

В первую очередь проверяли принципиальную возможность осуществления АСФ на исследуемом источнике питания ИОН. Для этого сварку выполняли по двум вариантам: на постоянном токе обратной полярности и пульсирующей знакопостоянной дугой также обратной полярности [3].

По результатам экспериментальных сварок определяли:

- сварочные свойства ИП согласно ГОСТ ГОСТ 25616-83 (начальное зажигание дуги, стабильность АСФ, формирование шва, эластичность дуги);
- стабильность процесса по осциллограммам тока и напряжения сварки;
- частоту каплеотрыва при плавлении электрода в установившемся процессе сварки по амплитудно-частотной характеристике (АЧХ) процесса.

Запись осциллограмм проводили с помощью ИИС на основе модуля NI 9229. Обработку спектральной плотности мощности (PSD) токового сигнала осуществляли в программном пакете «Signal Express-2014».

В целом сварочно-технологические свойства источника ИОН 48-900 находятся на хорошем уровне при АСФ в режиме знакопостоянного тока обратной полярности. Аналогичные результаты были получены при сварке на электродной проволоке Ø 3 и 5 мм. При сварке пульсирующей дугой при заданных параметрах токового импульса происходит синхронная пульсация напряжения на нагрузке, что ведет к выравниванию выделяющейся активной мощности в зоне сварки. Кроме того, отмечены достаточно высокие сварочные свойства ИП согласно ГОСТ ГОСТ 25616-83, а именно: начальное зажигание дуги - хорошее, стабильность АСФ - хорошая, формирование шва – очень хорошее, эластичность дуги – хорошая.

В результате сравнительного исследования стабильности процесса АСФ на постоянном токе и пульсирующей дугой обнаружены области режимов стабильного протекания процесса АСФ на пульсирующем токе. Это говорит о том, что дальнейшие исследования по обеспечению стабильности процесса АСФ на модулированных режимах имеют положительные перспективы. Рекомендуется в качестве дальнейшего направления исследований выбрать АСФ на модулированных режимах в разделку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга. - М.: Машиностроение, 1970.
2. Чернов А.В. Обработка информации в системах контроля и управления сварочным производством: Монография /Новочерк. гос. техн. ун-т. - Новочеркасск: НГТУ, 1995. – 180 с.
3. ГОСТ Р 52002-2003. Электротехника. Термины и определения основных понятий.

УДК 621.039, 371.693

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ТРЕНАЖЁР ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ РЕМОНТНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС

Галкин А.С., Калашников М.В., Арженовская Е.В., Пугачева О.Ю.

*НИИ АЭМ, г. Волгодонск, Россия, Волгодонский инженерно-технический институт –
филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»,*

*Волгодонск, Россия
nii_energomash@mail.ru*

Аннотация. В статье рассматривается проблема обеспечения качества ремонта оборудования АЭС в части применения инструментов предотвращения ошибок и предлагается её решение за счет разработки и внедрения перспективного тренажёра профессиональной подготовки для повышения уровня культуры безопасности и квалификации персонала.

Ключевые слова: техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), инструменты предотвращения ошибок персонала (ИПО); перспективный тренажёр; ремонтный персонал, культура безопасности.

A PROMISING SIMULATOR FOR THE PROFESSIONAL TRAINING OF NPP REPAIR PERSONNEL

Galkin A.S., Kalashnikov M.V., Arzhenovskaya E.V., Pugacheva O.Yu.

*Volgodonsk Institute of Engineering and Technology - branch of the National Research Nuclear University "MEPhI",
Volgodonsk, Russia
nii_energomash@mail.ru*

Abstract. The article considers the problem of ensuring the quality of repair of NPP equipment in terms of the use of error prevention tools and proposes its solution through the development and implementation of a promising training simulator to improve the level of safety culture and personnel qualifications.

Keywords: maintenance and repair (MRO), tools for preventing personnel errors; advanced simulator; repair personnel, safety culture.

