

## СИСТЕМА ОПЕРАТОР: КОНТРОЛЬ, УПРАВЛЕНИЕ И ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКИМИ И ПРОГРАММНЫМИ СРЕДСТВАМИ АСУ

Семенков К.В., Полетыкин А.Г., Бывайков М.Е., Степанов В.Н.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,*

*Россия, г. Москва ул. Профсоюзная д.65,*

*poletik@inbox.ru*

*Аннотация: Доклад посвящен одной из технологий, реализованных в системе Оператор. Она предназначена для контроля, управления и диагностики технических и программных средств АСУ. Описанные методы и технологии контроля, управления и диагностики были разработаны в ходе создания систем верхнего уровня АСУ ТП АЭС.*

Ключевые слова: АСУ ТП, АЭС, техническая диагностика

### Введение

Система Оператор (далее "Оператор" система) — это интеграционная платформа для АСУ ТП, внесенная в «Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных» Минкомсвязи России (Reg. №. 3290).

О ее назначении, функциях и особенностях реализации, внедрениях для АСУ ТП АЭС см. [1-2].

Доклад посвящен более подробному изложению одной из технологий, реализованных в Оператор. Она предназначена для контроля, управления и диагностики технических и программных средств АСУ.

Необходимость решения перечисленных задач проявляется в АСУ большого объема и сложности с непрерывным режимом эксплуатации.

Активная и пассивная диагностика необходима для оперативного выявления отказов элементов и функций АСУ, а также для обеспечения кибербезопасности: выявления и предотвращения нарушений целостности, доступности и конфиденциальности.

Непрерывный контроль диагностических сигналов со стороны эксплуатирующего персонала, в частности, позволяет вовремя реагировать на отказы, исчерпание ресурсов для того, чтобы вовремя производить ремонты, замены. Без этого невозможно поддержание высокого уровня надежности.

Дистанционное управление необходимо в АСУ, где оборудование распределено по разным помещениям, ограничения физического доступа к приборным стойкам.

### 1 Объекты и способы контроля, диагностики и управления

Для автоматической диагностики и управления аппаратуры низовой автоматики АСУ в Оператор используются специальные шлюзы. Шлюзы настраиваются на особенности конкретных систем низового уровня АСУ. В настоящее время имеются шлюзы с российскими (ТПТС, УКТС) и импортными (SICAM и др.) системами автоматики.

Для автоматической диагностики компонент системного ПО применяются специализированные программы. В частности, такие используются для диагностики NTP-серверов.

Для автоматической диагностики компонент самой Оператор применяется специализированный протокол. Диагностикой охвачены все основные компоненты, включая шлюзы, это позволяет непрерывно контролировать их функциональность (доступность в терминах кибербезопасности). Управление компонентами реализуется при помощи специальных портов, SNMP- и Web-технологий с парольной и механической защитой от несанкционированного доступа.

Система Оператор обеспечивает возможности автоматической диагностики и управления компонент технических средств, которые поддерживают протокол SNMP версий 1 и 3 [**Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.**], например, сетевых коммутаторов, принтеров, источников бесперебойного питания и т.д. Для диагностики программного обеспечения (например, служб операционной системы) по протоколу SNMP в систему Оператор добавлены специализированные программные компоненты.

При помощи специализированных программ, расположенных на элементах вычислительной техники, проводится непрерывная активная диагностика целостности ПО. Эта функция направлена на защиту от случайных ошибок персонала и от кибератак на АСУ.

Автоматическая диагностика конфигурации производится специализированным распределенным комплексом программ при загрузке ПО. Эта функция направлена на исключение ошибок при внесении изменений в ПО.

Все результаты диагностики архивируются и используются для контроля со стороны персонала АСУ. Результаты диагностики отображаются на экранах специализированных рабочих мест (рабочих станций администрирования программных и технических средств, АТПС) в виде мнемосхем, протоколов, графиков, гистограмм и др. способами. Содержимое архивов может просматриваться за 1 год и более.

На рис.1 представлена схема верхнего уровня АСУ ТП АЭС с дублированными рабочими станциями АТПС.

