

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТМО АЭС НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО И ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ ИХ ВОДНО – ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СОБЫТИЙ И ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМОЙ

М. А. Смалько¹, И. Ю. Добровольская², В. Л. Михайловский¹

¹ Общество с ограниченной ответственностью “Энвитек” г. Киев, Украина

² Обособленное подразделение “Запорожская АЭС” государственного предприятия национальной энергогенерирующей компании “Энергоатом”, г. Энергодар, Украина
e-mail: vrhl3048@mgw.npp.zp.ua

Изложены результаты по повышению эффективности эксплуатации тепломеханического оборудования (ТМО) АЭС с реакторами типа ВВЭР на основе создания единой комплексной системы автоматического и лабораторного контроля водно-химического режима (ВХР). Создание такой системы даст возможность оперативно принимать решения по оптимизации ведения ВХР и поддержанию таких физико-химических свойств теплоносителей, которые бы предотвращали коррозионные повреждения конструкционных материалов ТМО и образование отложений на их поверхностях, тем самым повышая безопасность и эффективность эксплуатации оборудования АЭС.

Ключевые слова: водно-химический режим, единая комплексная система контроля, коррозионные повреждения.

Введение

При эксплуатации АЭС всегда остается актуальной проблема создания и поддержания таких физико-химических свойств теплоносителей, которые бы предотвращали коррозионные повреждения конструкционных материалов оборудования и образование отложений на его поверхностях. Поэтому оптимальное ведение водно-химического режима (ВХР) АЭС является одним из важнейших факторов, влияющих на надежную и безопасную эксплуатацию АЭС [1, 2, 3].

Повышение надежности и безопасности эксплуатации АЭС с точки зрения ведения ВХР и оценки коррозионно–эрозионного износа тепломеханического оборудования (ТМО) должно осуществляться на основе многофакторного анализа и прогнозирования развития событий. Такой подход возможен в полном объеме, только при создании единой комплексной системы (ЕКС) автоматического и лабораторного контроля водно–химического режима и оценки коррозионно–эрозионного износа оборудование с возможностью прогнозирования развития событий.

При этом система должна обеспечивать выполнения следующих функций [4, 5, 6, 7]:

- сбор данных от приборов автоматического химического контроля (АХК);
- организация ввода, редактирования и отображения результатов лабораторного химического контроля (ЛХК), и синхронизация этих данных с данными автоматического химического контроля ВХР для их совместной обработки;
- визуализация данных АХК и ЛХК в виде мнемосхем, таблиц данных и графиков;
- обмен информацией с информационными системами станции и синхронизация их работы по системе единого времени;
- анализ и статистическая обработка полученной оперативной информации с созданием математических моделей и прогнозированием развития событий с выполнением функций экспертной системы и системы помощи оператору;

- обеспечивать предупредительную и аварийную сигнализацию при выходе параметров ВХР за границы контрольных уровней и эксплуатационных пределов;
- возможность ретроспективного анализа развития ситуации за произвольный промежуток времени с помощью формирования таблиц различной структуры с статистической обработкой данных, а также временных графиков и трендов;
- формирование, сохранения и вывод на печать ежесменных, среднесуточных, среднемесячных и среднегодовых отчетов, а также другой отчетной документации;
- сохранение информации о ВХР в базах данных – краткосрочной, долгосрочной и событийной, создание архивов и хранение их на внутренних и внешних носителях;
- защита от несанкционированного доступа, идентификация пользователей по паролям с индивидуальными разрешениями на управление и изменение информации;
- открытость системы для дальнейшей модернизации и расширения.

Цель настоящей работы заключалась в обобщении и анализе результатов разработки единой комплексной системы автоматического и лабораторного контроля водно-химического режима АЭС.

Структура и описание единой комплексной системы автоматического и лабораторного контроля ВХР

Основным компонентом ЕКС по ведению ВХР является система автоматического химического контроля водно – химического режимы (АХК ВХР) АЭС, которая обеспечивает сбор, обработку и представление информации по результатам автоматического и лабораторного контроля водно – химического режима с возможностью прогнозирования развития событий и экспертной системой.

