

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ АСУТП АЭС: ЗАЩИТА И УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЕЙ

Полетыкин А.Г., Байбулатов А.А., Акафьев К.В., Бывайков М.Е., Жарко Е.Ф.,
Промыслов В.Г., Семенков К.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
poletik@inbox.ru, bajbulatov@mail.ru, acafyev@mail.ru, ipu31@mail.ru, zharko@ipu.ru, vp@ipu.ru,
semenkovk@ipu.ru

Аннотация. Рассмотрена задача внесения изменений в прикладное программное обеспечение систем верхнего блочного уровня АСУТП АЭС. Приведены краткие сведения о прикладном программном обеспечении, раскрыты основные идеи методики внесения изменений, представлена характеристика системы подготовки данных для автоматизированного внесения изменений.

Ключевые слова: прикладное программное обеспечение, внесение изменений, система подготовки данных, система верхнего блочного уровня, АСУТП, АЭС.

Введение

Характерной особенностью управления промышленными объектами повышенной опасности является исключительно важная роль третьего уровня классической пирамиды автоматизации [1] или, в соответствии с отечественной терминологией, верхнего уровня автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), который не только собирает, объединяет и обрабатывает данные от всех систем нижнего уровня, но и ввиду «воздушного зазора» выполняет, фактически, роль более высоких уровней – автоматизированных систем управления предприятием (АСУП), связанных с управлением производством в целом.

Для объектов атомной энергетики системы верхнего уровня АСУТП проектируются индивидуально для каждого энергоблока (ЭБ) и называются системами верхнего блочного уровня (СВБУ). Как интегрирующий уровень АСУТП АЭС [2] СВБУ выполняет функции по объединению информации от систем нижнего уровня, передаче команд оператора по управлению технологическими процессами и оборудованием, контролю состояния АСУТП и др.

В СВБУ можно выделить два основных уровня – это коммуникационный уровень и уровень программно-технических средств (ПТС), состоящие из программного обеспечения (ПО) и технических устройств различного назначения. В ПТС, соответственно, как составные части входят рабочее программное обеспечение (РПО) и системное программное обеспечение (СПО), представляющие набор ключевых файлов определенной конфигурации, а также часть программного обеспечения, которое отвечает за настройку РПО на объект управления, включая человеко-машинный интерфейс (ЧМИ), за которым работает оператор. В настоящее время ЧМИ СВБУ компьютеризирован, а основная информация и средства управления представлены в цифровом виде. Исключительная важность РПО связана с тем, что оно необходимо для реализации каждой из функций СВБУ; кроме того, оно является основой ЧМИ СВБУ.

РПО полагается на две другие составляющие системы: РПО и СПО для реализации основных функций управления конкретным объектом. РПО реализует базовые функции управления для одного класса объектов управления, в литературе также иногда РПО называют «платформой» или SCADA. СПО предоставляет общий интерфейс для взаимодействия РПО с техническими средствами системы. Характерной частью СПО, не всей, является операционная система.

Интегрирующий характер СВБУ обуславливает характерные особенности РПО: во-первых, делает его сложным и объемным, поскольку СВБУ объединяет данные от множества разнородных систем нижнего уровня, и, во-вторых, приводит к необходимости его многократных изменений, поскольку после модификаций технических и программных средств каждой из систем нижнего уровня РПО системы верхнего уровня должно также меняться. В соответствии с ГОСТ Р 59193- 2020 «Конфигурация: Структурированная совокупность функциональных, физических и эксплуатационных характеристик (свойств) предполагаемого к разработке, разрабатываемого или существующего объекта, описываемая в зависимости от контекста и стадии его жизненного цикла в документации конфигурации».

