

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЙ ЭНЕРГОБЛОКОВ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ

С.Б. Архангельский, В.К. Шемелин

*Кафедра «Компьютерные системы управления»,
ГОУ ВПО Московский государственный
технологический университет «Станкин»;
arkhangel@mail.ru*

Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым

Ключевые слова и фразы: измерение параметров вторичных процессов; контрольно-диагностические процедуры; повышение качества и безопасности; энергоблоки атомных электростанций.

Аннотация: Предложено решение по повышению качества управления и уровня безопасности энергоблоков атомных электростанций в контексте модернизации системы внутриреакторного контроля с использованием диагностики оборудования на основе измерения параметров вторичных статических и динамических процессов.

1. Актуальность

Повышение уровня безопасности и качества управления энергоблоками атомных электростанций (АЭС) является перманентной задачей, поскольку аварии и нештатные ситуации в структуре АЭС могут иметь катастрофические последствия для общества. В этом контексте разработка новых методов и средств по повышению уровня безопасности энергоблоков АЭС является несомненно актуальной задачей.

Цель данной работы – разработать и реализовать в структуре модернизированной системы внутриреакторного контроля (СВРК-М) комплекс методов и средств расширения средств диагностики состояний оборудования не за счет увеличения первичных объектов контроля состояний оборудования (датчиков), а на основе измерения параметров вторичных статических и динамических процессов (рис. 1).

2. Новизна предлагаемых решений

Предлагаемые в статье дополнительные методические и технические средства обеспечения безопасности АЭС, по сравнению с существующими решениями, позволяют повысить надежность процесса диагностики состояний оборудования за счет ввода второго контура контроля состояний оборудования, что несомненно повышает уровень безопасности всего процесса и позволяет повысить качество принятия решений при возникновении нештатных ситуаций.

3. Задачи и функции модернизированной системы внутриреакторного контроля

1. Модернизированная система внутриреакторного контроля обеспечивает контроль и защиту реакторной установки (**РУ**) при работе в режимах нормальной эксплуатации (**НЭ**), при нарушениях нормальной эксплуатации (**ННЭ**) и проектных авариях.

2. Повышение безопасности и эффективности работы РУ обеспечивается путем повышения точности, оперативности и надежности контроля поля энерговыделения в активной зоне и температуры теплоносителя первого и второго контуров. СВРК-М представляет собой автономную, функционально законченную систему, связанную информационными потоками с другими системами АСУ ТП энергоблока (рис. 1) [1].

3. Взаимодействие подсистем можно упростить, условно разделяя их на нижний и верхний уровни. Нижний уровень – аппаратура, принимающая сигналы непосредственно от реактора. Верхний уровень – аппаратура, принимающая данные от нижнего уровня и представляющая информацию оператору.

Целью диагностики с помощью измерительной аппаратуры является получение наиболее полной информации о состоянии и качестве технологического процесса. По результатам наблюдения вырабатываются управляющие воздействия, которые обеспечивают необходимый запас безопасности и устойчивости технологической системы, качество ее функционирования и, соответственно, качество выпускаемого продукта [1].

Поставленная выше задача верхнего уровня по расширению уровня безопасности АЭС с применением средств диагностирования специализированного оборудования на закрытом объекте (АЭС) решается, в частности, на основе разработки диагностического программного обеспечения (**ДПО**) с применением серверного вычислительного устройства (**СВУ**) СВУ-03.

