

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ, НАСТРОЙКИ И ВАЛИДАЦИИ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ОПЕРАТОРА НА БЛОКЕ № 1 НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС-2

И.Н. Гусев*, Б.Л. Соловьев*, В.П. Поваров*, А.С. Кужиль, С.П. Падун****

* *Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция» 396072, Воронежская обл., г. Нововоронеж, Промышленная зона Южная, 1*

** *ООО «Инновационная фирма СНИИП-Атом»*

123060, Москва, ул. Расплетина, д. 5, стр. 1



Требования к информационному обеспечению управления при различных режимах эксплуатации, которые должны реализовываться в составе автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергоблока, изложены в концепции управления энергоблоком АЭС-2006. В их состав входят стандартные функции, реализующие первичную обработку измерительной информации, организацию сигнализаций и архивов, предоставления оперативному персоналу информации о протекающих на блоке процессах и состоянии критических функций безопасности.

Здесь недостает важной для безопасной и надежной эксплуатации оборудования функции – возможности анализа протекания технологического процесса в реальном времени и в перспективе, позволяющего дать рекомендации оператору по оптимальному управлению технологическим процессом, особенно, в ситуациях с ограниченным временем принятия решения.

Поэтому в 2014 г. НВАЭС, ВНИИАЭС и ООО «Инновационная фирма СНИИП-Атом» приняли решение о разработке системы интеллектуальной поддержки операторов (СИПО) в составе системы верхнего блочного уровня (СВБУ) первого энергоблока Нововоронежской АЭС-2. В рамках этой работы создана функционирующая в составе СИПО программная модель энергоблока.

Обсуждаются основные принципы построения СИПО. Данные эксплуатации, полученные в процессе пуско-наладочных работ, используются для валидации модели.

В качестве иллюстрации процесса адаптации расчетной модели по результатам испытаний рассматриваются два частных случая:

- определение модельных характеристик главных циркуляционных насосов;
- подстройка регуляторов уровня воды в парогенераторах.

Полученные данные на этапах ввода в промышленную эксплуатацию первого энергоблока Нововоронежской АЭС-2 использованы для корректировки и совершенствования математических моделей процессов, входящих в состав СИПО.

Ключевые слова: СИПО, измеряемые параметры, анализ технического состояния, модель энергоблока, данные эксплуатации, валидация модели, прогноз изменения состояния энергоблока.

© *И.Н. Гусев, Б.Л. Соловьев, В.П. Поваров, А.С. Кужиль, С.П. Падун, 2017*

ВВЕДЕНИЕ

В концепции управления энергоблоком АЭС-2006 изложены требования к информационному обеспечению управления при нормальной эксплуатации, работе с нарушениями нормальной эксплуатации, проектных и запроектных авариях, которые должны реализовываться в составе автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) энергоблока. В состав требований входят стандартные функции АСУ ТП, предназначенные для первичной обработки измерительной информации, организации сигнализаций, организации архивов, предоставления измерительной, расчетной и диагностической информации, контроль состояния критических функций безопасности.

Однако в этом перечне недостает важной для безопасной и надежной эксплуатации оборудования функции – возможности анализа протекания технологического процесса в реальном времени и в перспективе, дающего рекомендации оператору по оптимальному управлению технологическим процессом, особенно, в ситуациях с ограниченным временем принятия решения [1 – 6].

Для решения этой задачи предназначена система интеллектуальной поддержки операторов (СИПО), которая позволит ограничить нагрузки на оператора до уровня, соответствующего возможности адекватной оценки возникшей ситуации [7 – 8].

В 2014 г. НВАЭС, ВНИИАЭС и ООО «Инновационная фирма СНИИП-Атом» приняли решение о разработке в инициативном порядке системы интеллектуальной поддержки оперативного персонала БПУ (СИПО) в составе системы верхнего блочного уровня (СВБУ) энергоблока № 1 НВАЭС-2. В рамках этой работы создана функционирующая в составе СИПО программная модель энергоблока. С целью использования эксплуатационной информации с головного энергоблока проекта АЭС-2006 для валидации модели энергоблока до начала пусконаладочных испытаний на энергоблоке № 1 НВАЭС-2 установлен сервер СИПО, который принимает от СВБУ и архивирует необходимые данные о технологическом процессе.