Возникает задача внесения в РПО, РПО и СПО изменений. Ввиду комплектности СВБУ и большого объема, задача внесения изменений достаточно сложна. Для решения задачи внесения в программное обеспечение изменений необходима соответствующая методика, а для ее реализации –

автоматизированные средства внесения изменений и специализированный программно-технический комплекс (ПТК), объединяющий эти средства и подготавливающий данные для внесения изменений – ПТК системы подготовки данных (СПД) и программное обеспечение управления конфигурацией (VERIFY).

Введем следующие определения:

- Совокупность компонентов программного обеспечения СВБУ (ППО, РПО, СПО) установленных на компьютере (программно-техническом средстве (ПТС)) будет называться элементом конфигурации (ЭК), а под конфигурацией программного обеспечения СВБУ (ППО, РПО, СПО) понимается размещение ЭК на ПТС.
- Под эталоном элемента конфигурации (эталон) понимаются копии утвержденных ЭК РПО, СПО, ППО с которыми сравниваются соответствующие ЭК.
- Под санкционированным изменением ЭК понимается его модификация штатным образом.
- Под несанкционированным изменением ЭК понимается его модификация (включая удаление) нештатным образом.
- Под защитой ЭК понимается препятствование его изменению нештатным образом.
- Под целостностью ЭК понимается неизменность штатного места его размещения на жестком диске, его содержимое и атрибуты.

В составе СВБУ VERIFY предназначен:

- Для управления конфигурацией в виде автоматической периодической и разовой сверки загруженного программного обеспечения СВБУ (ППО, РПО, СПО) относительно эталона.
- Для управления целостностью в виде автоматической периодической и разовой сверки целостности конфигурации загруженного программного обеспечения СВБУ (ППО, РПО, СПО) и защите программного обеспечения от несанкционированных изменений.
- Для управления изменениями (обновлениями) эталона программного обеспечения.
- Для автоматизированного обновления загруженного программного обеспечения СВБУ (ППО, РПО, СПО) при изменении эталона.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН), лаборатория 31, более 30 лет занимается разработкой систем верхнего блочного уровня АСУТП АЭС. За это время созданы три различные реализации СВБУ для зарубежных АЭС: «Бушер» (Иран), «Куданкулам» ЭБ-1,2 и «Куданкулам» ЭБ-3,4 (Индия). Для каждой реализации разработано ППО, а для внесения в него изменений составлена методика и спроектирован ПТК системы подготовки данных.

Доклад посвящен прикладному программному обеспечению СВБУ разработки ИПУ РАН и решению задачи внесения в него изменений.

1. Прикладное программное обеспечение систем верхнего блочного уровня

1.1. Исторический обзор

Историю прикладного программного обеспечения можно проследить с конца прошлого века, когда в 1989 году в ИПУ РАН зародился язык логического программирования, который был назван ABIS. С самого момента возникновения язык ABIS был предназначен для организации большого объема вычислений схожих логических алгоритмов с разными типами данных [3]. Для выполнения операций с данными в языке ABIS была выбрана наиболее популярная в то время и удобная реляционная модель.

Будучи развитым средством высокоуровневого программирования, язык ABIS нашел широкое применение в разработках программного обеспечения (ПО), предназначенного для решения задач СВБУ. Сначала на языке ABIS было написано рабочее ПО (РПО) – программное обеспечение, на котором реализованы основные функции СВБУ.

Немного позже язык ABIS стал основой баз данных СВБУ, уникальность которых заключается в том, что информация в них не только изменяется сама в процессе работы АЭС, но и вызывает изменение технологического процесса, т.е. базы данных СВБУ позволяют осуществлять не только мониторинг технологического процесса, но и управление им. По этой причине базы данных СВБУ получили название рабочих баз данных (РБД). Благодаря языку ABIS рабочие базы данных имеют реляционную логическую структуру.

Позднее, для визуализации информации, содержащейся в РБД, были введены видеокadres – графическое представление различной информации о производственном процессе.

В результате, РБД и множество видеокadres составили основу ППО. Для каждой реализации СВБУ в ИПУ РАН разработано уникальное ППО.