4. Особенности функционирования диагностического программного обеспечения серверного вычислительного устройства

Схема функциональной структуры диагностического программного обеспечения ДПО СВУ-03Р изображена на рис. 2. Блок-схема функций сервера СВУ представлена на рис. 3. Диагностическое программное обеспечение СВУ-03Р производит сбор, обработку и выдачу оператору информации о следующих неисправностях из состава СВУ:

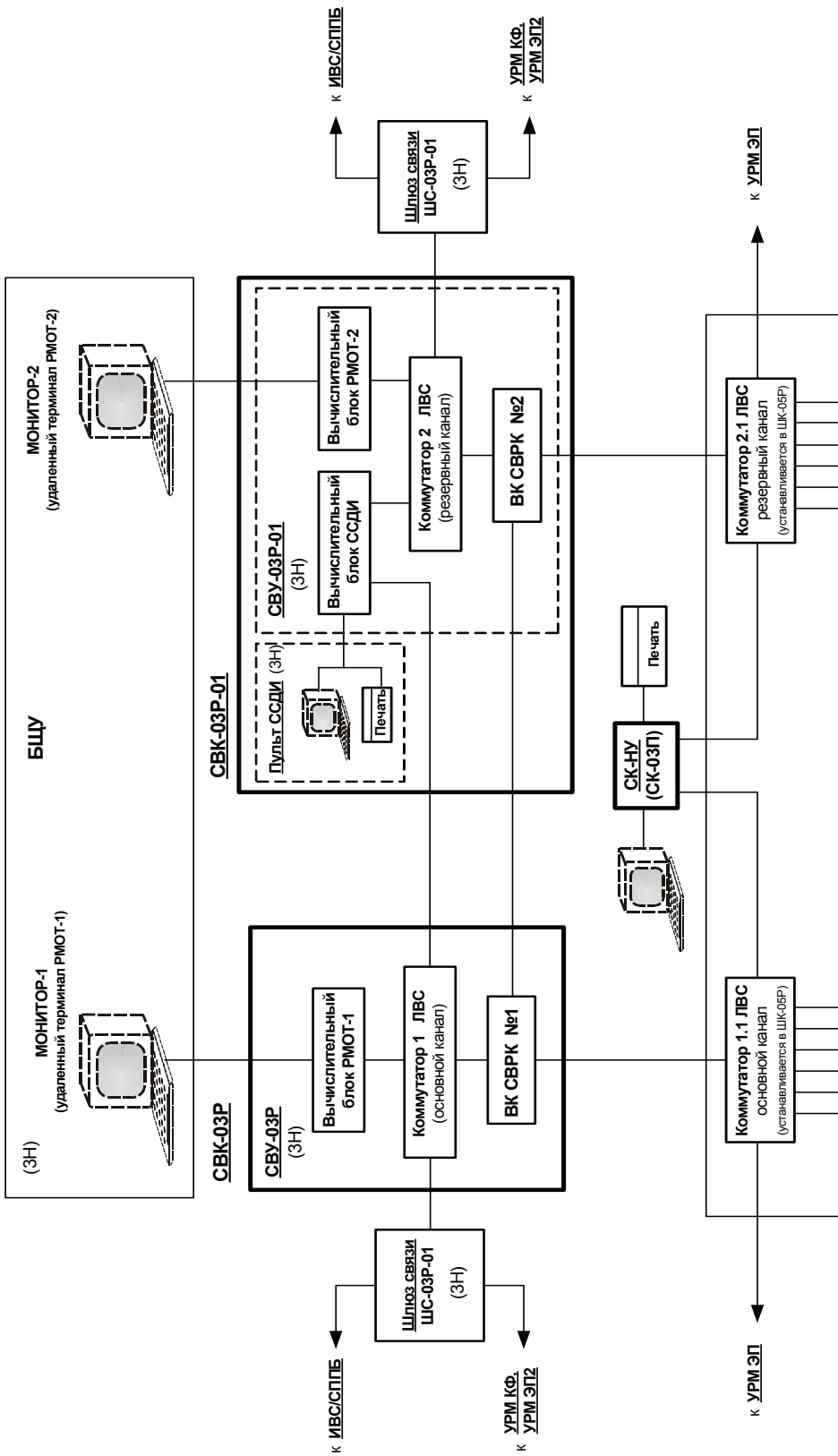
- состояние цепей управления и батарейного питания в источнике бесперебойного питания (**ИБП**): температура, уровень заряда, выходное напряжение, входное напряжение, частота входного и выходного напряжения, мощность на выходе, потребляемая мощность;

