

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБМЕНА ДАННЫМИ В АСУ ТП АЭС

Бывайков М.Е.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия

lab31.5@mail.ru

Аннотация. Рассматривается задача диагностики обмена данными между элементами систем верхнего и нижнего уровня АСУ ТП АЭС. Предлагаются методы и алгоритмы диагностики программно-технических средств элементов АСУ ТП АЭС в части обмена данными.

Ключевые слова: атомная электростанция (АЭС), автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), системы верхнего и нижнего уровней АСУ ТП АЭС, диагностика программно-технических средств, обмен данными.

Введение

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергоблоков атомных электростанций (АЭС) включает системы нижнего уровня (СНУ), выполняющие функции автоматического контроля и управления технологическими процессами энергоблоком АЭС, и систему верхнего уровня (СВУ), выполняющей функции интегрирующего ядра АСУ ТП. В данной работе рассматриваются АСУ ТП АЭС, система верхнего уровня которых реализована с использованием программного продукта [1,2], разработанного в Институте проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской академии наук. Далее будем называть этот программный продукт программным обеспечением (ПО) СВУ.

Для обеспечения надежного функционирования АСУ ТП АЭС необходима диагностика обмена данными между элементами систем СВУ и СНУ. ПО СВУ включает систему администрирования технических и программных средств (АТПС), выполняющую функции диагностики программно-технических средств (ПТС) элементов АСУ ТП АЭС.

Данная работа содержит краткое описание методов и алгоритмов диагностики ПТС обмена данными между элементами АСУ ТП для энергоблоков АЭС «Бушер-1» (Иран), «Куданкулам-1,2» (Индия), введенных в эксплуатацию, и для строящихся энергоблоков «Куданкулам-3,4».

1. Диагностика связей при обмене данными в АСУ ТП АЭС

На рис.1 представлена схема обмена данными в АСУ ТП АЭС между N систем нижнего уровня (СНУ) и системой верхнего уровня (СВУ) [1,2].

Программное обеспечение (ПО) СНУ [3,4] включает:

- ПО, выполняющее функции автоматического контроля и управления технологическими процессами энергоблоком АЭС и установленное на технических средствах приборных стоек СНУ из состава программно-технических комплексов (ПТК) СНУ;
- ПО шлюзов [5], используемых для обмена данными между ПО СНУ и ПО СВУ, включенных в состав ПТК) СНУ.

Программно-технические средства (ПТС) шлюзов обмениваются данными с ПТК СВУ через локальную вычислительную сеть (ЛВС) СВУ.

ПО СВУ включает:

- ПО серверов СВУ;
 - ПО рабочих станций (РС) СВУ.
- ПО серверов СВУ выполняет функции:
- прием данных от ПО шлюзов СНУ;
 - оперативное обновление базы данных, описывающей текущее состояние технологических процессов энергоблока АЭС;
 - запись в архив данных, принятых от шлюзов СНУ;
 - подготовка и передача в ПО РС оперативных данных о состоянии энергоблока АЭС;
 - прием от РС СВУ команд управления технологическим оборудованием энергоблока АЭС и передача этих команд управления в ПО шлюзов СНУ.

M рабочих станций СВУ входят в ПТС автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов – специалистов, выполняющих контроль и управление технологическими процессами энергоблока АЭС.

ПО РС СВУ выполняет функции:

- прием данных от ПО серверов СВУ;
- представление оператору данных о текущем состоянии технологических процессов энергоблока АЭС;
- передача в ПО серверов команд управления технологическим оборудованием энергоблока АЭС, введенных операторами на АРМ.