1.2. Базы данных

Рабочие базы данных состоят из частей, которые называются проектами [4]. Проекты делятся на исходные и инсталляционные. Как следует из названия, исходные проекты – это начальное или промежуточное состояние РБД. Интегрирующий характер СВБУ определяет состав исходных проектов: поскольку СВБУ собирает данные от всех систем нижнего уровня, исходные проекты создаются по этим системам, а именно, для каждой системы нижнего уровня определены отдельные исходные проекты. Инсталляционные проекты – это окончательное состояние РБД для установки на программно-технические средства (ПТС) СВБУ: серверы и рабочие станции. Инсталляционные проекты создаются на основе исходных с помощью процедур объединения.

Структурно в каждом проекте выделены отдельные разделы-тома, которые условно названы комбинациями заглавных латинских букв: AB, ES, DB, DAQ, ADM [4]. Каждый из томов предназначен для хранения и работы с определенной информацией РБД. В частности, имеются отдельные тома для описания видеокадров, характеристики оборудования систем нижнего уровня, представления значений аналоговых параметров, актуальности сигнализации и состояния оборудования, диагностической информации систем нижнего уровня и СВБУ.

1.3. Видеокадры

Другая составная часть ППО, видеокадры – это основное средство ЧМИ, которое использует оператор для работы с информацией, содержащейся в РБД. На видеокадрах элементы оборудования и сигналы «привязаны» к различным пиктограммам.

Обычно видеокадры в зависимости от назначения делятся на технологические, которые служат для контроля и управления технологическим процессом, и диагностические, которые выводят диагностическую информацию об оборудовании систем нижнего уровня и СВБУ.

Также, в зависимости от степени обобщения представляемой информации, видеокадры бывают частные и обзорные. Частные видеокадры отображают информацию о небольшой части технологического процесса или отдельной единице оборудования. Обзорные, или обобщенные, видеокадры выдают обобщенную информацию о технологическом процессе или диагностику по целому помещению.

По способу визуализации информации видеокадры представляют собой векторные чертежи. Для подготовки видеокадров используются средства автоматизированного проектирования. Разрабатываются видеокадры в формате dwg. Для работы в составе ППО и «привязки» информации РБД видеокадры преобразуются в открытый текстовый формат dxf.

2. Задача внесения в ППО изменений и смежные задачи

Одной из ключевых особенностей ППО является необходимость многократных изменений. Причины заключаются в том, что в процессе разработки, ввода в эксплуатацию и эксплуатации системы нижнего уровня модифицируются: изымается старое и вводится новое оборудование, выявляются и устраняются ошибки, изменяется перечень информации, передаваемой на верхний уровень. Кроме того, устраняются ошибки и модифицируются программно-технические средства СВБУ. Классическая задача сопровождения для ППО становится задачей внесения изменений.

2.1. Жизненный цикл ППО

В результате жизненный цикл ППО приобретает итеративный характер с циклически повторяющимися этапами [4]:

- получение задания на внесение изменений;
- внесение изменений;
- тестирование;
- коррекция (повторное внесение изменений, в случае если были выявлены дефекты);
- установка.

Задания на внесение изменений или исходные данные (ИД) выдают разработчики систем нижнего уровня на этапах разработки и наладки СВБУ или ответственный персонал АЭС на этапе эксплуатации. Отдельно выдаются задания на разработку РБД и на разработку видеокадров.

Здесь необходимо отметить, что на каждой итерации жизненного цикла ППО образуется текущая версия ППО – не окончательная, но работоспособная и востребованная. При этом, поскольку жизненный цикл ППО входит в состав жизненного цикла СВБУ и повторяется на этапах его разработки, наладки и эксплуатации, текущая версия ППО необходима на всех этих этапах. На этапе

эксплуатации СВБУ текущая версия ППО необходима для корректного выполнения СВБУ своих функций. На этапах разработки и наладки СВБУ текущая версия ППО требуется для проведения испытаний систем нижнего уровня, а также тестирования СВБУ.