- состояние вычислительного модуля (**ВМ**) СВУ: температура процессора; температура системной платы; частота вращения вентиляторов, об/мин; загрузка процессора, %; количество запущенных процессов; состояние и степень заполнения объема RAID-массива **УФС** (устройство файл-серверное) и **НЖМД ВУ** (накопитель на жестких магнитных дисках вычислительного устройства), % от общего объема; состояние блока питания;

- состояние коммутатора сети сервера верхнего уровня (**КС СВУ**): количество переданных данных по каждому из портов; количество ошибок; минимальная, максимальная, средняя скорости передачи данных;

- состояние работы вентиляционного устройства (внутри шкафа) СВУ;

- текущая температура внутри шкафа СВУ;



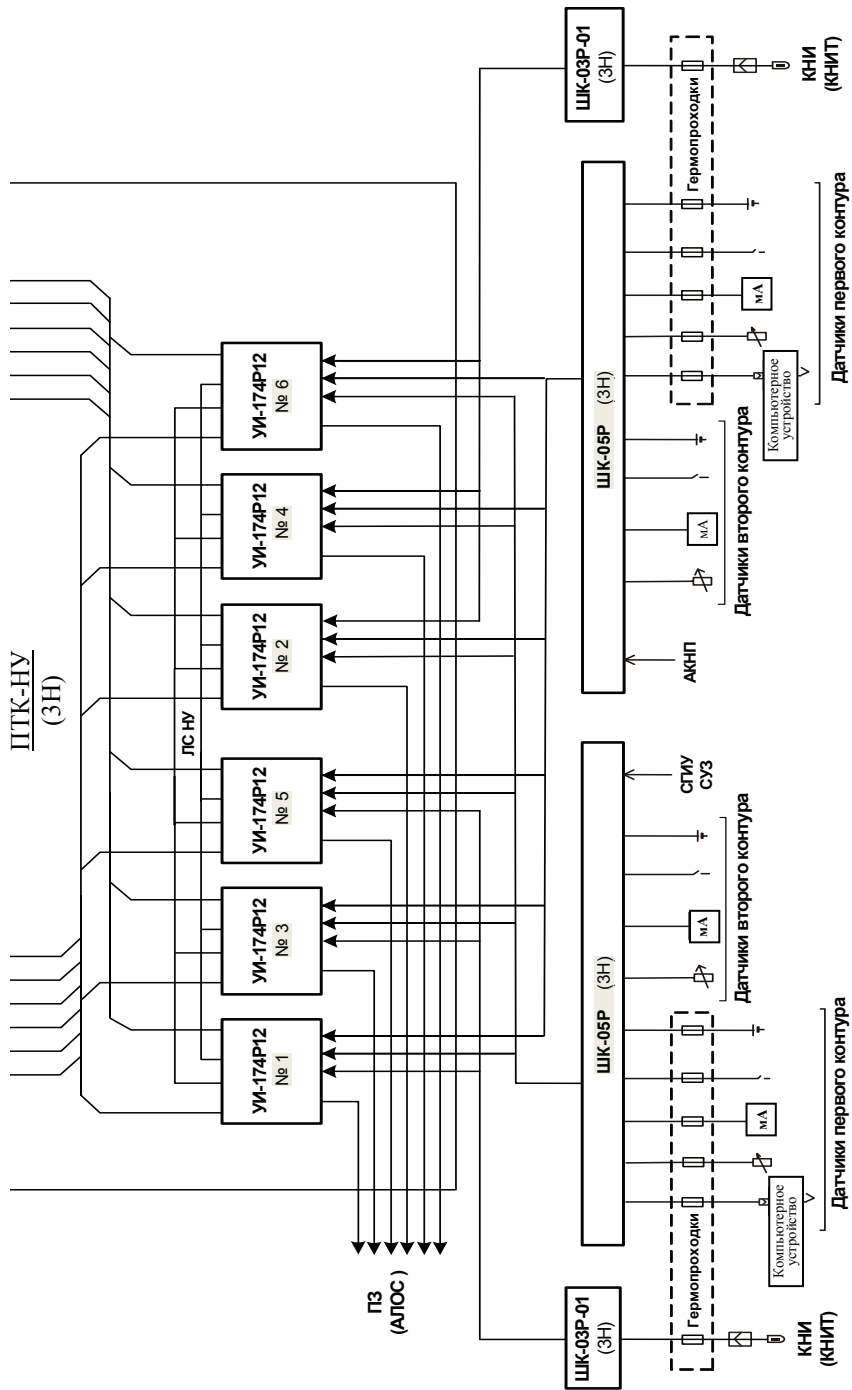


Рис. 1. Схема модернизированной системы внутрисекторного контроля СВРК-М

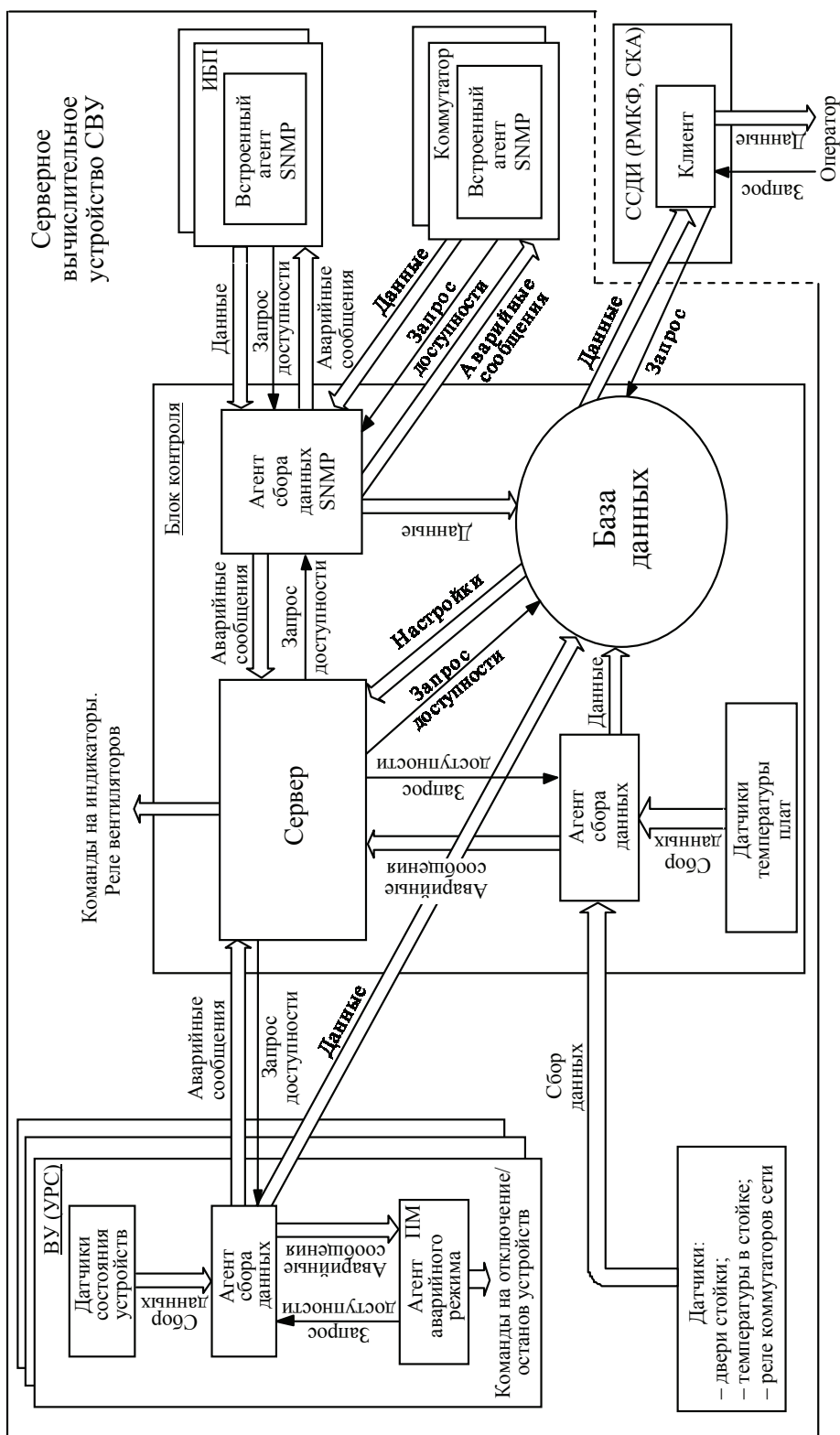


Рис. 2. Схема функциональной структуры ДЮ СВУ-03Р

- состояние положения (открытие/закрытие) передней и задней дверей шкафа СВУ;
- доступность по сети Ethernet модулей (ВУ и УФС);
- состояние БК (температура ЦП).

Описание основных элементов диагностического программного обеспечения