На рис.1 показан полный состав аппаратно-программных средств ЕКС АЭС, которые включают в себя оперативные средства, работающие в режиме реального времени - рабочие станции отдельных компонентов (РСОК) ТМО или участков технологического процесса (ТП), рабочие станции информационно вычислительного комплекса (ИВК), серверы ИВК, сетевые средства (СС), а также средства конфигурирования системы (СКС).

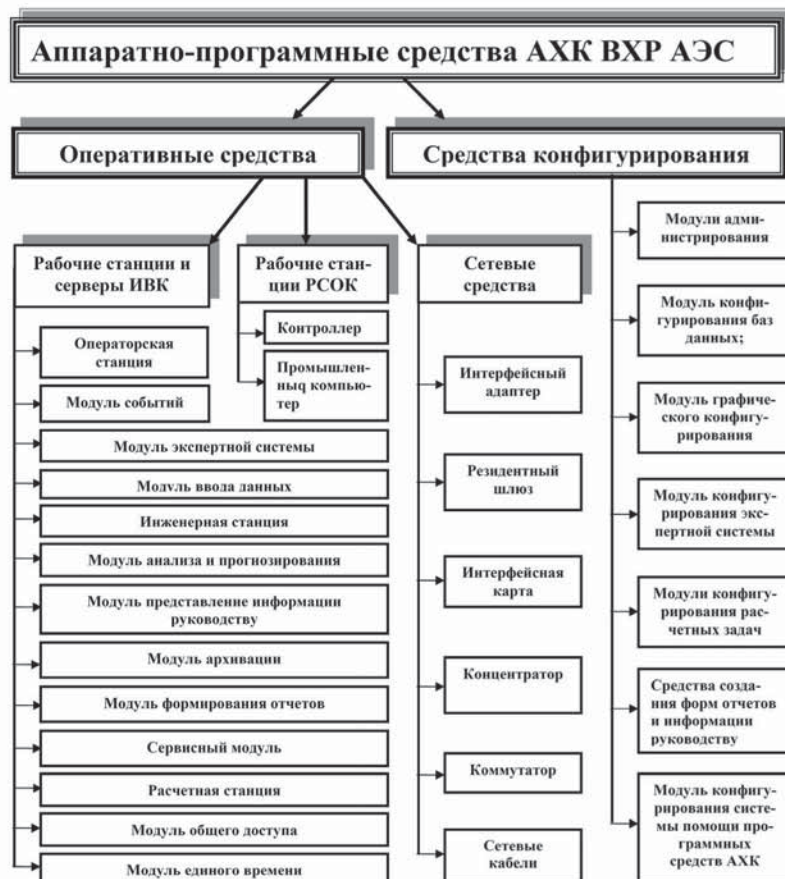


Рис. 1. Состав аппаратно-программных средств системы АХК ВХР АЭС.