Поэтому этап установки в жизненном цикле ППО означает установку текущей версии ППО на ПТС СВБУ энергоблока АЭС на этапе эксплуатации СВБУ или на цифровой двойник СВБУ [5] до начала эксплуатации СВБУ для тестирования ППК систем нижнего уровня.

2.2. Смежные задачи

В процессе решения задачи внесения в ППО изменений возникают другие смежные, или вспомогательные, задачи:

- проверка и сравнение версий заданий (исходных данных) на внесение изменений;
- тестирование ППО после внесения изменений;
- внесение изменений в эксплуатационную документацию;
- просмотр архивов СВБУ.

Задачи заключаются в следующем.

Для внесения изменений необходимы правильно составленные задания – исходные данные, поскольку некорректные ИД могут сделать ППО неработоспособным и затруднить работу всей СВБУ, а в некоторых случаях привести к аварийной ситуации. Поэтому перед использованием ИД проходят обязательную верификацию и валидацию [6]. При этом проверкам подвергаются задания как на РБД, так и на видеокадры.

Сравнение исходных данных разных версий оказывается полезным, когда необходимо проследить отличия новой ревизии ППО от предыдущей.

Тестирование ППО – это обязательный этап его жизненного цикла. Поэтому важно обеспечить возможность тестирования ППО после внесения изменений.

Эксплуатационная документация в части массивов входных и выходных сигналов и альбомов видеокадров является неотъемлемой составляющей ППО и регулярно используется персоналом АЭС. Поэтому ее актуализация в соответствии с внесенными в ППО изменениями является крайне необходимой.

Просмотр архивов СВБУ возможен непосредственно на автоматизированных рабочих местах СВБУ на энергоблоке АЭС, но на ППК СПД, который в большинстве случаев расположен по другую сторону от «воздушного зазора», на стороне АСУП, работа с архивами оказывается более удобной. Более того, просмотр и анализ архивов может быть необходим для составления задания на внесение изменений.

Еще одна важная задача, которая возникает в процессе внесения изменений в ППО, связана с оценкой соответствующих временных затрат на внесение изменений. Решение данной задачи может быть получено с помощью метода, основанного на теории детерминированных систем с очередями Network calculus [7].

2.3. Методика внесения в ППО изменений

Для решения задачи внесения в ППО изменений и смежных задач разработаны необходимые процедуры и составлена методика.

В методике можно выделить ряд ключевых идей:

- изменения вносятся по системам нижнего уровня с использованием исходных проектов;
- работы проводятся по заданиям – исходным данным;
- исходные данные составляются в соответствии со специальными требованиями;
- каждый инсталляционный проект можно протестировать;
- структура РБД не изменяется в процессе внесения изменений.

Поскольку изменения вносятся индивидуально по системам нижнего уровня, близкие по структуре передаваемых на верхний уровень данных системы нижнего уровня и соответствующие исходные проекты для удобства объединены в независимые группы. Каждая группа исходных проектов обрабатывается по отдельным процедурам внесения изменений. После внесения изменений в исходные проекты они объединяются с созданием инсталляционных проектов.

Работы проводятся по заданиям, которые являются исходными данными на внесение изменений. Специально разработанные требования к исходным данным позволяют уменьшить сложность задачи внесения изменений и не переходить на уровень больших данных.

Процедуры внесения в ППО изменений не затрагивают структуру РБД и не изменяют РПО. Благодаря ограниченности методики внесения в ППО изменений обеспечивается дополнительная безопасность [8].

2.4. Установка ППО и обеспечение безопасности

Установка ППО на распределенные программно-технические средства СВБУ энергоблока АЭС производится по отдельной методике.

При выполнении методики установки ППО решается задача обеспечения безопасности.

3. Система подготовки данных

В ИПУ РАН разработано три варианта ППО СВБУ для зарубежных АЭС. Для каждого ППО составлена методика внесения изменений и решения смежных задач, разработаны необходимые процедуры и спроектирован ПТК системы подготовки данных. Функциональное назначение ПТК СПД – решение задачи внесения изменений и смежных задач.

