

УДК 621.311.002.51

# ШЛЮЗОВЫЕ КАНАЛЫ ОБМЕНА ДАНЫМИ ДЛЯ СИСТЕМ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ АСУ ТП АЭС

**М.Е. Бывайков**

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

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: [poletik@ipu.ru](mailto:poletik@ipu.ru)

**Ключевые слова:** атомная электростанция (АЭС), автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), система верхнего уровня, программное обеспечение, шлюзовой интерфейс.

**Аннотация:** Рассматриваются методы разработки программных шлюзовых каналов обмена данными между системой верхнего уровня (СВУ) и смежными системами нижнего уровня (СНУ), входящими в АСУ ТП АЭС. Описываются структура передаваемых пакетов данных и способы обмена пакетами данных в шлюзовом программном интерфейсе.

## 1. Введение

Одной из основных частей автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) атомных электростанций (АЭС) является система верхнего уровня (СВУ). В данной работе рассматривается программный продукт [1, 2], разработанный в Институте проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской академии наук. Далее будем называть этот программный продукт программным обеспечением (ПО) СВУ. Важный этап проектирования АСУ ТП АЭС состоит в разработке программных каналов обмена данными между ПО СВУ и ПО смежных систем нижнего уровня (СНУ) АСУ ТП, реализуемых на базе различных программно-технических средств автоматизации.

В состав смежных СНУ АСУ ТП АЭС входят шлюзы, предназначенные для связи с СВУ. Программные шлюзовые каналы предназначены для выполнения функций обмена данными между ПО СВУ и ПО смежных СНУ.

В данной работе рассматриваются методы разработки программных шлюзовых каналов обмена данными для программного интерфейса между ПО СВУ и ПО смежных СНУ АСУ ТП на примере совместного функционирования СВУ и средств автоматизации нижнего уровня «Типовые программно-технические средства» (ТПТС), которые разрабатываются и изготавливаются Всероссийским научно-исследовательским институтом автоматики им. Н.Л.Духова РосАтома [3]. ТПТС использованы в значительной части СНУ АСУ ТП энергоблоков АЭС «Бушер-1» (Иран) и «Куданкулам-1,2» (Индия), введенных в эксплуатацию.

## 2. Структура связей ПО СВУ и ПО СНУ АСУ ТП АЭС

ПО СВУ обменивается данными с ПО СНУ АСУ ТП АЭС в двух направлениях:

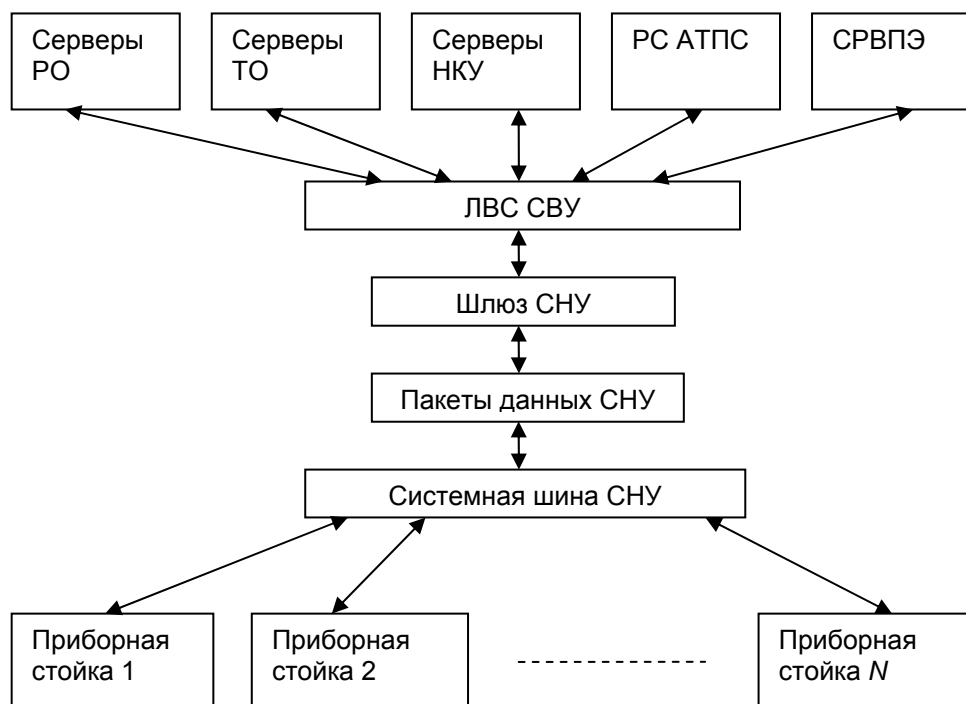
- получает от ПО СЧУ АСУ ТП АЭС оперативную информацию о состоянии технологических процессов АЭС с целью предоставления этой информации операторам (специалистам, осуществляющим контроль и управление технологическими процессами АЭС), а также с целью архивирования этой информации;
- передает в ПО СЧУ команды управления, введенные операторами.

