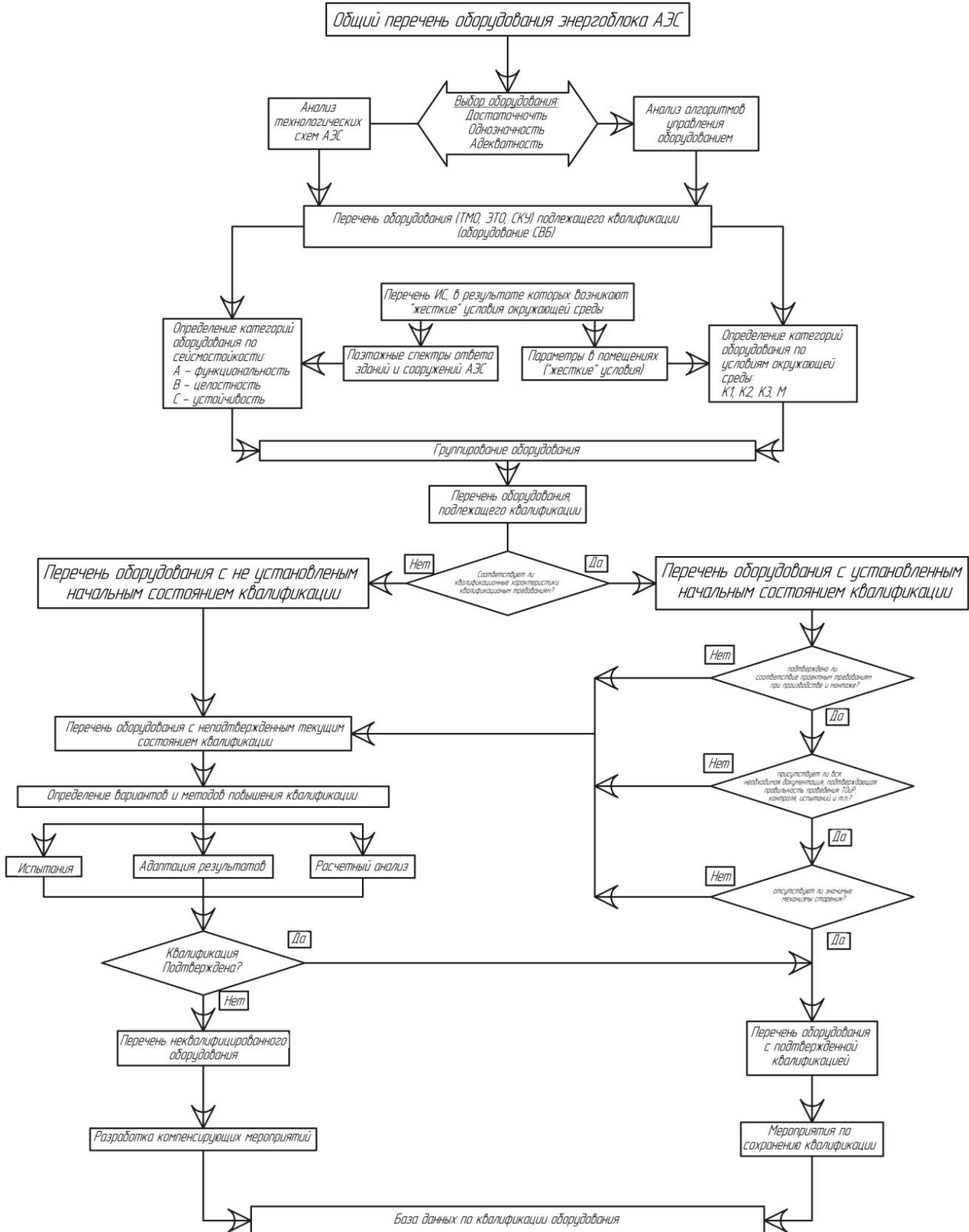


Рис. 1. Общая структурная схема выполнения работ по квалификации оборудования

В процессе разработки развернутого перечня собираются и документируются исходные данные, которые можно условно разделить на две группы [3, 4]:

1. квалификационные характеристики – проектные параметры оборудования (наименование, маркировка, тип, класс безопасности по НП 306.1.02/1.034-2000, группа по ПНАЭ Г-7-008-89, категория сейсмостойкости по ПНАЭ Г-5-006-87 и т.п.)
2. квалификационные требования к оборудованию на основе расчетных характеристик воздействий окружающей среды при исходном событии аварии (ИСА) из анализа проектных аварий (исходные события, при которых необходимо функционирование данного оборудования; необходимое время функционирования; параметры «жестких» окружающих условий; параметры сейсмических воздействий).

Для ускорения работ по КО международными документами рекомендуется ряд мероприятий по оптимизации процесса квалификации – группирование и категоризация.

## 2. Установление статуса КО

По окончании этапа подготовки исходных данных мы имеем перечень оборудования, который содержит следующие данные [4]:

- проектные (паспортные) параметры для каждой группы оборудования (квалификационные характеристики);
- условия эксплуатации, в т.ч. условия окружающей среды, в которых требуется функционирование оборудования (квалификационные требования).

В общем случае, оценка состояния квалификации заключается в сравнении квалификационных требований с квалификационными характеристиками.

Если все паспортные характеристики соответствуют или превышают квалификационные требования, то квалификация оборудования установлена (КУ), в противном случае – квалификация не установлена (КНУ).

Сопоставление квалификационных характеристик с квалификационными требованиями позволяет определить, в какой степени были учтены требования к оборудованию систем, важных для безопасности, при его проектировании и производстве (начальный статус квалификации).

Однако, даже если изначально (по паспортным данным) оборудование квалифицировано, в процессе его монтажа могут быть допущены отклонения от технических требований. Также следует учитывать, что в процессе эксплуатации могут не соблюдаться требования по эксплуатации оборудования. Кроме того, любое оборудование подвержено старению в процессе эксплуатации. Эти факторы могут привести к изменению квалификационных характеристик оборудования, и, следовательно, состояния квалификации.

Влияние этих изменений учитывается при оценке текущего состояния КО.

Таким образом, текущее состояние квалификации оборудования является установленным, если:

1. в ходе визуальных осмотров было подтверждено соответствие проектным требованиям при производстве и монтаже;
  2. на АЭС в полной мере присутствует вся необходимая документация, подтверждающая правильность проведения технического обслуживания и ремонтов (ТОиР), контроля, испытаний и т.п.;
  3. отсутствуют значимые механизмы старения.
- Для такого оборудования устанавливается квалификационный срок, который соответствует проектным ресурсным показателям.

Оборудование, текущее состояние квалификации которого не возможно оценить (по причине выявления отклонений в ходе осмотров, отсутствия необходимой эксплуатационной документации или не возможности оценки степени влияния существенных механизмов старения) заносится в перечень оборудования с неустановленной квалификацией. Для этого оборудования назначаются методы повышения квалификации.

## 3. Мероприятия по повышению квалификации

Для повышения КО можно использовать различные методы в зависимости от группы и категории, к которым отнесено оборудование, и параметров окружающих условий. Такими методами могут быть:

1. Метод квалификационных испытаний – получение реальных квалификационных характеристик оборудования при ускоренном термическом, радиационном и эксплуатационном старении.
2. Метод анализа – установление квалификационных характеристик с помощью построения адекватных аналитических моделей.
3. Опыт эксплуатации – установление квалификации по опыту эксплуатации аналогичного оборудования на других АЭС.
4. Адаптация результатов – это аналитически обоснованное распространение результатов квалификации аналогичного оборудования, установленного на других АЭС с учетом опыта эксплуатации.