Ниже представлена характеристика последнего разработанного ПТК СПД для внесения изменений в ППО СВБУ АЭС «Куданкулам» ЭБ-3,4 (Индия).

Состав технических средств ПТК СПД (рис. 1):

- сервер;
- двух-дисплейная рабочая станция – 2 единицы;
- цветной принтер.

Назначение технических средств, следующее. Сервер обеспечивает хранение ППО, а также выполнение процедур внесения изменений и решения смежных задач. Рабочие станции реализуют ЧМИ СПД. Цветной принтер необходим для печати эксплуатационной документации и снимков с экрана.

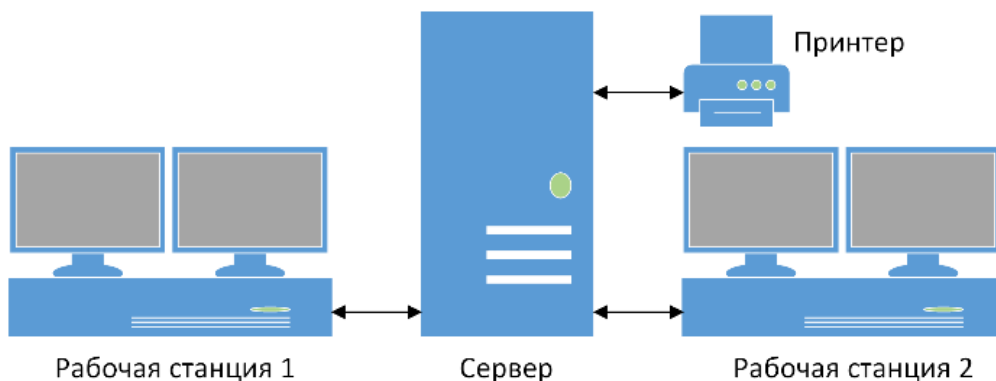


Рис. 1. Структура ПТК СПД

Программное обеспечение ПТК СПД (таблица 1):

- системное;
- базовое;
- вспомогательное.

Системное ПО включает операционную систему (ОС) LICS (Linux of the Institute of Control Sciences) 1000 [9] и ОС Windows 10 и предназначено для обеспечения среды выполнения базового и вспомогательного ПО.

Базовое ПО предназначено для реализации функций СПД. Компоненты базового ПО: процедуры внесения изменений, процедуры сравнения версий исходных данных, процедуры выпуска документации, программа просмотра архивов и др. Большинство процедур базового ПО находятся и выполняются на сервере, а их запуск осуществляется с рабочих станций. Процедуры работают либо под ОС LICS 1000, либо – под ОС Windows 10. Большинство процедур работает в автоматизированном режиме. Некоторые процедуры вызываются автоматически.

Вспомогательное ПО состоит из программного продукта виртуализации VirtualBox, офисного пакета MS Office и программы автоматизированного проектирования ZWCAD (Таблица 1). Программа VirtualBox обеспечивает виртуальную среду для работы ОС Windows 10. Пакет MS Office необходим для решения задачи внесения изменений в эксплуатационную документацию. С помощью программы ZWCAD производится внесение изменений в видеокадры.

Таблица 1. Программное обеспечение ПТК СПД

| Вид ПО | Состав | Назначение |
|-----------------|--|-------------------------------------|
| Системное | ОС LICS 1000 ОС Windows 10 | Системная среда для базового ПО |
| Базовое | процедуры внесения изменений, процедуры сравнения версий исходных данных, процедуры выпуска документации | Реализация функций СПД |
| Вспомогательное | VirtualBox | Виртуальная среда для ОС Windows 10 |
| | ZWCAD | Внесение изменений в видеокадры |
| | MS Office | Внесение изменений в документацию |

Технические средства ПТК СПД (сервер и рабочие станции) имеют различный состав ПО, что определяется различиями в их функциональном назначении: сервер обеспечивает хранение ППО и выполнение процедур базового ПО, а рабочие станции предоставляют пользовательский интерфейс. На сервере СПД установлена ОС LICS 1000 и компоненты базового ПО. На рабочей станции установлена ОС LICS 1000 и базовое ПО, а также VirtualBox с ОС Windows 10 с компонентами базового ПО, программой ZWCAD и пакетом MS Office (рис. 2).