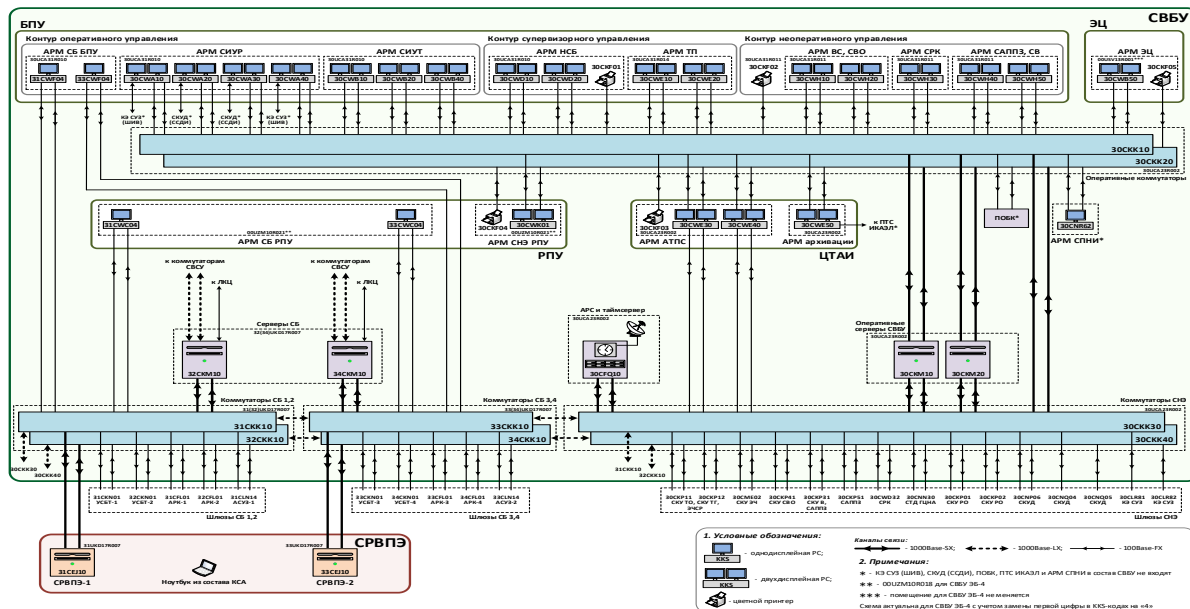


Рис. 1. Схема верхнего уровня АСУ ТП АЭС

## 2 Диагностика через SNMP

Как говорилось выше, внутри системы Оператор используется собственный протокол. В то же время, большинство промышленных устройств поддерживают диагностику по протоколу SNMP. Компонента CENTRIS системы Оператор собирает диагностическую информацию по протоколу SNMP от оборудования и программного обеспечения, конвертирует полученные данные в формат сигналов системы Оператор, передает сигналы для дальнейшей обработки и архивации. CENTRIS обеспечивает непрерывный контроль всех программно-технических средств, включая рабочие станции, серверы, сетевое оборудование, принтеры, внешние дисковые накопители, серверы единого времени и т.д.

Результаты работы выводятся на АРМ АТПС.

ПО CENTRIS обеспечивает:

- контроль состояния технических средств и сетевого оборудования;
- контроль состояния операционной системы;
- диагностику зависаний;
- контроль физического проникновения в приборные стойки;
- контроль целостности программного обеспечения (защита от несанкционированной модификации);
- контроль конфигурации программного обеспечения;
- контроль точности синхронизации времени.

ПО CENTRIS реализовано в виде программного агента, который устанавливается на серверы и рабочие станции АСУ и работает в фоновом режиме. ПО CENTRIS поддерживает работу по протоколам SNMP v1 и v3, а также обработку трапов SNMP v1 (подавляющее большинство современных промышленных устройств поддерживает трапы лишь этой версии).

ПО CENTRIS поддерживает следующие функции:

- периодический (через целое число секунд) запрос определенных параметров диагностической информации по протоколу SNMP v1 или SNMP v3 в асинхронном режиме и прием ответов на запросы;

- прием SNMP-трапов от агентов ПТС;
- преобразование типов данных, определенных в протоколе SNMP, в аналоговые и дискретные сигналы;
- передача сигналов в компоненты Оператор, отвечающие за архивирование и отображение информации;
- запуск на одном компьютере группы из нескольких независимых SNMP-шлюзов с разными идентификаторами;
- ведение журнала событий с возможностью вывода на консоль или в syslog.

