

СИСТЕМА ОПЕРАТОР: ИНТЕГРАЦИОННАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ АСУ ТП АЭС

А.Г. Полетыкин

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: poletik@ipu.ru

Е.Ф. Жарко

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: zharko@ipu.ru

Н.Э. Менгазетдинов

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: mengazne@ipu.ru

М.Е. Бывайков

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: lab31.5@mail.ru

В.Г. Промыслов

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: vp@ipu.ru

К.В. Семенов

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: semenkov@ipu.ru

К.В. Акафьев

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: akafyev@mail.ru

А.А. Байбулатов

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: ipu31@mail.ru

Ключевые слова: АСУ ТП, АЭС, супервизорное управление, SCADA.

Аннотация: В статье приводятся сведения о текущем состоянии интеграционной платформы для АСУ ТП – Система ОПЕРАТОР, которая разработана и на протяжении 30 лет успешно внедряется Институтом Проблем управления в атомной

промышленности РФ, Ирана, Индии. Приводятся сведения о ее статусе в РФ, назначении, особенностях, составе, ключевых преимуществах, документации, внедрениях.

1. Введение

Интеграция играет важную роль в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП). С развитием технологий и увеличением сложности производственных процессов, необходимо эффективно управлять информацией, передавать данные между разными системами и обеспечивать взаимодействие между ними. Именно для этой цели создаются интеграционные платформы.

Основная цель интеграционной платформы – обеспечить связь между различными системами АСУ ТП, объединить их в единую систему, обеспечить обмен данными и координацию работы. Использование интеграционной платформы позволяет улучшить производственные процессы, повысить эффективность и надежность системы управления, а также снизить затраты на внедрение и поддержку систем.

Интеграционная платформа для АСУ ТП выполняет ряд функций, включающих:

- интеграцию с различными системами управления и контроля;
- обмен данными между системами, синхронизацию информации и обеспечение ее целостности;
- конвертацию и преобразование данных в форматы, понятные для различных систем;
- обработку событий и управление автоматическими процессами.

Интеграционная платформа также позволяет создавать единый интерфейс для операторов, инженеров и других пользователей системы, упрощая доступ к необходимой информации и управление процессами. Интеграционная платформа для АСУ ТП имеет ряд особенностей, которые делают ее эффективным инструментом управления технологическими процессами: гибкость, масштабируемость, безопасность, повышение эффективности, централизованное управление.

Интеграционная платформа в контексте АСУ ТП представляет собой программно-аппаратный комплекс, который обеспечивает интеграцию различных систем и оборудования, участвующих в управлении и контроле технологических процессов. Эта платформа предоставляет средства для сбора, обработки, анализа и передачи данных между различными устройствами и системами, такими как датчики, исполнительные механизмы, контроллеры, базы данных и операторские интерфейсы. Цель интеграционной платформы в АСУ ТП заключается в обеспечении единого и централизованного управления всеми компонентами технологических процессов, улучшении оперативности принятия управленческих решений, оптимизации ресурсов и повышении эффективности производственных процессов. В контексте АСУ ТП интеграционная платформа обеспечивает следующие функции: сбор и обработка данных, интеграция систем, управление технологическими процессами.

Интеграционная платформа в АСУ ТП обладает рядом преимуществ, таких как повышение уровня автоматизации, сокращение времени реагирования на события, снижение вероятности ошибок, оптимизация использования ресурсов и повышение общей эффективности и надежности производственных процессов. Кроме того, использование интеграционной платформы позволяет создать единое информационное пространство, которое обеспечивает оперативный доступ к данным для принятия управленческих решений, позволяет реализовать мониторинг и анализ процессов, а

также улучшить согласованность и синхронизацию работы различных систем и устройств.

2. История Системы ОПЕРАТОР

Название «Система ОПЕРАТОР» появилось в середине 1990-х годов для обозначения комплекса программ, которые ИПУ РАН предлагал для автоматизации АЭС в части компьютерного супервизорного управления.

В то время российская атомная промышленность имела только одного платежеспособного заказчика в лице Исламской республики Иран (ИРИ), которая заказала достройку энергоблока АЭС, от которого отказались фирмы ФРГ по политическим соображениям. На ИРИ в то время распространялись санкции со стороны США, аналогичные тем, что в настоящее время применяются к Российской Федерации. Европейские компании не могли участвовать в достройке, но не возражали против использования своего оборудования, если его применяли российские подрядчики.

Российские фирмы, связанные с применением компьютерного оборудования для АЭС, зависели от оборудования, технологий и лицензий фирм США и не стремились участвовать в работах с ИРИ. Требовалось «импортозамещение».

Руководство ИПУ РАН, директором тогда был И.В. Прангишвили, не обратило внимание на санкционные риски и предложило свои наработки для АСУ ТП АЭС «Бушер». Так появилась «Система ОПЕРАТОР».

С 1996 по 2000 Минатом РФ развернул масштабную работу по созданию российской АСУ ТП АЭС. Были привлечены российские организации, были закуплены лицензии в ФРГ, развернуты производственные мощности. Важным этапом было создание Полигона АСУ ТП в ЭНИЦ (г. Электрогорск). Именно на нем были доработаны и испытаны компоненты «Системы ОПЕРАТОР». Они позволили создать новый вид подсистемы АСУ ТП АЭС, системы верхнего блочного уровня, интегрирующей все цифровые подсистемы для централизованного дистанционного супервизорного контроля и управления.