Профессиональная подготовка ремонтного персонала АЭС и подрядных организаций является одним из условий обеспечения безопасной и эффективной работы АЭС. Для повышения качества ремонта и оптимизации его сроков необходима высокая квалификация персонала, в том числе - в области культуры безопасности. Поэтому имеется потребность в современных тренажёрах профессиональной подготовки ремонтного персонала, позволяющих на практике отрабатывать применение инструментов предотвращения ошибок для повышения уровня культуры безопасности ремонтного персонала в части осознанного применения документации, инструментов, средств и приемов, позволяющих гарантированно предотвращать неправильные действия при выполнении рабочего процесса.

Международным эталоном деятельности атомных станций является руководящий документ Всемирной ассоциации организаций, эксплуатирующих атомные электростанции, (ВАО АЭС или WANO) «Производственные задачи и критерии их выполнения. ПЗКВ 2019-1» (ПЗКВ). Этот документ устанавливает критерии качества выполнения персоналом АЭС и подрядных организаций каждой производственной задачи на основе международного опыта безупречного выполнения персоналом производственных задач. Эффективная деятельность компаний рассматривается по таким направлениям как: лидерство, управление, надзор и мониторинг, независимый надзор, поддержка, управление человеческими ресурсами и развитие лидеров, коммуникация.

На основе данного международного стандарта на предприятиях энергетической отрасли АО «Концерн Росэнергоатом» внедрены, доведены до сведения каждого работника и действуют инструменты предотвращения ошибок персонала (ИПО):

- 1) критический подход;
- 2) приверженность процедурам и инструкциям;
- 3) четкие коммуникации;
- 4) использование опыта эксплуатации;
- 5) инструктаж перед выполнением работ;
- 6) контроль действий персонала, включая самоконтроль;
- 7) анализ выполненной работы.

Техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) – важнейший этап эксплуатации энергоблоков АЭС, определяющий надежность их работы в межремонтный период и повышение коэффициента использования установленной мощности и безопасности АЭС. ТОиР направлен на поддержание работоспособности оборудования, увеличение срока его эксплуатации, уменьшение вероятности отказа, восстановление ресурса и модернизацию оборудования.

Анализ неправильных действий персонала АО «Концерн Росэнергоатом» за период 2017-2022гг. показал следующее соотношение неприменения персоналом инструментов предотвращения ошибок:

- 48 % – критический подход;
- 28 % – приверженность процедурам и инструкциям;
- 15 % – контроль действий, включая самоконтроль;

- 6 % – чёткие коммуникации;
- 3 % – инструктаж перед выполнением работ.

Для сокращения производственных потерь, в основе которых лежит человеческий фактор, необходима разработка качественно нового тренажёра профессиональной подготовки ремонтного персонала АЭС.

Перспективный тренажёр профессиональной подготовки ремонтного персонала АЭС и подрядных организаций должен обеспечить не только подготовку и поддержание квалификации в части выполнения ремонтных работ, но и отработку практических навыков применения ИПО.

Основой для перспективного тренажёра подготовки ремонтного персонала должны стать натурные компоненты на основе оборудования, аналогичного эксплуатируемому на АЭС, с полным комплектом технологической документации на ремонт (КТД). Одна из основных задач разработки перспективного тренажёра подготовки ремонтного персонала заключается в создании интегрированных в натурный тренажёр условий, неполадок и несоответствий, провоцирующих обучаемого на неправильные действия.

Учебно-методические материалы для проведения занятий на перспективном тренажёре подготовки ремонтного персонала могут включать разнообразные сценарии обучения, вариативность которых будет определяться различными сочетаниями условий, неполадок, несоответствий и отвлекающих факторов, приводящих персонал к неправильным действиям.

Сложность тренажёра и вариативность сценариев обучения при этом можно наращивать поэтапно, путём последовательного введения в натурную часть различных типов оборудования (насос – клапан запорный – задвижка клиновая – электропривод) и различных моделей рабочего процесса (текущий ремонт, капитальный ремонт, центровка насоса и т.п.).