Гибкая система настройки позволяет задавать различные варианты передачи сигналов для отображения и архивации:

- безусловная;
- передача сигнала только в случае изменения состояния;
- работа в динамическом диапазоне (для аналоговых сигналов);
- выбор интервала полного безусловного обновления сигналов;
- полное безусловное обновление сигналов по команде системного администратора.

Схема работы CENTRIS показана на рис. 2.

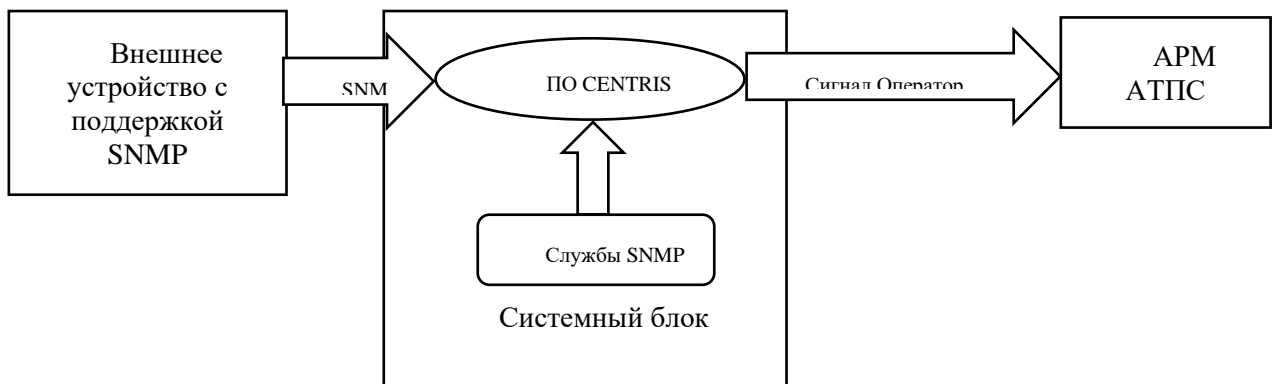


Рис. 2. Схема работы CENTRIS

### 3 Диагностика и управление через шлюзы

Для связи с низовой автоматикой используются специализированные компоненты АСУ. Они позволяют принимать значения аналоговых и дискретных сигналов от аппаратуры низовой автоматике АСУ, передавать их на верхний уровень АСУ, принимать от верхнего уровня команды управления и передавать их в аппаратуру низовой автоматике.

Шлюзы могут изготавливаться как отдельные приборные стойки или представлять собой программы, функционирующие совместно с иными компонентами АСУ ТП.

В любом варианте на шлюзах установлено шлюзовое программное обеспечение из состава Оператор. Подробнее см. [3]. Рис. 3 красной стрелкой иллюстрирует канал передачи информации по контролю и управлению.