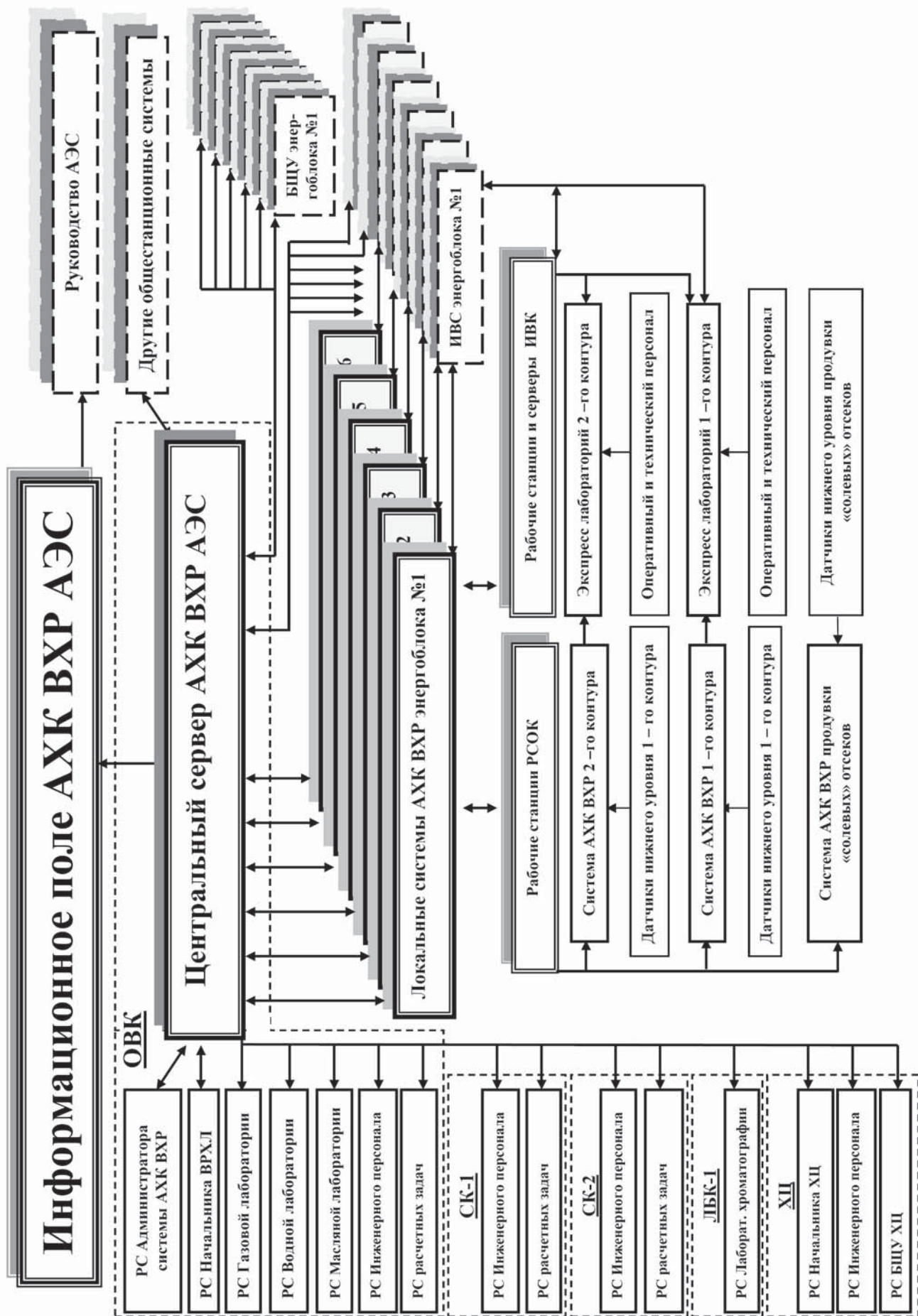


Рис. 2. Логическая структура системы ЕКС АЭС.

На уровне рабочих станций PCOK 1 – го и 2 –го контура (рис.3 и 4) информация в режиме реального времени собирается от датчиков нижнего уровня, предварительно обрабатывается и передается для дальнейшей обработки на рабочие станции - серверы. Туда же приходит информация по результатам ЛХК с рабочих станций соответствующих экспресс лабораторий (рис. 5). Собранная на серверах контуров информация передается в ИВС энергоблока для представления на мониторах БЦУ. Также через ИВС энергоблока информация направляется транзитом на центральный сервер АХК ВХР. С центрального сервера информация поступает ко всем пользователям системы, которые имеют постоянный доступ к информационному полю системы.