На рис. 1 представлена схема обмена данными между ПО  $N$  приборных стоек СЧУ и ПО, установленном на следующих технических средствах СВУ [1, 2]:

- сервера реакторного отделения (РО);
- сервера турбинного отделения (ТО);
- сервера неоперативного контура управления (НКУ);
- рабочих станциях (РС) системы администрирования технических и программных средств (АТПС);
- системе регистрации важных параметров эксплуатации (СРВПЭ).

Для обмена данными между ПО шлюза и ПО приборных стоек СЧУ используются информационные сообщения (пакеты данных), посылаемые из ПО приборных стоек СЧУ в ПО шлюза и в обратном направлении.

Связь технических средств СВУ со шлюзами осуществляется с использованием локальной вычислительной сети (ЛВС) СВУ, реализованной на базе сети Ethernet. Для связи шлюзов с техническими средствами приборных стоек СЧУ используется системная шина СЧУ [3].



**Рис. 1.** Схема обмена данными между ПО СВУ и ПО СЧУ.

Состав СЧУ АСУ ТП зависит от конкретного энергоблока АЭС. Рассмотрим связи ПО СВУ со СЧУ на базе ТПТС на примере энергоблока АЭС «Бушер-1» (Иран). ПО СВУ обменивается данными с ПО следующих СЧУ на базе ТПТС:

- системой контроля и управления (СКУ) реакторного отделения;
- управляющей системой безопасности технологической;
- СКУ турбинного отделения;

- СКУ электрической части;
- СКУ спецводоочистки;
- СКУ системы вентиляции;
- системой автоматической противопожарной защиты.

### 3. Структура шлюзовых каналов обмена данными

Для контроля и управления технологическими процессами АЭС в ПО СВУ используются следующие основные типы объектов:

- датчик аналогового параметра;
- датчик дискретного параметра;
- сигнализация (аварийная, предупредительная и др.);
- запорная арматура;
- насос;
- регулирующая арматура;
- регулятор;
- переключатель.

Описания состояний технологических объектов содержатся в базах данных ПО СВУ и ПО СЧУ. При обмене информацией между ПО СВУ и ПО СЧУ основными элементами данных являются аналоговые и дискретные сигналы [4].

Возможны следующие способы передачи пакетов данных из ПО СЧУ в ПО шлюза и из ПО шлюза в ПО СЧУ:

- циклическая передача сигналов из ПО СЧУ в ПО шлюза;
- событийная передача сигналов из ПО СЧУ в ПО шлюза;
- передача сигналов из ПО СЧУ по запросу ПО шлюза;
- передача сигналов из ПО шлюза в ПО СЧУ по команде оператора СВУ.

Циклическая передача выполняется с заданным периодом времени и включает все сигналы в пакетах данных этого типа. Событийная передача включает передачу только изменений сигналов (событий): изменений значений сигналов или признаков недостоверностей сигналов, устанавливаемых при потере связи с источником сигнала.