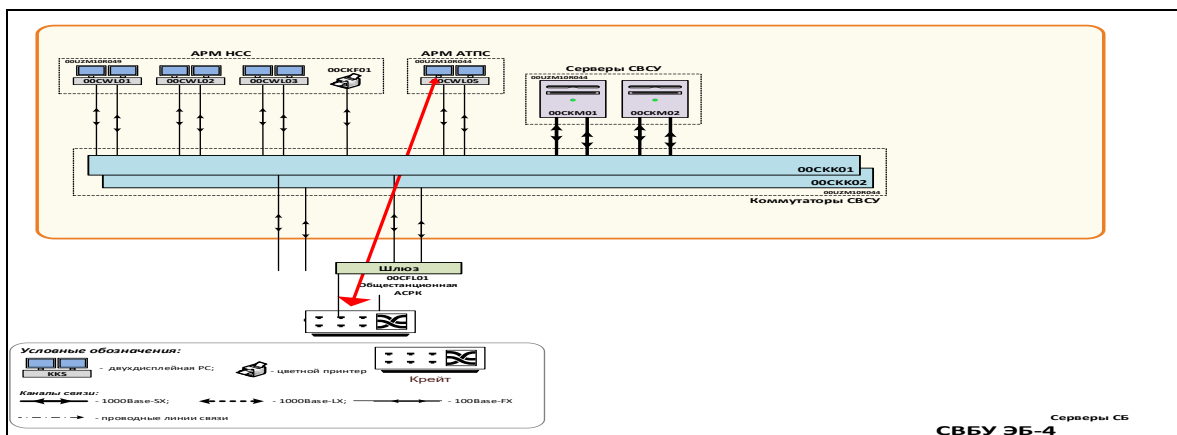


Рис. 3. Каналы контроля управления через шлюзы

#### 4 Диагностика единого времени

Система диагностики контролирует поддержание единого системного времени в рамках верхнего уровня АСУ ТП по протоколу NTP (Network Time Protocol). Для этого агент CENTRIS собирает по протоколу SNMP информацию от сервера синхронизации о его состоянии и источниках синхронизации, а специально разработанные расширения системной службы SNMP выдают с серверов и рабочих станций информацию о состоянии системной службы NTP и расхождении локальных часов компьютера с источником синхронизации. Данная информация передается на АРМ АТПС, где при выходе рассинхронизации за пороговые значения выдается сигнализация.

#### 5 Диагностика сети Ethernet

В системе Оператор особое внимание уделяется диагностике сети Ethernet. Она может диагностировать пропадание соединения в портах коммутаторов и сетевых картах компьютеров, несоответствие фактических Ethernet-подключений проектным (в т.ч., из-за несанкционированного подключения устройства в сеть), извещать об ошибках сети на канальном уровне (L2).

Для компьютеров и коммутаторов на этапе проектирования задаются карты подключения сетевых портов, где каждому порту приписывается два параметра: административный статус (порт должен быть включен или выключен) и операционный статус (должно быть активное соединение или нет). В ходе эксплуатации от оборудования запрашиваются соответствующие свойства SNMP и при расхождении фактических данных с картой портов выдается соответствующий сигнал.

Анализируя статистику по портам коммутаторов, система Оператор диагностирует следующие виды ошибок сети на канальном уровне: несовпадение режимов дуплексности, перегрузка канала по входящему или исходящему трафику, аппаратные проблемы в канале, ведущем к порты.

#### 6 Диагностика основных компонент Оператор

К основным компонентам Оператор относятся серверное ПО, ПО рабочих станций и ПО шлюзов, которые предназначены для архивирования информации и обеспечения оперативного персонала возможностями контролировать и управлять технологическим процессом.

Основные компоненты включают специализированные модули программ, которые собирают сведения о вычислительном процессе, формируют дейтаграммы и периодически посылают их по протоколу UDP в АРМ АТПС.

Дейтаграммы содержат следующую информацию:

- наличие отказов,
- временные параметры циклов обработки информации.

В АРМ АТПС дейтаграммы принимаются и обрабатываются специальной компонентой Оператор, которая выполняет роль шлюза.

Рис . 5 иллюстрирует работу диагностики основных компонент Оператор.