Полученные данные эксплуатации и испытаний на этапах ввода в промышленную эксплуатацию энергоблока № 1 НВАЭС-2 использованы для корректировки и совершенствования математических моделей процессов системы интеллектуальной поддержки оператора.

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ОПЕРАТОРА

Современные энергоблоки являются объектами с высокой степенью автоматизации. Они оснащаются развитыми системами автоматического регулирования, широким перечнем измеряемых параметров. Несмотря на это роль человека-оператора остается достаточно значимой, так как его ошибочные действия при осуществлении управляющих воздействий, определяемых эксплуатационными и противоаварийными инструкциями, могут привести к негативным последствиям [7].

Ошибки оперативного персонала зачастую проявляются в ситуациях, когда

- информационный поток достигает уровня, значительно превышающего возможности восприятия и реакции оператора;
- стрессовая ситуация или длительная монотонная работа приводят к пропускам или, наоборот, к избыточным действиям при осуществлении управления технологическим процессом [1, 8, 9].

Таким образом, в любых состояниях энергоблока АЭС важно обеспечить оператора достоверной сжатой и полной информацией о состоянии объекта для своевременного диагностирования аномальной ситуации и выдачей рекомендаций по оптимальному решению проблемы [7].

В соответствии с правилами ядерной безопасности ядерных установок атомных станций (ПБЯ РУ АС) в составе управляющих систем нормальной эксплуатации (УСНЭ) и управляющих систем безопасности (УСБ) должна быть предусмотрена система инфор-

мационной поддержки оператора. По мнению авторов, СИПО должна быть способна осуществлять сбор, анализ и обработку данных об объекте, моделирование физических и технологических процессов с выдачей вариантов действий оперативного персонала в реальном времени и решать, как минимум, следующие задачи:

- контроль состояния оборудования, включая диагностику технического состояния оборудования;
- прогноз состояния и изменения параметров оборудования с выдачей оперативных рекомендаций;
- идентификация отклонения от нормальной эксплуатации с указанием причины отклонения;
- оперативный поиск и выдача вариантов действий персоналу по ликвидации и (или) минимизации последствий отклонения;
- анализ работы технологических защит и блокировок, алгоритма работы автоматики в аварийных режимах;
- контроль действий оператора на предмет соответствия инструкциям по эксплуатации и регламентам безопасности;
- помощь оператору при выполнении пошаговых процедур, алгоритмов пуска-останова оборудования, энергоблока [1 – 5].

Для отработки основных решений по интеллектуальной поддержке оператора ООО «Инновационная фирма СНИИП АТОМ» создан макет СИПО, построенный на базе программно-технических средств (ПТС) «Круиз». Основным элементом макета СИПО, отличающим его от большинства информационных систем, является модель основного технологического процесса энергоблока, которую в общем виде можно представить как сумму ее составляющих:

$$\text{СИПО} = A + B + C + D,$$

где *A* – действующая АСУ ТП энергоблока, являющаяся источником первичной информации для СИПО о состоянии оборудования и систем энергоблока, управляющих решений персонала, работе технологических защит и блокировок, инициализации аварийных алгоритмов; *B* – модель энергоблока, предназначенная для анализа оборудования и систем в реальном времени и прогнозирования развития процессов в определенной оператором перспективе, состоящая из нейтронно-физической модели активной зоны реактора, теплогидравлической модели первого и второго контуров энергоблока, модели генератора и основного электрооборудования энергоблока и модели системы контроля и управления; *C* – база данных по состоянию систем, оборудования и действиям персонала при нормальной эксплуатации на основании инструкций по эксплуатации и опыту эксплуатации; *D* – база данных по состоянию систем, оборудования и действиям персонала при отклонениях от нормальной эксплуатации, аварийных ситуациях, авариях на основании инструкций по ликвидации нарушений и регламентов безопасности.