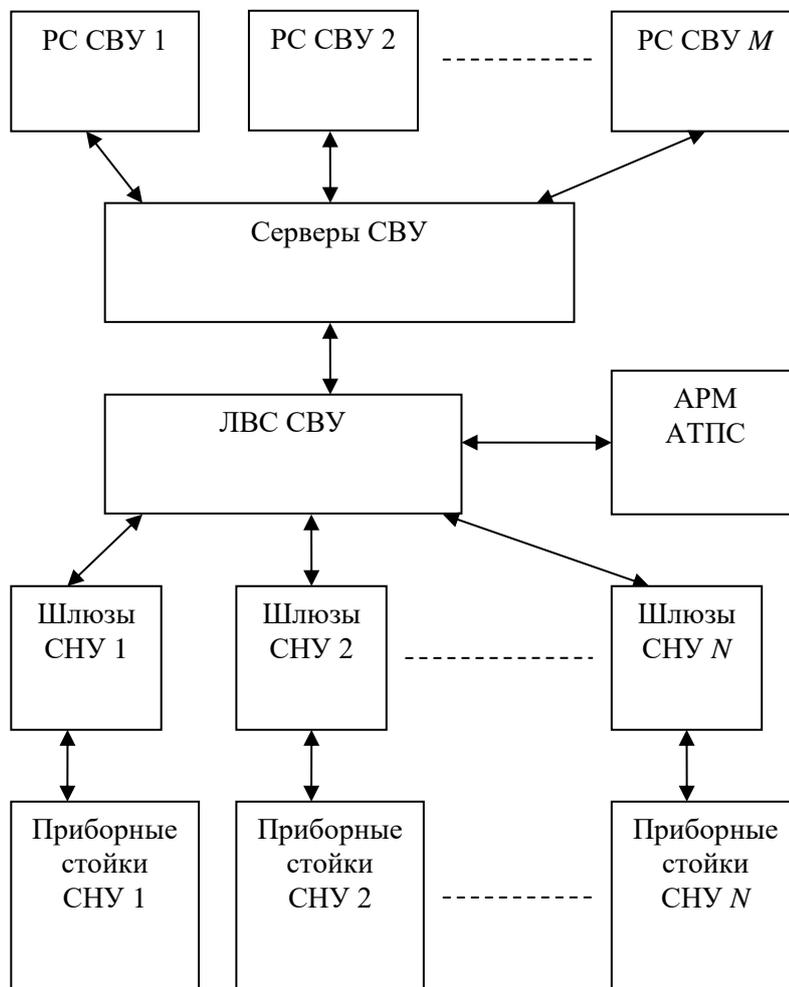


Рис. 1. Схема обмена данными между ПТК СВУ и ПТК СЧУ АСУ ТП АЭС

ПТК СВУ включает систему администрирования технических и программных средств (АТПС) АСУ ТП АЭС, выполняющей функции диагностики элементов АСУ ТП АЭС.

ПО сервера АТПС и ПО рабочей станции АТПС установлены на одном техническом средстве РС АТПС. Основная и резервная РС АТПС, входят в состав АРМ администратора АСУ ТП АЭС.

На рис.2 представлена схема передачи диагностических пакетов данных от ПО элементов АСУ ТП АЭС в ПО АТПС.

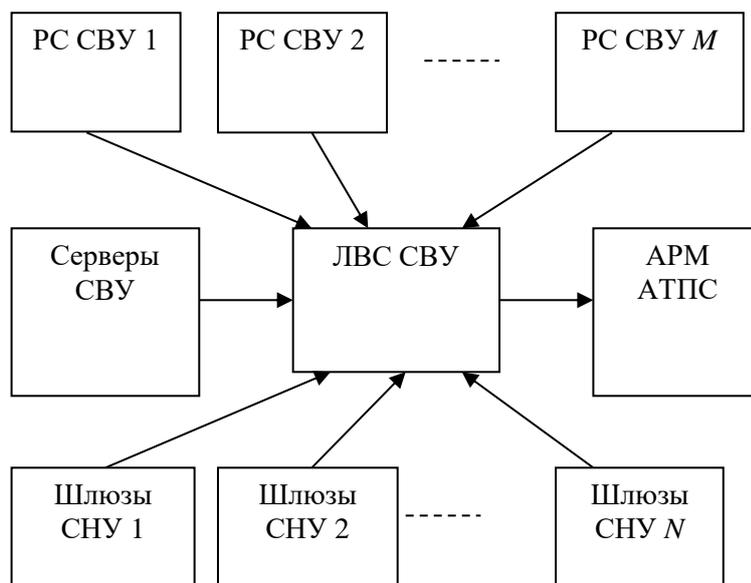


Рис. 2. Схема передачи диагностических пакетов данных в АТПС СВУ

ПО шлюзов СНУ:

- получает от ПО приборных стоек соответствующей СНУ диагностические данные о состоянии систем автоматического контроля и управления технологическими процессами энергоблоком АЭС и передает эти данные в ПО серверов АТПС;
- передает в ПО серверов АТПС диагностические данные о своем состоянии (самодиагностику),
- включающую данные о состоянии каналов обмена данными с ПТС приборных стоек СНУ.