1. Агент сбора данных (см. рис. 2) считывает диагностическую информацию с ВМ СВУ и передает ее в базу данных (БД). В случае, если данные носят критический характер, он шлет аварийное сообщение Агенту аварийного режима.

2. Агент аварийного режима выключает модуль или группу модулей на основании сообщения от Агента сбора данных.

3. Агент SNMP считывает диагностическую информацию с SNMP устройств СВУ (КС и ИБП) и передает ее в БД.

4. Сервер (см. рис. 2) считывает диагностическую информацию БК; включает/выключает индикатор СВУ «Отказ», контролирует доступность ВМ, включать/выключать вентиляционное устройство СВУ; контролирует состояние дверей СВУ; температуру внутри шкафа СВУ. Полученную информацию Сервер передает в БД.

5. База данных хранит собранную диагностическую информацию с указанием времени ее получения.

6. Взаимодействие и работа элементов ДПО скрыты для оператора. Основной программой оператора для работы с ДПО является Клиент ДПО. С помощью графического интерфейса «Клиента ДПО» происходит представление диагностируемой информации оператору. Также через интерфейс ДПО происходит печать полученной информации средствами системного программного обеспечения (СПО).

Уставки диагностического программного обеспечения

Установочные значения (далее – уставки) ДПО представляют собой нижнюю и/или верхнюю границу допустимого значения параметра. Ситуация называется «Норма» (штатная), если ни один из параметров *не* вышел за размер уставки. Ситуация называется «Отказ» (внештатной), если значение одного параметра становится ниже минимальной или выше максимальной уставки. Ситуация «Отказ» происходит также в случае недоступности некоторых параметров и/или устройств. В этом случае значение параметра в интерфейсе Клиента ДПО отображается как «-1».

Оператор получает информацию об отказе следующими путями:

– отображение в интерфейсе Клиента ДПО информации о выходе за пределы уставки значения параметра (или группы параметров) в окне «Протокол превышения уставок»;

– включение индикатора «Отказ» на контрольной панели СВУ;

– отображение информации о выходе за пределы уставки параметра «Пакет обобщенного состояния устройства» доступно в интерфейсе ППО РНЦ-КИ с рабочего места **БЩУ** (блочный щит управления);

После того как значение параметра вернулось в норму (неисправность устранена) информация о выходе за уставки убирается из окна «Протокол превышения уставок» интерфейса Клиента ДПО. Сам факт превышения уставки остается в БД и, при необходимости, оператор может получить требуемую информацию, указав «Имя параметра» и искомое «Время», используя панель «Выбор временного интервала».