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА

Моделирование протекающих на АЭС технологических процессов традиционно развивалось в двух направлениях: модели для обоснования безопасности и тренажеры. К сожалению, ни одно из этих направлений не дает готового программного решения для задач СИПО. Программы, используемые для обоснования безопасности, как правило, не удовлетворяют требованиям к быстрой реакции, не рассчитаны на непрерывную работу в течение топливной кампании, требуют присутствия квалифицированного расчетчика и изначально ориентированы на получение консервативной, а не максимально близкой к реальности оценки состояния энергоблока. В тренажерах как для расчета нейтронно-физических характеристик активной зоны, так и для моделирования теплогидравлики традиционно используются упрощенные модели [7].

Построенная в рамках СИПО программная модель имеет значительный уровень детализации и отличается высоким быстродействием, что дает возможность адекватно описывать и прогнозировать изменение состояния энергоблока.

Для моделирования процессов переноса нейтронов в активной зоне использован входящий в состав ПТС «Круиз» комплекс нейтронно-физических программ SVS. Данный комплекс предназначен как для крупносеточного, так и для мелкосеточного расчета реакторов, а также для подготовки малогрупповых нейтронно-физических констант. Отличительной особенностью комплекса является прямое решение уравнений переноса нейтронов без использования диффузионного приближения, что позволяет с большей точностью рассчитывать распределение энерговыделения в активной зоне, при этом обеспечивается высокое быстродействие расчетного комплекса [2 – 6].

Для моделирования теплогидравлических процессов в рамках ПТС «Круиз» был разработан специализированный расчетный код. Он использует линейку моделей, описывающих физические процессы с разной степенью детализации, включая двухфазные теплогидравлические модели.

Адаптация расчетно-теоретической модели должна производиться по реальным данным эксплуатации и результатам пусконаладочных испытаний. Для этой цели на первом энергоблоке НВАЭС-2 до начала пусконаладочных испытаний была смонтирована минимальная конфигурация макета СИПО, построенного на базе программно-технических средств (ПТС) «Круиз». Данная конфигурация способна принимать пакетную информацию из системы верхнего блочного уровня (СВБУ), проводить ее обработку и формировать архивы эксплуатационных данных. Своевременная установка комплекса на энергоблок позволила накопить большой объем эксплуатационных данных за время проведения пусконаладочных испытаний, которые в дальнейшем были использованы для адаптации программной модели к энергоблоку. В качестве иллюстрации далее рассматриваются два частных случая настройки элементов модели:

- определение модельных характеристик главных циркуляционных насосов;
- подстройка регуляторов уровня воды в парогенераторах.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛАВНЫХ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ ПО НАКОПЛЕННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ЗАДАЧАМ

Точное моделирование времени выбега насоса и изменения параметров перекачиваемой им среды важно для режимов как нормальной эксплуатации, так и нарушения нормальной эксплуатации и проектных аварий. В режимах нормальной эксплуатации параметры выбега насосов влияют на переходные процессы в контурах энергоблока, например, при штатном включении (отключении) одного из питательных насосов. В первом контуре выбег главных циркуляционных насосных агрегатов (ГЦНА) определяет, как долго и с каким расходом будет обеспечиваться циркуляция теплоносителя через активную зону после срабатывания аварийной защиты.

Для математического описания работы ГЦНА в различных режимах используется модель центробежного насоса с асинхронным электродвигателем. Во время выбега, снижение частоты вращения рабочего колеса совместно с другими агрегатами, установленными на валу насоса, описывается уравнением вращательного движения

$$I \cdot d\omega/dt = M_{\text{eng}} - M_{\text{imp}} - M_{\text{loss}}, \quad (1)$$

где I – суммарный механический момент инерции вращающихся механизмов; ω – угловая скорость, связанная с частотой вращения вала ($\omega = 2\pi n$); M_{eng} – момент, развиваемый электродвигателем на валу насоса; M_{imp} – момент сил сопротивления, действующих на вал со стороны рабочего колеса насоса; M_{loss} – момент сил трения в подшипниках и уплотнениях.

В правой части уравнения находится сумма моментов действующих сил. При отключенном от сети электродвигателе насоса можно принять первое слагаемое в правой части равным нулю. Тогда динамика замедления вращения вала будет определяться соотношением членов M_{imp} и M_{loss} . Момент сил M_{imp} является паспортной характеристикой насоса и вычисляется по его моментной характеристике. Момент диссипативных сил описывается эмпирической зависимостью от частоты вращения

$$M_{\text{loss}} = f(m_1, m_2, m_3, n), \quad (2)$$

где m_1, m_2, m_3 – настроечные коэффициенты. Таким образом, при известных паспортных характеристиках насоса настройка модели сводится к определению коэффициентов m_1, m_2, m_3 .