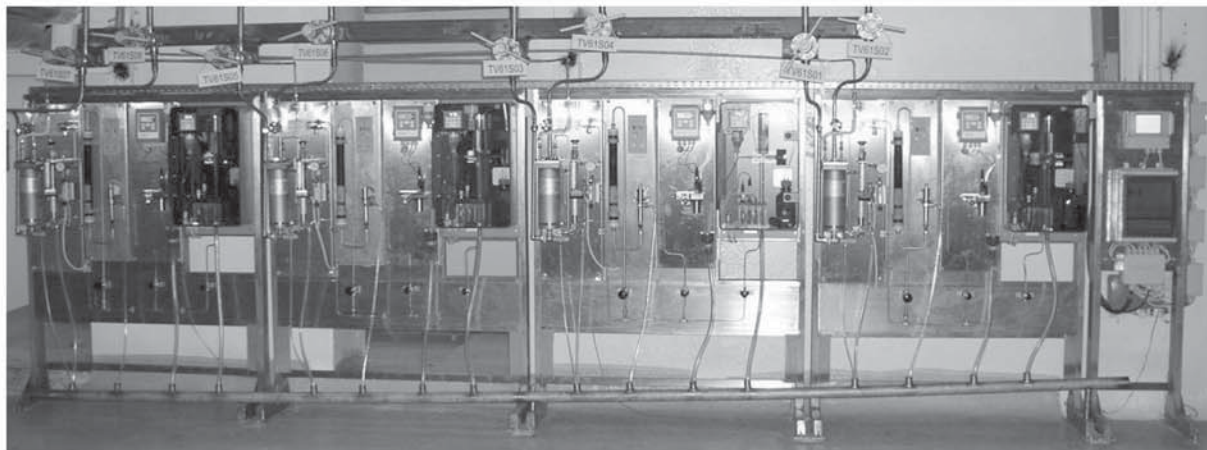


Рис. 3. Подсистема АХК ВХР продувки “солевых” отсеков парогенераторов энергоблока № 4 Запорожской АЭС.

Рабочие станции и серверы ИВК – это персональные компьютеры и серверы, которые выполняют все основные функции системы ЕКС. В их состав входят, как вновь поставляемые, так и использование в качестве рабочих станций ИВК действующие рабочие места персонала соответствующих подразделений после установки соответствующего программного обеспечения или отдельных модулей. Такие рабочие станции могут использоваться как в качестве операторских, инженерных или расчетных станций и соответственно могут иметь определенный набор специализированных программных модулей.

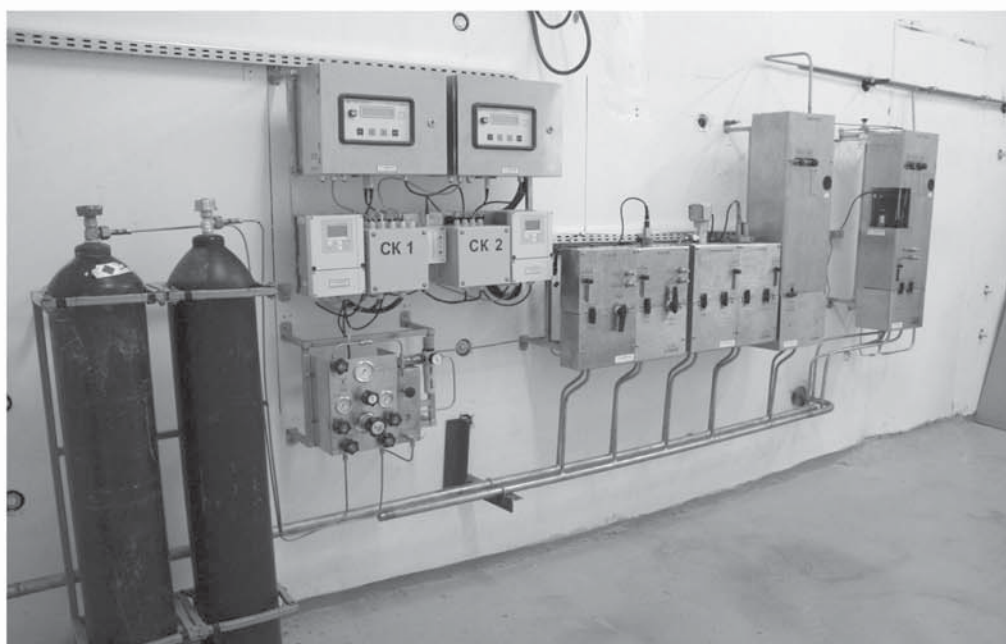


Рис. 4. Подсистема АХК ВХР 1 – го контура энергоблока № 2 Запорожской АЭС.

Операторская станция используется для ручного ввода данных, управления и представления информации персоналу в режиме реального времени при контроле ВХР. Информация представляется в виде мнемосхем, графиков, текстовых и звуковых сообщений и т.д.

Инженерная станция предназначена для работы на ней штатного инженерного персонала. При этом она может выполнять все функции операторской станции по запросу, в её состав могут входить по выбору любые модули системы ЕКС, а также любое другое программное обеспечение напрямую не связанное с системой ЕКС, но необходимое для работы персонала.

Расчетная станция выполняет специализированные технологические расчеты, связанные с оптимизацией технологического процесса или другие расчетные задачи. Она может использоваться, как отдельная станция, так и в виде отдельных специализированных модулей на операторских и инженерных станциях или на компьютерах других пользователей системой, которые по сети АЭС имеют доступ к информационному полю с базами данных системы ЕКС.