Изменением значения аналогового сигнала является увеличение или уменьшение соответствующего параметра на величину, которая превышает апертуру сигнала, устанавливаемую с целью фильтрации шумов (случайной составляющей) значения параметра. Изменением дискретного сигнала является смена значения соответствующего параметра на противоположное.

На рис. 2 представлена структура типов пакетов данных.

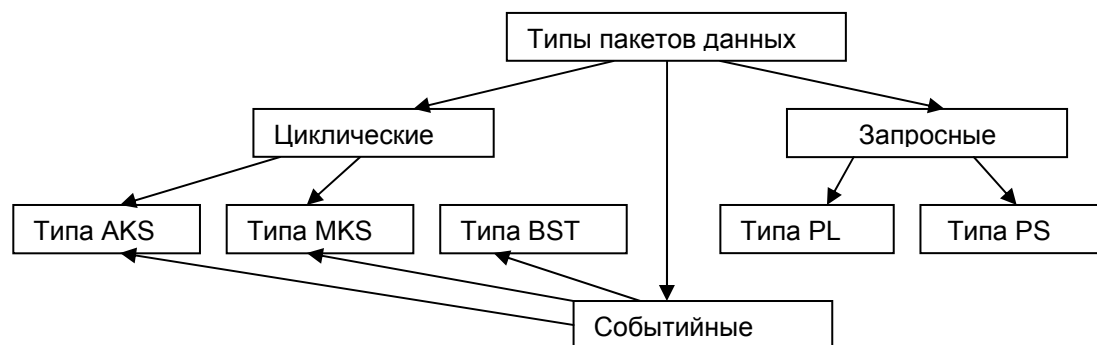


Рис. 2. Структура типов пакетов данных

Для передачи данных из ПО СЧУ в ПО шлюза используются следующие типы пакетов данных (в обозначениях, принятых в ТПТС):

AKS – аналоговые сигналы, передаваемые циклически или событийно;

MKS – дискретные сигналы, передаваемые циклически или событийно;

BST – дискретные сигналы, передаваемые событийно;

PL – аналоговые или дискретные сигналы, передаваемые в ответ на запрос ПО шлюза.

Для передачи команд управления операторов из ПО шлюза в ПО СЧУ используются пакеты данных типа PS - аналоговые или дискретные сигналы, передаваемые по запросам из СБУ.

Алгоритмы обмена данными между ПО шлюза и ПО приборных стоек СЧУ реализован с учетом большого количества сигналов в базе данных СЧУ в условиях ограничений на интенсивность потока данных по системной шине СЧУ. В качестве основного способа обмена пакетами данных типа AKS и MKS используется событийная передача. Циклический способ передачи пакетов данных типа AKS и MKS используется для тех же сигналов в качестве дополнительного (резервного) способа передачи с целью предотвращения возможной потери актуальности информации в ПО СБУ в результате потери пакета данных, переданного событийно.

Пакеты данных типа BST могут передаваться только событийным способом. В качестве резервного способа передачи сигналов, включенных в пакеты данных типа BST, используются запросные пакеты данных типа PL.

Часть сигналов может поступать в ПО шлюза только в запросных пакетах данных типа PL. Источником запросов пакетов данных типа PL из ПО шлюза служат запросы из ПО СБУ информации, необходимой оператору в текущий момент времени. ПО шлюза посылает в ПО СЧУ запросы пакетов данных типа PL циклически в течение всего интервала времени, когда соответствующая информация необходима оператору.

## 4. Проектирование обмена пакетами данных с учетом загрузки системной шины СЧУ

В процессе проектирования АСУ ТП энергоблока АЭС и последующих пусконаладочных работ необходимо установить параметры программных шлюзовых каналов обмена данными, включая:

- количество шлюзов в СЧУ;
- распределение сигналов по шлюзам;
- периоды для циклической передачи сигналов.