Результаты моделирования процесса выбега ГЦНА-3 с привлечением математической модели энергоблока получены при значениях коэффициентов $m_1 = 0, m_2 = 200$ и $m_3 = 2.363$ (рис. 1). Как видно из сравнения двух графиков, модельная кривая значительно отличается от архивных данных: насосу требуется значительно большее время для снижения оборотов с номинальных значений до 100 об/мин – 155 секунд против 113 секунд для выбега реального насоса. Полная остановка насоса не происходит даже за 600 секунд, приведенных на графике, в то время как реальный насос останавливается за 230 секунд.

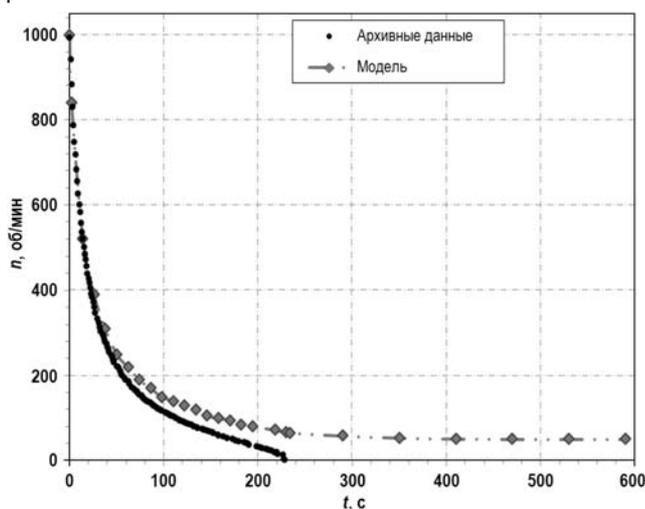


Рис.1. Результаты моделирования процесса выбега ГЦНА-3 для настроечных коэффициентов $m_1 = 0, m_2 = 200, m_3 = 2.363$

Анализ отличий результатов численного эксперимента от эксплуатационных данных позволил произвести корректировку значений коэффициентов. Результаты моделирования выбега ГЦНА при $m_1 = 775, m_2 = 50$ и $m_3 = 1$ показаны на рис. 2.

Как видно из графика, подстроенная модель демонстрирует хорошее совпадение с архивными данными. Время снижения оборотов с номинальных значений до 100 об/мин составило 110 секунд. Полная остановка насоса наблюдается через 235 секунд после отключения электродвигателя.

ТОНКАЯ ПОДСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРОВ УРОВНЯ ВОДЫ В ПАРОГЕНЕРАТОРАХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Не менее важным узлом энергоблока являются регулирующие клапаны на трубопроводах подачи питательной воды в парогенераторы (ПГ). Управление этими клапанами осуществляется автоматизированной системой управления, а именно, основным и пускорезервными регуляторами – наборами алгоритмов, изменяющих положение органов

регулирования в зависимости от текущих теплофизических параметров второго контура.

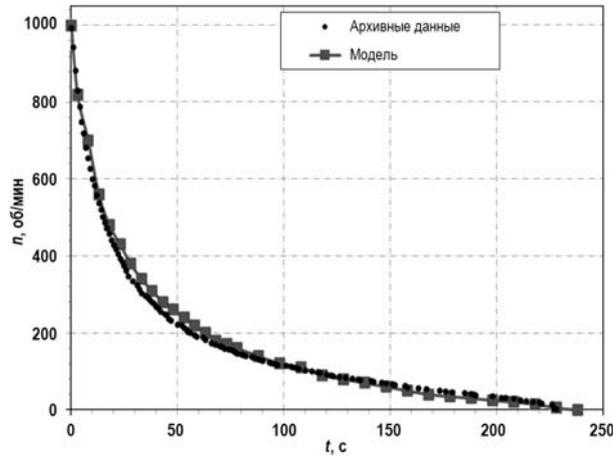


Рис. 2. Результаты моделирования процесса выбега ГЦНА-3 для настроечных коэффициентов $m_1 = 775$, $m_2 = 50$, $m_3 = 1$