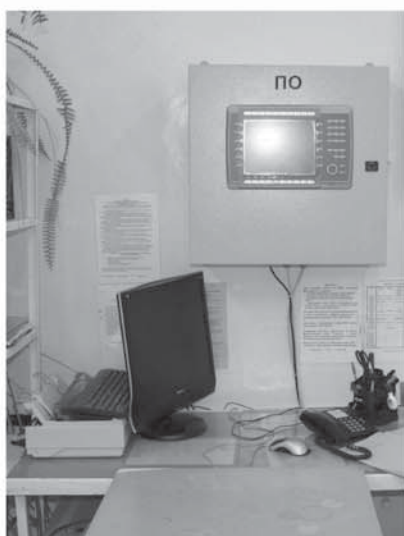


Рис. 5. Рабочее место в экспресс-лаборатории ввода данных ЛХК.

Модуль событий, как и операторская станция, в первую очередь предназначен для работы оперативного персонала, но его назначение узко специализировано - на экран модуля событий непрерывно выводится только информация о текущих событиях связанных с ведением режима ВХР и возникающими при этом нарушениями режима и работы системы. Этот модуль может быть установлен на любой компьютер, который имеет доступ к информационным ресурсам ЕКС.

Модуль экспертной системы предназначен для непрерывного анализа поступающей информации с автоматическим выводом на экраны мониторов сообщений о возникающих нарушениях режима ВХР и работы системы с представлением оперативному персоналу перечня рекомендуемых действий и прогноза развития ситуации конкретно для каждого возникающего события.

Модуль архивации обеспечивает долгосрочное хранение данных на различных внутренних или внешних носителях.

Модуль анализа и прогнозирования позволяет просматривать информацию и анализировать ситуацию за заданный промежуток времени и выполнять прогноз дальнейшего развития событий.

Модуль представления информации позволяет просматривать оперативную и архивную информацию, статистически её обрабатывать и выдавать её в установленной форме в виде мнемосхем (рис. 6.), графиков (рис. 7.), диаграмм, таблиц баз данных, текстовых документов в формате Microsoft Word, Microsoft Excel и т. д., а также функции импорт – экспорт в другие форматы.

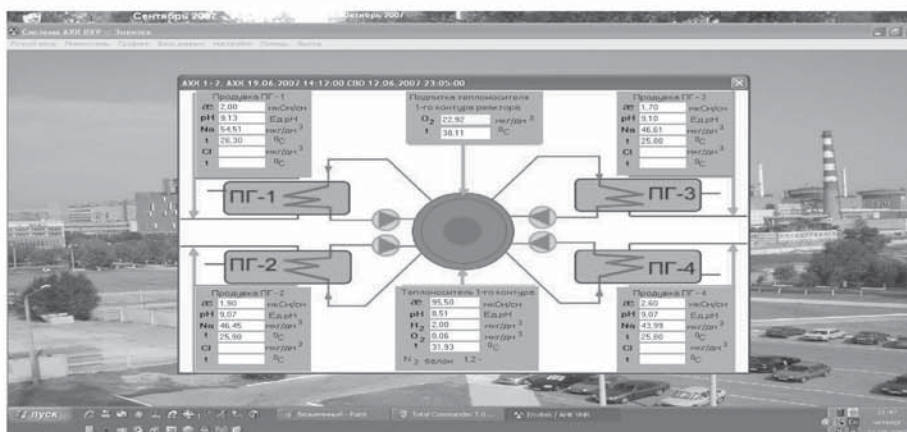


Рис. 6. Пример отображение мнемосхем в системе.

Модуль формирования отчетов по запросу позволяет просматривать оперативную и архивную информацию, статистически её обрабатывать и выдавать её в установленной форме отчетов.

Модуль ввода данных - позволяет выполнять ручной ввод данных, например, данных результат ЛХК.

Модуль общего доступа позволяет использовать в своей работе оперативную и архивную информацию пользователям других общестанционных информационных систем.

Сервисный модуль используется для настройки и загрузки программного обеспечения в рабочие станции, а также позволяет следить за состоянием всех технических средств системы ЕКС.