Кроме того, сочетание условий, неполадок, несоответствий и отвлекающих факторов позволит сформировать в составе перспективного тренажёра подготовки ремонтного персонала разные уровни сложности обучения и практических занятий в зависимости от квалификации и опыта работника. Выявленные в ходе практических занятий на тренажёре подготовки ремонтного персонала ошибки и недостатки будут обсуждаться и исправляются.

Возможные области реализации сценариев обучения на перспективном тренажёре подготовки ремонтного персонала представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Области реализации сценариев обучения на перспективном тренажёре подготовки ремонтного персонала ТООР

Существуют реальные перспективы дальнейшего повышения качества ТООР за счёт принятия ряда мер организационного характера. Например, анализ результатов диагностики

трубопроводной арматуры всех АЭС РФ указывает в ряде случаев на отсутствие улучшения установленных в нормативно-технической документации параметров технического состояния арматуры после капитального ремонта. К таким параметрам, характеризующим техническое состояние ЭПА, относятся: время открытия/закрытия, пусковой и рабочий ток, плавность хода. Значения именно этих параметров влияют на принятие решения о проведении капитального ремонта ЭПА, но в ряде случаев эти параметры после проведения капитального ремонта не изменились. Одной из причин отсутствия формальных признаков улучшения технического состояния ЭПА является несовпадение периодичности планового ремонта различных компонентов одной системы, или изделия. Например, в случае с планированием ремонтов ЭПА, арматура и установленный на неё привод могут относиться к разным цехам-владельцам (например, турбинному цех и ЦТАИ). Поэтому производимые в разные периоды времени ремонты часто не обеспечивают улучшения параметров работы ЭПА. Если бы мастер, контролирующий капитальный ремонт арматуры, применив критический подход, проведя анализ выполненной работы, обратил бы внимание на отсутствие планов по ремонту, или ревизии соответствующего привода, такой ремонт действительно обеспечил бы улучшение технического состояния ЭПА. Возможно, при разработке перспективного тренажёра подготовки ремонтного персонала отработка инструментов предотвращения ошибок позволит устранить подобные проблемы в дальнейшем.

С учётом мудрости Конфуция: «Скажи мне — и я забуду, покажи мне — и я запомню, Дай мне сделать — и я пойму!», изучение и дальнейшая отработка на практике, «собственными руками» навыков применения инструментов предотвращения ошибок персонала на реальном оборудовании позволит обеспечить полноценное и оптимальное обучение и поддержание квалификации ремонтного персонала на новом уровне.

Перспективным направлением дальнейшего развития тренажёра является разработка модели рабочего процесса (расширяющей его возможности) и модели маршрута перемещения персонала по территории АЭС со сценариями в каждой его точке, содержащими требования правил охраны труда, производственных инструкций и культуры безопасности при выполнении комплекса сопутствующих рабочему процессу подготовительных и организационно-технических мероприятий.

Опыт разработки перспективного тренажёра ремонтного персонала АЭС может быть адаптирован с учётом моделей рабочего процесса и маршрута к другим категориям персонала АЭС, а также к другим типам оборудования в различных отраслях (нефтегазохимии, металлургии, ГРЭС, ТЭЦ, ЖКХ, строительство, объекты военно-морского и гражданского флотов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ АО «Концерн Росэнергоатом» от 02.04.2020 № 9/01/511-П «О введении в действие Памятки «Инструменты предотвращения ошибок персонала».
2. СТО 1.1.1.01.002.0069-2019 «Организация технического обслуживания и ремонта систем и оборудования атомных станций».
3. СТО 1.1.1.01.004.1516-2018 «Оценка организации и проведения профессиональной подготовки работников АО «Концерн Росэнергоатом». Основные требования».
4. СТО 1.1.1.01.004.0680-2006 «Технические средства обучения. АО «Концерн Росэнергоатом». Стандарт организации».
5. СТО 1.1.1.01.004.1661-2019 «Учебно-методические материалы для проведения профессиональной подготовки работников. АО «Концерн Росэнергоатом». Стандарт организации».
6. МУ 1.3.3.99.0026-2010 «Системный подход к обучению персонала атомных станций. Методические указания по применению».