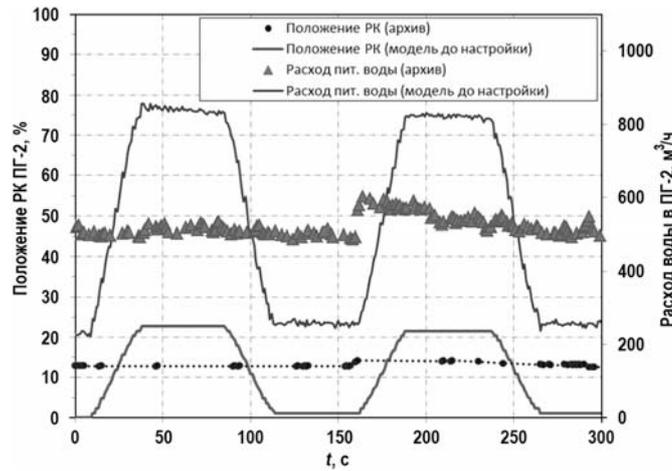


Рис. 3. Моделирование работы основного регулирующего клапана ПГ-2 до настройки модели

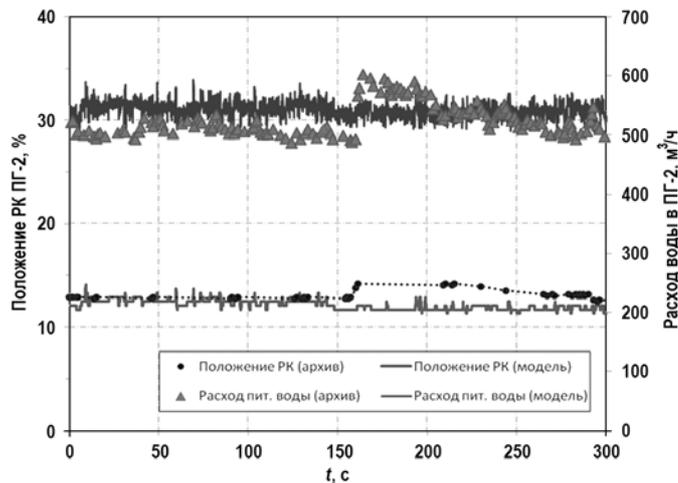


Рис. 4. Моделирование работы основного регулирующего клапана ПГ-2 после настройки модели

Особенностью моделирования регуляторов (и модели АСУ ТП в целом) является то,

что отдельные параметры не только уточняются в процессе пусконаладочных работ, но и претерпевают изменения. В таком случае модель узла регулирования проходит через серию последовательных этапов:

- создание прототипа модели регулятора;
- первичная настройка согласно проектной документации;
- тестирование и подстройка параметров модели по эксплуатационным данным;
- корректировка модели регулятора при изменении его параметров на энергоблоке в процессе пусконаладочных работ.

Для автоматизации данного многоуровневого процесса настройки в составе макета СИПО реализован программный инструмент, позволяющий по эксплуатационным данным определить оптимальные значения настроечных коэффициентов модели регулятора.

Например, в случае основных регуляторов уровня в ПГ на первом этапе была построена модель на основе типовой схемы пропорционально-интегрального регулятора с обратной связью по массовому балансу расхода питательной воды и пара. В результате получилась модель с известной передаточной функцией, зависящей от ряда параметров. Часть параметров была установлена в соответствии с проектной документацией. Оставшиеся параметры, такие как, например, коэффициенты обратной связи, определялись с помощью разработанного программного инструмента.

Результаты численного моделирования работы основного регулирующего клапана ПГ-2 10LAB40AA201 приводятся в сравнении с архивными данными на рис. 3 (до настройки модели) и рис. 4 (после настройки модели). Хорошо видно, что ненастроенный модельный регулятор обеспечивает в среднем такую же подачу питательной воды в парогенератор, как и в реальном процессе на энергоблоке. Однако точность поддержания уровня в парогенераторе будет значительно ниже. Кроме того, значительные периодические перемещения регулятора могут приводить к раскачке теплогидравлических (и, как следствие, нейтронных) процессов на энергоблоке, что противоречит задаче регулирования.