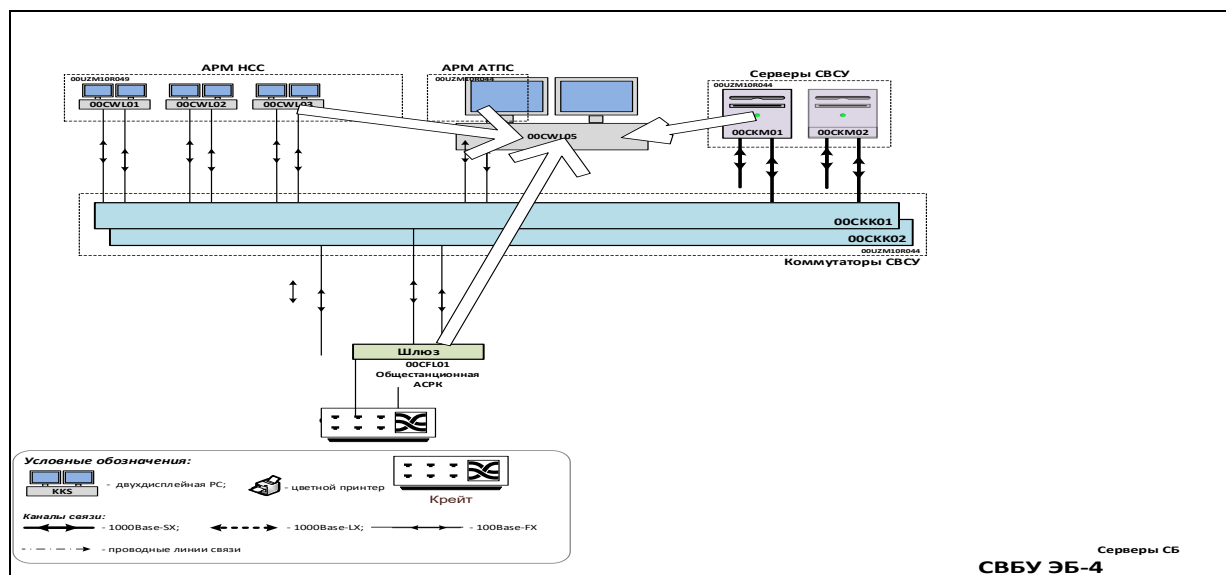


Рис. 5. Поток диагностической информации от основных компонент Оператор

Контроль за наличием отказов и временными параметрами внутри программ является отличительной чертой технологии Оператор. Это позволяет диагностировать процессы деградации вычислительной мощности компьютеров, непосредственно влияющие на потребительские свойства АСУ.

## 7 Диагностика целостности и конфигурации

Системы контроля целостности и конфигурации, внедренные на уровне системного ПО, выдают по протоколу SNMP информацию о нарушении целостности или несоответствии между установленной конфигурацией ПО и требуемой. В системе Оператор отдельно контролирует целостность и конфигурацию трёх групп ПО: системного ПО, рабочего ПО, рабочих баз данных. ПО CENTRIS запрашивает соответствующие SNMP-свойства у серверов и рабочих станций, и на АРМ АТПС при нарушении целостности или конфигурации выводится сигнализация.

Управление компонентами ПО и приборами верхнего уровня АСУ и шлюзов

Для управления используются Web-технологии и SNMP.

Общий алгоритм работы состоит в следующем:

1. Оператор вызывает страницу на Web-браузере с кнопками и полями для ввода команд управления. Это могут быть команды (за)перегрузки отдельных компонент ПО, reboot, shutdown и т.п.
2. Производится аутентификация и авторизация пользователя. В зависимости от конкретных требований кибербезопасности применяется однофакторная или двухфакторной аутентификации с использованием механических и/или электронных устройств.
3. Производится ввод задания на управление. Оно может включать одну или несколько команд.
4. Нажатие кнопки «Submit» инициирует к Web-серверу.
5. Запрос инициирует процесс передачи шифрованных команд управления по SNMP на целевые приборы. Это могут быть рабочие станции, серверы, коммутаторы и т.п.
6. В приборах запросы дешифруются и исполняются.

## Заключение

Описанные методы и технологии контроля, управления и диагностики были разработаны в ходе создания систем верхнего уровня АСУ ТП АЭС. Опыт эксплуатации составляет в сумме более 30 лет на разных АЭС.

Сейчас Оператор существует как нишевый продукт для применения на АЭС. Однако мы уверены, что Оператор можно применять и в других АСУ, включая АСУ для управления сложными программно-техническими комплексами.

## Литература

1. Бывайков М.Е., Жарко Е.Ф., Зуенкова И.Н., Менгазетдинов Н.Э., Полетыкин А.Г., Прангишвили И.В., Промыслов В.Г. Опыт проектирования и внедрения системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС // Автоматика и телемеханика. 2006. Т. 5. С. 65-79.
2. Прокофьев В.Н., Коган И.Р., Кориунов А.С., Фельдман М.Е., Кольцов В.А. Комплекс работ по созданию первой управляющей системы верхнего блочного уровня АСУ ТП для АЭС «Бушер» на основе отечественных информационных технологий. Мю: ИПУ РАН, 2013. – 95 с. [https://www.ipu.ru/sites/default/files/page\\_file/busher.pdf](https://www.ipu.ru/sites/default/files/page_file/busher.pdf)
3. Бывайков М.Е., Полетыкин А.Г., Степанов В.Н., Сахабетдинов И.У. Программный интерфейс между верхним и нижним уровнями автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) атомной электростанции (АЭС). опт. диск (CD-ROM). М.: ИПУ РАН, 2021. – 113 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46544720>
4. Case J., Fedor M., Schoffstall M., Davin J. A Simple Network Management Protocol // Request for Comments 1157, 1990. <https://www.ietf.org/rfc/rfc1157.txt?number=1157>
5. Case J., Harrington D., Presuhn R., Wijnen B., Levi D., Meyer P. et al. Internet Standard 62, 2002, <https://www.rfc-editor.org/info/std62>