Модуль единого времени обеспечивает привязку к единому времени всех технических средств АХК ВХР, а также синхронизацию взаимодействия системы с другими информационными системами АЭС. Этот модуль может работать как в автономном режиме, так и с внешними эталонными системами.

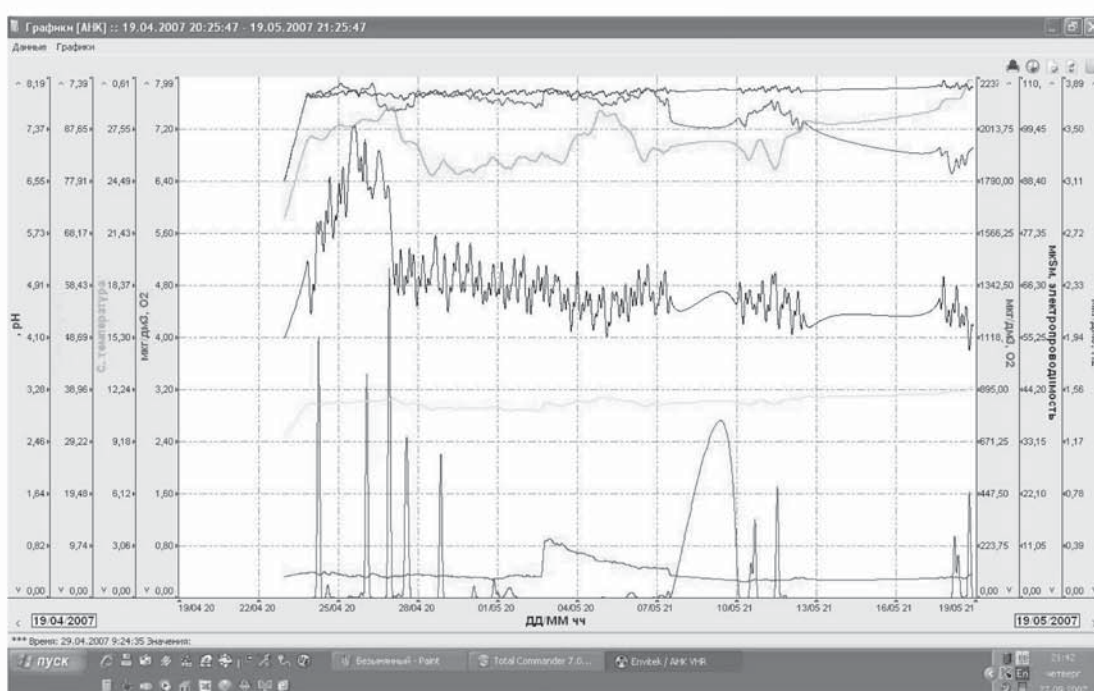


Рис. 7. Пример отображение графиков в системе.

Обсуждение результатов

Структура системы ЕКС максимально адаптирована к существующим условиям и существующим информационным систем и кабельным сетям АЭС. Создаваемая система обеспечивает обмен информацией с информационно-вычислительной системой (ИВС), а также использует её кабельные связи для транзитных потоков информации при внутрисистемном обмене информацией между элементами системы.

Информация, полученная в результате работы модулей экспертной системы, анализа и прогнозирования событий, а также результаты расчетов на расчетных станциях, в режиме реального времени доступна всем пользователям системы, по приоритетам, установленным администратором системы АХК ВХР. Другие пользователи системы получают эту информации, по запросу, имея соответствующий доступ.

Модули представления информации руководству в автоматическом или ручном режиме по запросу статистически обрабатывает информацию и формирует документы по установленной форме.

Выводы

Создание единой комплексной системы автоматического и лабораторного контроля ВХР АЭС с возможностью прогнозирования развития событий и экспертной системой обеспечит анализ и оперативное представление персоналу данных ВХР, что даст возможность оперативно принимать решения по оптимизации ведения ВХР и поддержанию таких физико-химических свойств теплоносителей, которые бы предотвращали коррозионные повреждения конструкционных материалов ТМО и образование отложений на их поверхностях, тем самым повышая безопасность и эффективность эксплуатации оборудования АЭС.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТМУ АЕС НА ОСНОВІ СТВОРЕННЯ ЄДИНОЇ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО І ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЮ ЇХ ВОДНО – ХІМІЧНОГО РЕЖИМУ З МОЖЛИВІСТЮ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ПОДІЙ І ЕКСПЕРТНОЮ СИСТЕМОЮ