КОНТРОЛЬ ДЕГРАДАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ ЭНЕРГОБЛОКА В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

На этапе пусконаладочных работ производилась настройка модели энергоблока по эксплуатационным данным с помощью вышеописанной методики. В процессе эксплуатации энергоблока неизбежны старение и деградация оборудования. Это может выражаться как в изменении теплогидравлических характеристик отдельных элементов, например, росте гидравлического сопротивления теплообменных аппаратов из-за засорения трубок или повышения температурного напора при снижении коэффициента теплообмена, так и в отказе самих датчиков, являющихся инструментом контроля [10 – 14].

При наличии точек контроля изменение характеристик оборудования легко диагностируется по отклонению параметров от номинальных значений. Аналогично, выход из строя датчиков автоматически фиксируется на уровне типовых программно-технических средств (ТПТС) с установкой соответствующего признака недостоверности поступающего сигнала. Однако возможна ситуация, когда измеренное значение формально удовлетворяет критериям достоверности и при этом не соответствует действительному значению физической величины. Работа СИПО в режиме текущего контроля позволяет однозначно выявить такие неисправные датчики по значительным отклонениям от модельных значений.

Отдельно стоит рассмотреть ситуацию, когда проектом не предусмотрены необходимые точки измерения и снижение характеристик оборудования лишь косвенно влияет на измеряемые параметры оборудования. В этом случае использование математической модели энергоблока позволит выявить отклонение параметров от допустимых значений. Важным свойством СИПО является накапливание и архивирование не только эксплуатационных данных энергоблока, но и большого объема расчетной информации, получа-

емой с помощью математической модели. Привлечение математических методов для обработки массива данных дает возможность на ранней стадии обнаружить дрейф параметров в сторону от номинальных значений [14, 15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время отмечается переход от упрощенных моделей реакторной установки к полноценным моделям всего энергоблока. Подобный уровень детализации моделей, превышающий уровень полномасштабных блочных тренажеров, ранее был недостижим для использования в прогнозировании поведения энергоблока, поскольку накладывал слишком жесткие ограничения по достижимой глубине прогноза из-за низкого быстродействия.

Развитие современных методик численного моделирования, накопление опыта работы и рост вычислительных мощностей позволили создать детальные модели энергоблока, обеспечивающие большую глубину прогнозирования. Привлечение компьютерных систем для обработки информации, полученной с помощью таких моделей, дает возможность не только предсказывать изменение состояния энергоблока на оперативном масштабе времени, но и отслеживать тренды длительных и медленных процессов деградации оборудования.

Накопленные в процессе пусконаладочных работ на блоке № 1 НВАЭС-2 эксплуатационные данные о состоянии и динамике изменения технологических, физических процессов на уровнях мощности от 0 до 100% номинальной мощности при нормальной эксплуатации и отклонениях от нормальной эксплуатации являются бесценным материалом для верификации и валидации математических моделей энергоблока, разработанных для использования в составе систем интеллектуальной поддержки оператора.