Оборудование, квалификационные характеристики которого удовлетворяют квалификационным требованиям после проведения мероприятий по повышению квалификации, вносится в перечень оборудования с установленной квалификацией. Для такого оборудования разрабатываются и вносятся в базу данных мероприятия по сохранению квалификации.

Для оборудования, квалификация которого не установлена после повышения квалификации разрабатываются и внедряются компенсирующие мероприятия. Согласно [1] и [2], такими мероприятиями могут быть:

- разработка и внедрение компенсирующих мероприятий (например, установка защитных экранов, дополнительных усилений и др.);
- проведение дополнительных расчетов и испытаний;
- модификация (замена отдельных узлов, деталей);

- замена оборудования на новое, модернизированное.

Результаты внедрения компенсирующих мероприятий также вносятся в базу данных по квалификации оборудования.

---

#### 4. Оценка квалификации оборудования выбранных систем

---

В качестве примера для проведения оценки состояния квалификации оборудования было выбрано 2 системы пилотного энергоблока №1 ЮУ АЭС с реактором типа ВВЭР-1000/В-302:

- Система аварийного газоудаления ТУ;
- Система изоляции ПГ и защиты второго контура от превышения давления РА.

В состав системы ТУ входит 97 единиц оборудования. Из них квалификации на жесткие условия подлежит 49 единиц. Начальное состояние квалификации установлено для 28 единиц. Текущее состояние квалификации было установлено для 41 единицы, из которых: ЭТО – 1, ТМО – 17, привода - 23.

Система РА включает в себя 130 единиц оборудования. Из них квалификации на жесткие условия подлежит 104 единицы. Состояние квалификации было установлено для двух единиц ЭТО. Для остального оборудования рекомендованы замена (96 единиц) и квалификационные испытания (6 единиц).

---

#### Выводы

---

Обеспечение безопасности АЭС должно быть приоритетным направлением деятельности при проектировании, постройке и эксплуатации энергоблоков. Процесс оценки уровня квалификации оборудования, рекомендованный МАГАТЭ, является одним из наиболее достоверных методов подтверждения работоспособности оборудования.

В процессе сбора и анализа конструкторской документации при установлении начального состояния квалификации оценивается, в какой мере были учтены квалификационные требования при проектировании оборудования СВБ.

При оценке текущего уровня квалификации выявляются и устраняются все ошибки, допущенные при монтаже оборудования. Также проводится анализ правильности эксплуатации оборудования, что позволяет выявить и учитывать в дальнейшем возможные непростые режимы работы. Кроме этого, выявляется и учитывается степень деградации оборудования за счет старения под воздействием различных эксплуатационных факторов.

В ходе оценки состояния квалификации разрабатываются рекомендации по сохранению квалификации для оборудования с установленной квалификацией и компенсирующие мероприятия для неквалифицированного оборудования.

В результате оценки текущего уровня квалификации для оборудования АЭС устанавливается квалификационный срок – гарантия безопасности АЭС в течении этого периода времени. Наличие квалификационного срока позволяет также проводить ремонт и замену оборудования (или его частей) по реальным показателям износа, что значительно оптимизирует экономические показатели энергоблока.

---

#### Литература

1. International atomic energy agency. Convention on Nuclear Safety. INFCIRC/449, Vienna, 1994;
2. Equipment qualification in operational nuclear power plants: upgrading, preserving and reviewing. Safety Reports Series No.3
3. СТП 0.03.050-2009. Стандарт предприятия. Квалификация оборудования и технических устройств АЭС. Общие требования;
4. ПМ-Д.0.03.476-09. Программа работ по квалификации оборудования энергоблоков АЭС ГП НАЭК «Энергоатом»;
5. СТП 0.03.083-2009. Квалификация оборудования на условия окружающей среды. Общие требования;
6. IEEE Standard 627-1980. Design Qualification of Safety Systems Equipment Used in Nuclear Generating Stations.