М. А. Смалько¹, И. Ю. Добровольска², В. Л. Михайловський¹

1 – ТОВ “Енвітек”, 2 – ОП “Запорізька АЕС” державного підприємства національної енергогенеруючої компанії “Енергоатом”, м. Енергодар
e-mail: vrhl3048@mgw.npp.zp.ua

Представлені результати щодо підвищення ефективності експлуатації тепломеханічного устаткування (ТМУ) АЕС з реакторами типу ВВЕР на основі створення єдиної комплексної системи автоматичного і лабораторного контролю водно-хімічного режиму (ВХР). Створення такої системи дасть можливість оперативно приймати рішення з оптимізації ведення ВХР і підтримці таких фізико-хімічних властивостей теплоносіїв, які б запобігали корозійним пошкодженням конструкційних матеріалів ТМУ і утворенню відкладень на їх поверхнях, тим самим підвищуючи безпеку і ефективність експлуатації устаткування АЕС.

Ключові слова: водно-хімічний режим, єдина комплексна система контролю, корозійні пошкодження.

THE INCREASING OF THE EXPLOITATION OF HME APS ON THE BASIS OF THE FORMATION THE AUTOMATIC, EXPERT AND LABORATORY INTEGRATED CONTROL SYSTEM OF THEIR WATER CHEMICAL MODE WITH THE ABILITY TO PROGNOSE THE FURTHER DEVELOPMENTS

Smalko M.¹, Dobrovolskaya I.², Michailovskii V.¹

1 - Co Ltd “Envitek”, 2 – SU “Zaporizhska NNP” of the government enterprise of national energy generating company “Energoatom”, Energodar
e-mail: vrhl3048@mgw.npp.zp.ua

The results of increasing of the exploitation efficiency of atomic power station (APS) with reactor VVER on the basis of formation the automatic and laboratory integrated control system of water-chemical mode (WCM) are represented. The creation of such system will enable to make a operative decision for optimization of WCM operating. In addition, it becomes possible to support such physical and chemical characteristics of heat carriers which would prevent the corrosive damage of structural materials of HME and formation of scale on their floors, the same improving safety and efficiency of facilities operation of APS.

Key words: water-chemical mode, integrated control system, corrosion damages.

Список литературы:

1. *Воронов В. Н.* Химико-технологические режимы АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами: учебное пособие для вузов / *В. Н. Воронов, Б. М. Ларин, В. А. Сенина.* – М. Изд. дом МЭИ. 2006. – 390 с.
2. *Маргулова Т. Х., Мартынова О. И.* Водные режимы тепловых и атомных электростанций / *Т. Х. Маргулова, О. И. Мартынова.* – М.: Высш. шк., 1987. – 319 с.
3. *Кишеневский В. А.* Технологии подготовки воды в энергетике: учебник / *В. А. Кишеневский* – Одесса: Феникс, 2008. – 400 с.
4. *Смалько М. А.* Программный пакет “ДИЮ” для представления информации персоналу при автоматическом химическом контроле водно-химического режима АЭС. Рабочее место химика / [*М. А. Смалько, И. Ю. Добровольская и др.*] // Промышленная теплотехника. – 2003. том. 25(№4). – С. 443-445.
5. *Смалько М. А.* Програмний пакет “ДИЮ” засіб для комплексного контролю корозійно-ерозійного зношування металевих поверхонь обладнання ТЕС і АЕС / *М. А. Смалько* // Наукові нотатки. – 2003. – Вип. № 12. – С. 233-238.
6. *Михайловский В. Л.* Система автоматического химического контроля водно-химического режима продувки „солевых отсеков” парогенераторов / *В. Л. Михайловский, М. А. Смалько, И. Ю. Добровольская* // Доклад. IV междунар. конференция „Проблемы промышленной теплотехники”. – Киев, 26 – 30 сентября, 2005 г.
7. *Смалько М. А.* Програмний пакет “ДИЮ”, як система автоматичного хімічного контролю водно – хімічного режиму АЕС і ТЕС / *М. А. Смалько* // Вісник НУВГП. – 2006. - Вип. 4 (36) Ч. 1. - С. 276-285.