Литература

1. Геловани В.А., Башлыков А.А., Бритков В.Б., Вязилов Е.Д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нестандартных ситуациях. – М.: Институт системного анализа РАН, 2001. – 304 с.
2. Лебедев В.Г. Принципы построения интеллектуального интерфейса пользователя для систем поддержки принятия решений оператором. // Проблемы управления. – 2004. – № 3. – С. 43-47.
3. Нечаев Ю.И., Петров О.Н. Информационная поддержка оператора при анализе сложных ситуаций / XIII Всероссийская научно-методическая конференция «ТЕЛЕМАТИКА-2006». – Санкт-Петербург: Государственный морской технический университет, 2007. Электронный ресурс. <http://www.ict.edu.ru/vconf/files/9223.pdf> (дата доступа 26.06.2017).
4. Britkov V.B. Communication Emergency Decision Support Systems Integration. / The International Emergency Management Society Conference National and International Issues Concerning Research and Applications. – Copenhagen, Denmark, 1997. – PP. 395-403.
5. Britkov V.B. Distributed System for Emergency Decision Support With System Analysis And Modern Information Technology Implementation. / Proc. of the International Emergency Management and Engineering Conference. – Montreal, Canada, 1996. – PP. 87-92.
6. Germond A.J., Niebur D. Survey of Knowledge-Based System in Power System Europe. / Proc. IEEE May 1996. – Vol. 80. – No. 5. – PP. 732-744.
7. Kirscher D.S, Wollenberg B.F. Intelligent Alarm Processing in Power Systems. / Proc. IEEE, May 1996. – Vol. 80. – No. 5. – PP. 663-672.
8. Leibowitz J. An Expert System Forecast. // Journal of Information Systems Management. – Spring 1994. – PP. 69-72.
9. Nelson W.B. REACTOR: An Expert System for Diagnosis and Treatment of Nuclear Reactor Accident / Proc. of the II Conference of American Association Artificial Intelligence. – Aug 1983. – PP. 296-301.
10. Shaw R.W. Adapting the RAINS model to develop strategies to reduce acidification in the USSR // Proc. of International Institute for Applied System Analysis. Austria, 1990. – PP. 184-188.
11. Yermeyev A.P. A Parallel Model for a Production System of the Tabular Type // Soviet Journal of Computer and Systems Sciences. – July-August 1991. – Vol. 29. – No. 4. – PP. 80-88.
12. Башлыков А.А. СПРИНТ-РВ – интеллектуальная информационная система реального времени для поддержки принятия решений при управлении режимами работы сложными экологическими объектами.

гически опасными объектами и технологиями на базе промышленных ЭВМ. // Приборы. – 2001. – №2. – С.24-26.

13. *Sobajic D.J., Pao Y.H.* An Artificial intelligence system for power system contingency screening. // IEEE Transaction on Power Systems. – 1988. – Vol. 3. – No. 2. – PP. 647-653.

14. *Rouse W.B.* Models of human problem solving detection, diagnosis and compensation for system failures // Automatica. – 1983. – Vol. 19. – No. 6. – PP. 613-625.

15. *Lee D.T.* Expert Decision-Support Systems for Decision-Making. // Journ. of Information Technology – 1988. – Vol. 3. – No. 2. – PP. 85-94.

Поступила в редакцию 26.06.2017 г.

Авторы

Гусев Игорь Николаевич, заместитель главного инженера по эксплуатации 4 очереди
E-mail: GusevIN@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Соловьев Борис Леонидович, начальник смены блока 4 очереди
E-mail: SolovevBL@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Поваров Владимир Петрович, директор Нововоронежской АЭС, канд. техн. наук
E-mail: PovarovVP@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Кужиль Александр Семенович, председатель совета директоров
E-mail: kuzil@list.ru

Падун Сергей Петрович, главный конструктор по математическому и программному обеспечению
E-mail: spadun@yandex.ru

UDC 621.039.4

USE OF PRE-COMMISSIONING RESULTS TO DEVELOP, TUNE AND VALIDATE THE OPERATOR INTELLIGENT SUPPORT SYSTEM AT UNIT № 1 OF NOVovorONEZH NPP II

Gusev I.N.*, Solovyev B.L.*, Povarov V.P.*, Kuzhil A.S.**, Padun S.P.**

* Branch of JSC «Concern Rosenergoatom» «Novovoronezh Nuclear Power Plant»
1 Promyshlennaya zona Yuzhnaya, Novovoronezh, Voronezh reg.,
396072 Russia

** JSC «SNIIP-Atom». 1 Raspletin st., bldg. 5, Moscow, 123060 Russia

ABSTRACT

The AES-200 power unit control concept contains requirements to the information support of control in different operating modes to be implemented as part of the unit's automated process control system (APCS). The requirements include standard APCS functions intended for the primary processing of measurement data, organization of alarms, arrangement of archives, presentation of measured, calculated and diagnostic data, as well as to monitor the status of critical safety functions.

The list lacks the function that is essential for the safe and reliable operation of equipment. This is the capability to analyze the course of the process in real time and prospectively which makes it possible to provide the operator with the guidance on the best way to control the process, specifically in situations with a limited time available for decision-making.

Therefore, a decision was made in 2014 by Novovoronezh NPP, VNIIAES and JSC «SNIIP-Atom» to develop an operator intelligent support system (OISS) to be a part of the top level system at unit 1 of Novovoronezh NPP II. A software model of the unit was built as part of this work to operate in the OISS.