ПО серверов СВУ передает в ПО АТПС диагностические данные о состоянии каналов обмена данными со шлюзами СНУ.

ПО РС СВУ передает в ПО АТПС диагностические данные о состоянии каналов обмена данными с серверами СВУ.

2. Методы диагностики обмена данными для систем нижнего уровня АСУ ТП АЭС

На рис.3 представлена схема передачи диагностических сообщений о резервированном обмене данными между ПО K приборных стоек одной из СНУ и ПО L серверов СВУ АСУ ТП АЭС. Диагностические сообщения одновременно передаются в ПО основной и резервной РС АТПС.

ПО шлюза включает [5]:

- стандартное шлюзовое программное обеспечение (ШИПО), не зависящее от конкретной СНУ;
- специализированное ПО шлюза, разрабатываемое для конкретной СНУ.

Специализированное ПО шлюза обменивается данными:

- со стандартным ШИПО;
- с ПО K приборных стоек СНУ по основному и резервному каналам связи.

Специализированное ПО шлюза передает в стандартное ШИПО диагностические данные, включающие следующую информацию:

- признаки неисправностей основного и резервного функциональных модулей приборных стоек СНУ в части связей с технологическим оборудованием энергоблока АЭС;
- признаки неисправностей для основного и резервного каналов обмена данными между шлюзом и каждой из приборных стоек СНУ;
- внутреннюю диагностику о признаках неисправностей ПТС шлюза.

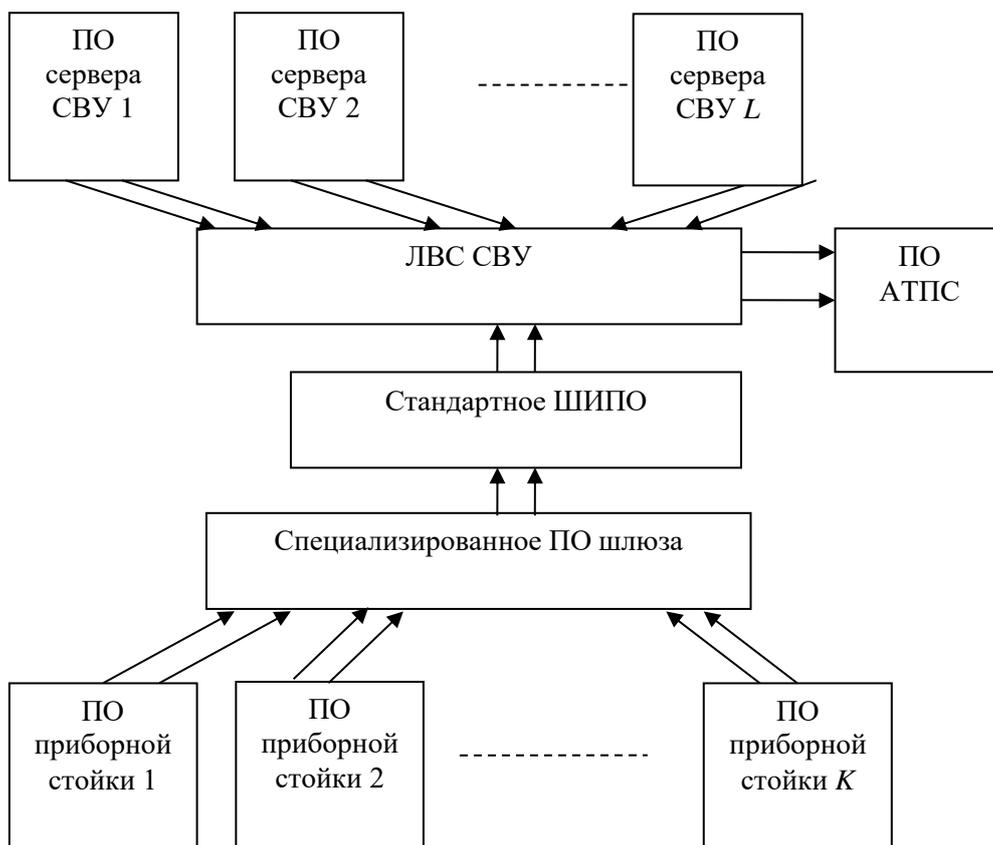


Рис. 3. Схема передачи диагностических сообщений в АТПС для ПТК одной из СЧУ АСУ ТП АЭС

При отсутствии (потере) связи с приборной стойкой СЧУ одновременно по основному и резервному каналам обмена данными специализированное ПО шлюза устанавливает признаки недостоверности для всех данных, поступающих в шлюз от этой приборной стойки.