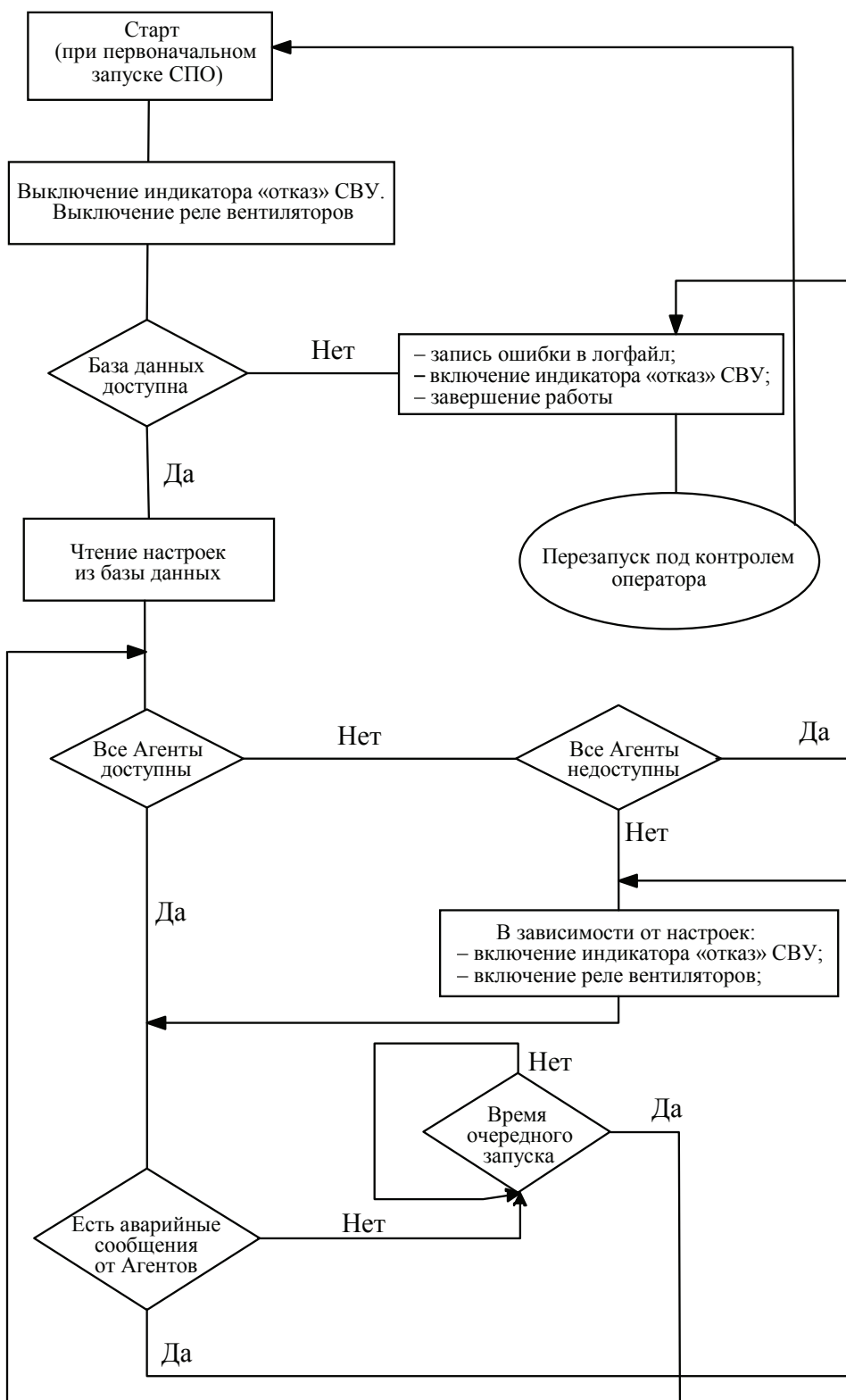


Рис. 3. Схема функциональной структуры Сервера

Уставки ДПО подразделяются на два типа:
– информационные уставки. При выходе значения параметра за пределы уставки возникает ситуация «Отказ»;
– аварийные (критические) уставки. При выходе значения параметра за пределы аварийных уставок возможно необратимое повреждение оборудования. В случае выхода за пределы аварийных уставок выполняется штатное завершение ВМ, группы ВМ, и/или отключение/останов ИБП СВУ.