Одно из основных требований при таком проектировании состоит в том, чтобы поток данных (объем информации, передаваемый в единицу времени) по системной шине СЧУ не превышал максимально допустимую загрузку шины. Введем обозначения для максимально возможных потоков данных различных типов:  $A$  – для циклической передачи пакетов,  $B$  – для событийной передачи пакетов,  $C$  – для передачи пакетов по запросу. Тогда требование к загрузке системной шины СЧУ можно записать в виде:

$$A + B + C \leq D,$$

где  $D$  – максимально допустимая загрузка системной шины СЧУ.

Постоянный во времени поток данных в пакетах, поступающих циклически:

$$A = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M (V_{nm} / P_{nm}),$$

где  $V_{nm}$  – объем информации для  $m$ -го передаваемого циклически пакета данных ( $m = 1, 2 \dots M$ )  $n$ -го типа ( $n = 1, 2 \dots N$ );  $P_{nm}$  – период передачи этого пакета данных.

Максимальные потоки данных в пакетах, передаваемых событийно, наблюдаются во время переходных технологических процессов энергоблока АЭС (плановый пуск/останов реактора, срабатывание аварийной защиты и т.д.). Максимально возможный поток данных в пакетах, поступающих событийно:

$$B = \sum_{n=1}^N \left( \max_{k=1,2,\dots,K} (S_{nk} / T_k) \right),$$

где  $S_{nk}$  – суммарный объем информации для передаваемых событийно пакетов данных  $n$ -го типа ( $n = 1, 2 \dots N$ ), поступающих в ПО шлюза в течение  $k$ -го переходного технологического процесса энергоблока АЭС ( $k = 1, 2 \dots K$ );  $T_k$  – длительность (по времени) этого переходного технологического процесса.

Максимальные потоки пакетов данных, передаваемые по запросу, зависят от максимального объема информации, которую оператор СВУ может запросить в единицу времени, используя одну рабочую станцию СВУ, и от количества рабочих станций [1, 2]. Максимально возможный поток данных в пакетах, передаваемых по запросам:

$$C = \sum_{n=1}^N \sum_{l=1}^L (U_{nl} + R_{nl}),$$

где  $U_{nl}$  – максимальный поток данных, поступающих в пакете  $n$ -го типа ( $n = 1, 2 \dots N$ ), в ответ на запрос оператора с  $l$ -ой рабочей станции СВУ ( $l = 1, 2 \dots L$ );  $R_{nl}$  – максимальный поток данных, посылаемых в пакете  $n$ -го типа из ПО шлюза в ПО СЧУ в результате ввода команд управления оператором на  $l$ -ой рабочей станции СВУ.

## 5. Заключение

Рассмотренные методы разработки каналов обмена данными между ПО СВУ и ПО СЧУ реализованы в виде алгоритмов ПО шлюзов СЧУ с использованием языка программирования С.

Многолетний опыт внедрения рассмотренных методов позволяет рекомендовать их разработчикам не только АСУ ТП АЭС, но также автоматизированных систем контроля и управления другими сложными техническими объектами.

## Список литературы

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. № 5. С. 65-79.
2. Менгазетдинов Н.Э., Бывайков М.Е., Зуенков М.А., Промыслов В.Г., Полетыкин А.Г. и др. Комплекс работ по созданию первой управляющей системы верхнего блочного уровня АСУ ТП для АЭС «Бушер» на основе отечественных информационных технологий [Электронный ресурс]: монография. М.: ИПУ РАН, 2013. ISBN 978-5-91450-130-0.
3. Бармаков Ю.Н. Средства автоматизации, разрабатываемые ВНИИА в рамках программы развития атомной энергетики России // Автоматизация в промышленности. 2006. № 8. С. 49-51.

4. Бывайков М.Е., Акафьев К.В., Байбулатов А.А., Зуенкова И.Н. База данных системы верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС: структура и методика разработки // Ядерные измерительно-информационные технологии. 2014. № 4. С. 24-31.