Стандартное ШИПО обменивается данными:

- со смежным (резервным) специализированным ПО шлюза по внутри-шлюзовому каналу связи;
- с ПО L серверов СВУ;
- с ПО основного и резервного ПТС АТПС.

Стандартное ШИПО передает в ПО АТПС диагностические данные, включающие следующую информацию:

- диагностические данные, полученные от специализированного ПО шлюза;
- признаки неисправностей основного и резервного каналов обмена данными с серверами СВУ;
- внутреннюю диагностику о признаках неисправностей ШИПО.

3. Методы диагностики обмена данными для систем верхнего уровня АСУ ТП АЭС

На рис.4 представлена схема передачи диагностических сообщений о резервированном обмене данными между ПО M рабочих станций (РС) СВУ и ПО L серверов СВУ АСУ ТП АЭС. Диагностические сообщения одновременно передаются в ПО основной и резервной РС АТПС.

ПО серверов СВУ передает в ПО АТПС диагностические данные, включающие следующую информацию:

- признаки неисправностей каналов обмена данными со шлюзами СЧУ;
- внутреннюю диагностику о признаках неисправностей ПО сервера.

ПО рабочих станций (РС) передает в ПО АТПС диагностические данные, включающие следующую информацию:

- признаки неисправностей каналов обмена данными с серверами СВУ;
- внутреннюю диагностику о признаках неисправностей ПО РС.

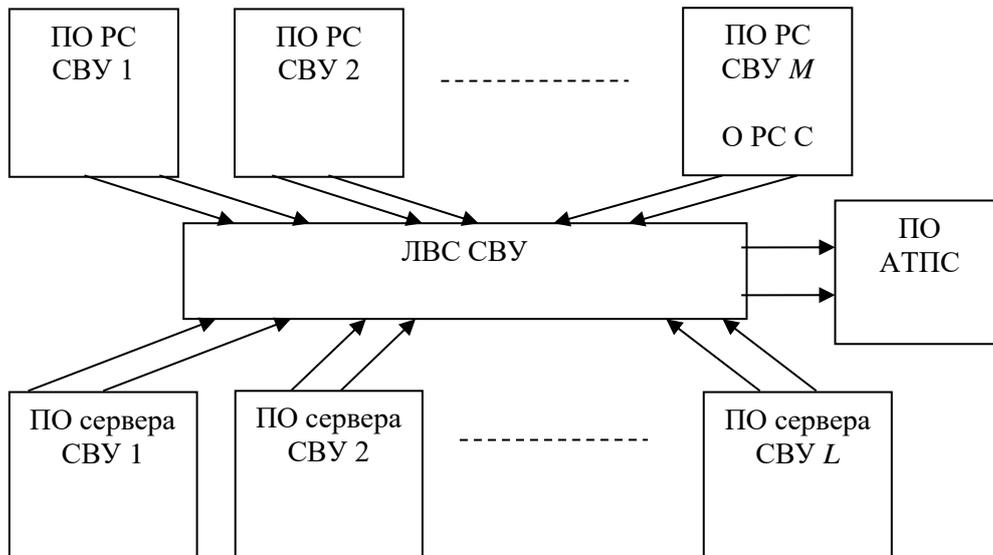


Рис. 4. Схема передачи диагностических сообщений в АТПС для ПТК СВУ АСУ ТП АЭС

Признаки неисправностей каналов обмена данными по серверов с ПО шлюзов СЧУ включают:

- признаки отсутствия (потери связи) с основным и резервным шлюзами СЧУ;
- признаки несоответствия версий баз данных ПО сервера и баз данных основного и резервного ПО шлюзов СЧУ.

При отсутствии (потере) связи с ПО шлюза одновременно по основному и резервному каналам обмена данными ПО сервера устанавливает признаки недостоверности для всех данных, поступающих в ПО СВУ от этого ПО шлюза.

Признаки неисправностей каналов обмена данными ПО РС с ПО серверами СВУ включают:

- признаки отсутствия (потери связи) с основным и резервным серверами СВУ;
- признаки отсутствия (потери связи) с серверами СВУ по основной и резервной ЛВС СВУ;
- признаки несоответствия версий баз данных ПО РС и баз данных основного и резервного серверов СВУ.