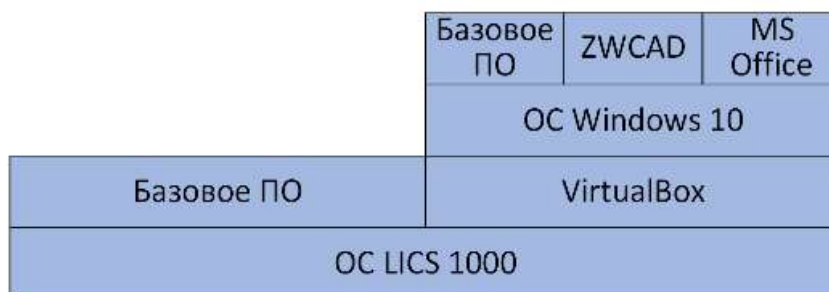


Рис. 2. Структура ПО рабочей станции СПД

4. Задача управления конфигурацией

Управление конфигурацией в общем представляет собой процесс идентификации конфигурации программной системы в определенные моменты времени для систематического контроля изменений конфигурации и поддержки целостности и отслеживаемости конфигурации на протяжении жизненного цикла ПО [10]. Кроме того, необходимым также является проведение учета статуса и проверки (аудит) конфигурации [11, 12].

Конфигурацию ПТС, состоящую из набора ключевых файлов СПО и РПО, можно представить в виде определенной структуры и программно-технического инструментария, а также средств обработки и анализа информации.

Для ПТС уникальное обозначение необходимо присваивать каждой конфигурации (обычно: [название ПТС] – [порядковый номер конфигурации]).

Идентификатором (номером) конфигурации называется уникальный численно-буквенный идентификатор, соотносящийся с компонентами (файлами), установленными на каждом из ПТС.

Алгоритм идентификации конфигурации представляет собой процесс формирования конфигурации ПТС с целью обеспечения соответствия необходимых характеристик ПТС заданным требованиям и/или ранее определенным показателям.

Алгоритм может включать в себя:

- этапы;
- методы;
- документацию;
- использование инструментов.

В нашем случае алгоритм идентификации конфигурации представлен в виде:

- 1) Разработчиками определяются списки ключевых файлов, которые хранятся отдельно для СПО и РПО и ППО.
- 2) Мастер-идентификатор присваивается отдельно для СПО, РПО и ППО. Он строится как хэш списка хэшей ключевых файлов. Мастер идентификатор может быть присвоен:

- a. непосредственно на ПТС, если текущая конфигурация признана версией;
 - b. разработчиком при посылке обновления. В ИПУ РАН при обновлении конфигурации создается новый набор мастер идентификаторов для каждого из тех ПТС, на которых будут обновляться компоненты СПО или РПО.
 - c. для ППО мастер идентификатор создается на СПД.
- 3) Мастер-идентификатор для каждого из ПТС хранится на выделенном ПТС в составе СВБУ (архивный сервер или АРС) и распространяется системой автоконфигурации при каждой загрузке ПТС путем копирования с АРС.
 - 4) Текущий идентификатор рассчитывается для каждого из ПТС периодически или по команде администратора путем подсчета хэш для каждого из файлов из списка и последующего подсчета хэша от списка хэшей.
 - 5) Далее полученный текущий идентификатор сравнивается с мастер идентификатором СПО или РПО. При расхождении мастер и текущего идентификатора выдается соответствующий сигнал в АТПС по каждому из ПТС.
 - 6) Список хэш для каждого из файлов с ПТС может по запросу быть передан разработчику с АЭС для установления расхождения версий между виртуальной машиной у разработчика и реальным ПТС.
 - 7) **Опционально.** Мастер идентификатор при необходимости может подписываться отдельным закрытым ключом разработчика, который хранится в ИПУ РАН и никому не передается. На объекте управления передается открытый ключ, который позволяет читать (расшифровать) мастер идентификатор, но не дает возможность идентификатор обновить (при несанкционированном изменении мастер-индикатора он просто не будет расшифровываться открытым ключом разработчика). Таким образом исключаются модификации СПО или РПО на площадке АЭС без ведома ИПУ РАН.
 - 8) Списки хэшей после каждого обновления должны сдаваться в архив ИПУ РАН. Это позволяет возвращаться к предыдущим версиям в случае их восстановления из рабочих образов. После каждого обновления конфигурации на АЭС необходимо сделать рабочие образы ПТС, чтобы иметь возможность вернуться к одной из предыдущих конфигураций.

Таким образом, отметим, что алгоритм идентификации конфигурации ПТС имеет важное значение в процессах управления конфигурацией, обеспечивая возможность отслеживания, контроля и управления изменениями в ходе эксплуатации АЭС.

5. Задача управления изменениями и защиты СВБУ

Задача по управлению изменениями программного обеспечения СВБУ выполняемая комплексом VERIFY разбита на следующие отдельные функции: реализован автоматический периодический и разовый контроль версий, установленных ЭК относительно эталона.

- Реализована защита установленных ЭК от несанкционированных изменений. Выключение защиты проводится автоматизировано, только после перезагрузки ПТС.
- Реализовано отображение сведений о состоянии защиты на АРМ АТПС.
- Реализован автоматический периодический и разовый контроль целостности конфигурации, установленных ЭК. Контроль целостности ЭК проверяется по составу файлов и содержимому неизменяемых файлов, включенных в дистрибутив соответствующего программного обеспечения СВБУ. Контроль целостности и защита файлов из состава ППО должны выполняться в объеме файлов, содержащихся в списке дистрибутива, являющегося результатом работы комплекса СПД. Автоматическая сверка целостности и версий проводится не реже, чем раз в 24 часа.
- Контроль целостности компонентов должен быть реализован сверкой контрольных сумм файлов ЭК, установленных на ПТС, с контрольными суммами файлов эталона ЭК, с применением механизма сохранения целостности IMA.
- Реализовано отображение результатов контроля целостности на рабочем месте специалиста по администрированию технических и программных средств (АТПС).
- Реализовано отображение версии ЭК на ПТС и версий эталона ПО СВУ АСУ ТП АЭС. Контроль версий ЭК должен быть реализован сверкой версий эталона ЭК по контрольным суммам.
- Реализовано автоматизированное обновление установленных на ПТС ЭК и отображение на рабочем месте АТПС.
- Реализована функция защиты эталона ЭК от несанкционированного изменения.
- Реализована функция запрета выполнения нештатных исполняемых файлов.
- Реализована защита контрольных сумм от подделок.

Для ЭК по каждому из ПТС из состава СВБУ обеспечивается формирование на средствах подсистемы администрирования технических и программных средств (АТПС) следующих диагностических сигналов по каждому из ПТС из состава комплекса с установленными ЭК в соответствии с Таблицей 2.

Таблица 2. Список диагностических сигналов VERIFY

| № | Описание сигнала |
|---|---|
| 1 | Нарушение целостности СПО LICS |
| 2 | Нарушение целостности РПО |
| 3 | Нарушение целостности ППО |
| 4 | Номер версии СПО не совпадает с эталонным |
| 5 | Номер версии РПО не совпадает с эталонным |
| 6 | Номер версии ППО не совпадает с эталонным |
| 7 | Защита отключена |
| 8 | Доступно обновление СПО, РПО или ППО |
| 9 | Ошибка автоконфигурации СПО или РПО |

6. Заключение

Прикладное программное обеспечение: рабочие базы данных и множества видеок кадров – это основная информация и средства ее представления, которые использует оператор для контроля и управления технологическим процессом. Прикладное программное обеспечение необходимо для корректного функционирования СВБУ и АСУТП АЭС в целом.