The fundamentals of the OISS construction are discussed. Operating data obtained in the process of pre-commissioning are used to validate the model.

Two individual cases are considered to illustrate the process of the computational model

adaptation based on test results:

- determination of model characteristics for the reactor coolant pumps;
- fine tuning of the steam generator water level regulators.

The data obtained at the commissioning stage of Novovoronezh II's unit 1 are used to adjust and perfect the OISS mathematical process models.

Key words: OISS, measured parameters, technical state analysis, power unit model, operation data, model validation, unit status change prediction.

REFERENCES

1. Gelovani V.A., Bashlykov A.A., Britkov V.B., Vyazilov E.D. Intellectual decision support systems in emergency situations. Moscow. Institute of System Analysis RAS, 2001, 304 p. (in Russian)
2. Lebedev V.G. Principles of constructing an intelligent user interface for decision support systems by the operator. *Problemy upravleniya*, 2004, no. 3, pp. 43-47 (in Russian).
3. Nechaev Y.I., Petrov O.N. Information support of the operator in the analysis of complex situations. State Marine Technical University of St. Petersburg, 2007. Available at <http://www.ict.edu.ru/vconf/files/9223.pdf/> (accessed Jun 26 2017) (in Russian).
4. Britkov V.B. Communication Emergency Decision Support Systems Integration. The International Emergency Management Society Conference National and International Issues Concerning Research and Applications. Copenhagen, Denmark, 1997, pp. 395-403.
5. Britkov V.B. Distributed System for Emergency Decision Support With System Analysis And Modern Information Technology Implementation. Proc. of the International Emergency Management and Engineering Conference. Montreal, Canada, 1996, pp. 87-92.
6. Germond A.J., Niebur D. Survey of Knowledge-Based System in Power System Europe, *Proc. IEEE*, May 1996, v. 80, no. 5, pp. 732-744.
7. Kirscher D.S., Wollenberg B.F. Intelligent Alarm Processing in Power Systems, *Proc. IEEE*, May 1996, v. 80, no. 5, pp. 663-672.
8. Leibowitz J. An Expert System Forecast. *Journal of Information Systems Management*, Spring 1994, pp. 69-72.
9. Nelson W.B. REACTOR: An Expert System for Diagnosis and Treatment of Nuclear Reactor Accident. Proc. of the II Conference of American Association Artificial Intelligence. Aug. 1983, pp. 296-301.
10. Shaw R.W. Adapting the RAINS model to develop strategies to reduce acidification in the USSR. Proc. of International Institute for Applied System Analysis, Austria, 1990, pp. 184-188.
11. Yermeyev A.P. A Parallel Model for a Production System of the Tabular Type. *Soviet Journal of Computer and Systems Sciences*. July-August 1991, v. 29, no. 4, pp. 80-88 (in Russian).
12. Bashlykov A.A. SPRINT-RV – intelligent information system for real-time decision support when managing complex modes of operation of ecologically dangerous objects and technologies on the basis of industrial computers. *Pribory*. 2001, no. 2, pp. 24-26 (In Russian).
13. Sobajic D.J., Pao Y.H. An Artificial intelligence system for power system contingency screening, *IEEE Transaction on Power Systems*. 1988, v. 3, no. 2, pp. 647-653.
14. Rouse W.B. Models of human problem solving detection, diagnosis and compensation for system failures. *Automatica*. 1983, v. 19, no. 6, pp. 613-625.
15. Lee D.T. Expert Decision-Support Systems for Decision-Making. *Journal of Information Technology*. 1988, v. 3, no. 2, pp 85-94.

Authors

Gusev Igor Nikolayevich, Deputy Chief Engineer

E-mail: GusevIN@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Solov'yev Boris Leonidovich, Head of Shift

E-mail: SolovevBL@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Povarov Vladimir Petrovich, Director of Novovoronezh NPP, Cand. Sci. (Engineering)

E-mail: PovarovVP@nvnpp1.rosenergoatom.ru

Kuzhil Alexander Semenovich, Chairman of the Board of Directors

E-mail: kuzil@list.ru

Padun Sergey Petrovich, Chief Designer at the Mathematical and Software

E-mail: spadun@yandex.ru