Методы диагностики обмена данными в АСУ ТП АЭС в части кибербезопасности рассмотрены в [6].

4. Диагностика временных характеристик обмена данными

Важным признаком исправности обмена данными в ПО АСУ ТП АЭС является выполнение требования, что задержки по времени при передаче данных из СЧУ в СВУ не превышают пороговых значений. Эти временные задержки зависят от потоков данных – количества сигналов (элементов данных) [5], передаваемых за единицу времени.

Обозначим

$f_{ij}(t)$ - количество сигналов, которые ПО i -ой СЧУ ($i = 1, 2 \dots N$) передало в ПО СВУ через j -й шлюз ($j = 1, 2 \dots n(i)$) в дискретный момент времени t , где $n(i)$ – количество шлюзов для i -ой СЧУ.

В ПО АТПС рассчитывается суммарная оценка потока сигналов для всего энергоблока АЭС

$$F(T) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{n(i)} \sum_{t=T_0}^T (f_{ij}(t)/(T - T_0)) \quad (1)$$

где T – время последней диагностической посылки в АТПС; T_0 – время предыдущей диагностической посылки в АТПС; $(T - T_0)$ – период диагностических посылок. Если

$$F(T) \leq F_{\max} \quad (2)$$

где F_{\max} - пороговое значение, установленное согласно техническим требованиям АСУ ТП, то оператор АТПС получает соответствующее предупредительное сообщение.

Диагностика ПО шлюзов включает расчет диагностического параметра

$c_{ij}(t)$ - времени цикла работы ПО j -го шлюза i -ой СЧУ в дискретный момент времени t и передачу в АТПС статистической оценки

$$C_{ij}(T) = \max_{t=T_0, \dots, T} c_{ij}(t) \quad (3)$$

Если $C_{ij}(T)$ превышает пороговое значение C_{\max} , то оператор АТПС получает соответствующее предупредительное сообщение.

Диагностика ПО РС СВУ включает расчет диагностического параметра

$d_{ijk}(t)$ - времени задержки передачи тестового сигнала от ПО j -го шлюза i -ой СЧУ для k -ой РС СВУ ($i = 1, 2 \dots M$) в дискретный момент времени t .

Статистическая оценка

$$D_k(T) = \max_{i=1, \dots, N} (\max_{j=1, \dots, n(i)} (\max_{t=T_0, \dots, T} d_{ijk}(t))) \quad (4)$$

характеризует временные задержки передачи данных от ПО шлюзов до отображения информации на k -ой РС СВУ.

5. Заключение

В данной работе применительно к АСУ ТП АЭС, предложены методы диагностики обмена данными между элементами программно-технических средств. Рассмотрены схемы передачи диагностических посылок в систему администрирования АСУ ТП АЭС и алгоритмы обработки диагностической информации.

Рассмотренные методы и схемы диагностики обмена данными можно рекомендовать для использования не только в АСУ ТП АЭС, но также в автоматизированных системах контроля и управления другими сложными техническими объектами.

Литература

1. Бывайков М.Е., Жарко Е.Ф., 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, N 5. – С. 65-79.
2. Полетыкин А.Г., Жарко Е.Ф., Менгазетдинов Н.Э., Промыслов В.Г. Новое поколение систем верхнего уровня и концепция Industry 4.0 // Материалы Десятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSД 2017. – М.: ИПУ РАН, 2017. – Т.1. – С. 101-107.
3. Бармаков Ю.Н. Средства автоматизации, разрабатываемые ВНИИА в рамках программы развития атомной энергетики России // Автоматизация в промышленности, 2006, N 8. – С. 49-51.
4. Мирошник Ю.М., Овчинников В.Н., Пелеганчук Ю.И., Пронякин А.В., Семичастнов В.О., Фельдман М.Е., Шермаков В.Е. Управляющая система безопасности АЭС // Ядерные измерительно-информационные технологии, 2004, N 1. – С. 17-29.
5. 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) [Электронный ресурс]: монография. – М.: ИПУ РАН, 2021. – ISBN 978-5-91450-254-3.
6. Промыслов В. Г., Акимов Н. Н., Абдулова Е. А., Голубев П. А., Жарко Е.Ф. и др. Оценка риска и обеспечение кибербезопасности атомных электростанций [Электронный ресурс]: монография. – М.: ИПУ РАН, 2022. – ISBN 978-5-91450-262-8.