Модификации программно-технических средств систем нижнего уровня и СВБУ приводят к необходимости многократных изменений всех его составляющих, таких как СПО, РПО и ППО на всех этапах жизненного цикла СВБУ, а классическая задача сопровождения в случае со сложной системой превращается в нетривиальную задачу, нетривиальность которой определяется высокой сложностью и большим объемом программного обеспечения. Управление конфигурацией и защитой имеет важное значение в процессе жизненного цикла системы, обеспечивая безопасность объекта.

Для решения задачи внесения изменений разработаны автоматизированные средства и спроектирован специализированный программно-технический комплекс системы подготовки данных СПД и VERIFY.

Опыт решения задачи внесения изменений в СВБУ может быть использован при сопровождении программного обеспечения автоматизированных систем управления другими объектами.

Литература

- ГОСТ Р МЭК 62264-1-2014. Интеграция систем управления предприятием. Часть 1. Модели и терминология. – Переиздание. – М.: Стандартинформ, 2020. – 74 с.
- Полетыкин А.Г., Менгазетдинов Н.Э., Жарко Е.Ф., Промыслов В.Г., Бывайков М.Е., Степанов В.Н., Байбулатов А.А., Семенов К.В., Акафьев К.В. Интеграционная платформа для АСУ ТП – система ОПЕРАТОР // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2023): труды 16-й междунар. конф. – М.: ИПУ РАН, 2023. – С. 144–148.
- Полетыкин А.Г., Бывайков М.Е. Язык ABIS: языковая среда для программного обеспечения с элементами Искусственного интеллекта // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2024): труды 17-й междунар. конф. – М.: ИПУ РАН, 2024. – С. 139–144.
- Байбулатов А.А., Полетыкин А.Г., Бывайков М.Е., Акафьев К.В. Базы данных систем верхнего блочного уровня АСУТП АЭС: задача внесения изменений // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2024): труды 17-й междунар. конф. – М.: ИПУ РАН, 2024. – С. 945–950.
- Бывайков М.Е. Применение цифровых двойников систем АСУ ТП на этапе заводских испытаний // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2023): труды 16-й междунар. конф. – М.: ИПУ РАН, 2023. – С. 1184–1190.
- Голубев П.А., Жарко Е.Ф. Особенности верификации и валидации заданий на прикладное программное обеспечение систем верхнего уровня АСУТП АЭС // Автоматизация в промышленности. – 2022. – № 11. – С. 25–27.
- Байбулатов А.А. Метод расчета гарантированного времени модификации программного обеспечения // Проблемы управления. – 2016. – № 1. – С. 58–64.

8. *Байбулатов А.А.* Пример обеспечения безопасности информационных баз промышленных систем на этапе эксплуатации // Проблемы управления безопасностью сложных систем: труды XXIII междунар. конф. – М.: РГГУ, 2015. – С. 256–259.
9. *Семенков К.В., Полетыкин А.Г., Промыслов В.Г.* Системное программное обеспечение LICS // Автоматизация в промышленности. – 2022. – № 11. – С. 21–24.
10. *Островский А.* Управление конфигурацией ПО (часть 1) [Электронный ресурс]. URL: <https://lectures.ostrov.ski/assets/pdf/16-configuration-1-beamer.pdf> (дата обращения: 07.07.2025).
11. ГОСТ Р 59193- 2020. Управление конфигурацией. Основные положения. 2020.
12. ГОСТ Р ИСО 10007- 2019. Руководящие указания по менеджменту конфигурации. 2019.