В штатном режиме Агенты и Сервер стартуют при старте СПО и выгружаются при завершении работы СПО. Взаимодействие Агентов не синхронизировано друг с другом и выполняется по тайм-ауту (по умолчанию 2 мин). Каждый цикл выполнения идет независимо от предыдущего.

Параметр «Обобщенное состояние ВМ» представляет собой совокупное значений всех параметров, которые контролирует Агент сбора данных. Если ни один из этих параметров не вышел за пределы уставки, то значение параметра «Обобщенное состояние ВМ» является нормой. Если хотя бы один из параметров вышел за пределы уставки, то значение «Обобщенное состояние ВМ» ставится «Отказ». Также этот параметр информирует о доступности по сети Ethernet ВМ – если ВМ недоступен значение параметра равно «-1». Кроме Клиента ДПО, информация о данном параметре отображается в интерфейсе ППО РНЦ-КИ на экране БЩУ.

5. Результаты

Установлено, что повышение общего уровня безопасности управления оборудованием атомных электростанций можно достигнуть на основе дополнительного контура безопасности, реализованного в виде диагностического программного обеспечения в рамках модернизации системы внутриреакторного контроля АЭС. При этом достигается возможность расширения параметров контроля, высокая точность обработки информации, широкие возможности ее архивирования, а также возможность дальнейшей модификации системы безопасности. Указанные преимущества созданного ДПО, совместно со специализированным оборудованием – серверным вычислительным устройством типов СВУ-03Р и СВУ-03Р1, реализующим задачи верхнего уровня, подтверждены на практике, и ДПО успешно внедрено в настоящее время на втором блоке Балаковской атомной электростанции.

Список литературы

1. Бобров, В.И. Надежность технических систем : учеб. пособие / В.И. Бобров. – М. : МГУП, 2004. – 236 с.

Application of Multi-Functional Technical Means of Control over Condition of Energy Units of Nuclear Power Stations through Monitoring and Diagnostics System Development

S.B. Arkhangelsky, V.K. Shemelin

*Department "Computer Based Management Systems",
Moscow State Technological University STANKIN;
arkhangel@mail.ru*

Key words and phrases: control and diagnostic procedures; energy units of nuclear power stations; measurement of secondary processes parameters; quality and safety improvement.

Abstract: The paper proposes the solution aimed at the improvement of quality management and safety level of energy units at nuclear power stations in the context of in-core control system modernization using equipment diagnostics on the basis of measuring parameters of secondary static and dynamic processes.

Anwendung der vielfunktionalen technischen Mittel der Kontrolle der Zustände der Energieblöcke der Atomkraftwerke auf Grund der Erarbeitung des Systems des Monitorings und der Diagnostik

Zusammenfassung: Es wird die Entscheidung nach der Erhöhung der Steuerungsqualität und des Sicherheitsniveaus der Energieblöcke der Atomkraftwerke im Kontext der Modernisierung des Systems der Innerreaktorkontrolle mit der Benutzung der Diagnostik der Einrichtung auf Grund der Messung der Parameter der sekundären statischen und dynamischen Prozesse vorgeschlagen.

Application des moyens techniques multifonctionnels du contrôle de l'état des unités de production de l'énergie des centrales nucléaires à la base de l'élaboration du système du monitoring et de la diagnose

Résumé: Est proposée la solution pour l'augmentation de la qualité de la commande et du niveau de la sécurité des unités de production de l'énergie des centrales nucléaires dans le contexte de la modernisation du système du contrôle à l'intérieur du réacteur avec l'utilisation de la diagnose de l'équipement à la base de la mesure des paramètres des processus statiques et dynamiques secondaires.

Авторы: *Архангельский Сергей Борисович* – аспирант кафедры «Компьютерные системы управления»; *Шемелин Владимир Константинович* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Компьютерные системы управления», ГОУ ВПО МГТУ «Станкин».

Рецензент: *Глумов Виктор Михайлович* – доктор технических наук, старший научный сотрудник, Учреждение Российской академии наук, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.