3. Современное состояние Системы ОПЕРАТОР

Интеграционная платформа для АСУ ТП – Система ОПЕРАТОР (далее – «ОПЕРАТОР» или система «ОПЕРАТОР») включена в Реестр российского программного обеспечения – запись в реестре от 29.03.2017 №3290 произведена на основании приказа Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 28.03.2017 №146. «ОПЕРАТОР» может быть использован для систем, относящихся к критической инфраструктуре Российской Федерации.

«ОПЕРАТОР» предназначен для разработки или модернизации распределенных систем управления объектов энергетики и других объектов с непрерывным режимом эксплуатации, включая системы безопасности, может быть использован для разработки компьютерных электрических пультов, диспетчерских станций контроля и управления.

«ОПЕРАТОР» представляет собой инструментальное средство разработки прикладного программного обеспечения распределенных компьютерных систем контроля и управления технологическими процессами в части организации мультикомпьютерного человеко-машинного интерфейса со всеми категориями персонала, ведения архивов значений входных и выходных параметров и других функций контроля, управления и диагностики, характерных для продуктов зарубежных

фирм, таких как ABB (System 800xA), Siemens (SIMATIC WinCC Open Architecture), Honeywell (APACS, QUADLOG, SPPA-T3000, PCS7) и др.

Отличием «ОПЕРАТОР» от указанных выше продуктов является универсальность и независимость от технических особенностей оборудования, применяемого в АСУ ТП в разные периоды жизненного цикла.

«ОПЕРАТОР» обладает возможностями для создания широкого спектра программно-технических комплексов, отличающихся по техническим средствам, операционным системам, а также числу и составу элементов.

«ОПЕРАТОР» объединяет в себе более 80 компонент и комплексов программ, включая:

- Рабочее программное обеспечение (РПО) – программное обеспечение для реализации процесса обработки информации и обеспечения супервизорного управления в составе АСУ ТП в средах Linux;
- Конфигуратор (К) – систему автоматизированного проектирования (САПР) в средах Linux.
- Интерфейсное программное обеспечение (ИПО) – универсальную кроссплатформенную библиотеку программ на языке «С» для интеграции АСУ ТП с разнородными системами автоматики в единое целое. Может использоваться для организации надежных горизонтальных и вертикальных каналов передачи информации.
- ПО диагностики и дистанционного управления компьютерным оборудованием АСУ ТП.
- Операционную систему семейства Linux - LICS (Linux Institute of Control Science) различных модификаций, которая может применяться на сертифицированных компьютерах или в виртуальных средах, функционирующих под управлением операционных систем сторонних производителей, в том числе Windows 7-10, Astra Linux, ALT Linux и др.
- Меры обеспечения кибербезопасности, позволявшие на основе «ОПЕРАТОР» создавать защищенные системы, удовлетворяющие международным и национальным нормам кибербезопасности.
- Вычислительные модули на основе малогабаритных устройств с процессорами ARM (с 2023г).

Ключевыми преимуществами «ОПЕРАТОР» являются:

- Масштабируемость:
 - по рабочим местам: от единичного рабочего места, выполняющего роль SCADA-системы до многомашинных распределенных комплексов с мультимониторными пультами для разных категорий пользователей;
 - по количеству сигналов контроля и управления: не ограничено;
 - по архиву: не ограничено по времени и объему.
- 100% лицензионная чистота и доступность исходных текстов.
- Качество разработки и надежность программ по мировым стандартам атомной энергетики.
- Применение риск ориентированных методов проектирования глубоко эшелонированной защиты для создания киберзащищенных систем.
- Режим работы непрерывный и бессрочный, с периодической модернизацией без выключения.

4. Заключение

Впервые публикация, описывающая зрелую технологию «ОПЕРАТОР», вышла в 2006 году. Отсутствие более ранних публикаций объясняется ограничениями, связанными с контролем публикационной активности в то время. Руководство ИПУ РАН требовало конкретных результатов, подтверждаемых практической реализацией. В 2006 году «ОПЕРАТОР» был внедрен на АЭС и успешно интегрирован с АСУ ТП.

В статье [2] рассмотрены вопросы обеспечения технологической независимости, лицензионной чистоты и безопасности, возникающие при применении программного обеспечения в АСУ ТП АЭС. Исследуются виды зависимости, источники опасности и излагается точка зрения ИПУ РАН на решение этих вопросов. Представлены программные продукты, разработанные в ИПУ РАН для АСУ ТП АЭС и входящие в настоящее время в состав Интеграционной платформы для АСУ ТП – система «ОПЕРАТОР».

В 2013 г. работа, посвященная разработке системы верхнего (блочного) уровня (СВБУ), была выдвинута ИПУ РАН на соискание премии Правительства РФ по науке и технике. На основе материалов была подготовлена монография [3], в которой наиболее полно описана роль ИПУ РАН в АСУ ТП АЭС «Бушер».

В монографии [4] приводится детальная информация по многооконному человеко-машинному интерфейсу, применяемому на действующих АЭС. Для новых АЭС в Индии человеко-машинный интерфейс переработан. Публикация по нему готовится в 2023г.

В монографии [5] описан межмашинный интерфейс и протоколы взаимодействия СВБУ АСУ ТП АЭС на основе «ОПЕРАТОР». Его можно рассматривать как ведомственный стандарт 4го уровня.

В публикации [6] представлены сведения о современных методах интеграции сложных комплексов программ при помощи цифровых двойников. Эта инновационная технология позволила выполнить сложную работу в условиях пандемии COVID-19 без командировок и посещения рабочих мест.

В публикации [7] приводятся сведения об одной из технологий, реализованных в «ОПЕРАТОР» специализированной операционной системе на базе Linux — системном программном обеспечении LICS. Изложены причины создания специализированного дистрибутива Linux, показано, как общие требования к АСУ ТП транслируются в требования к операционной системе. Дано описание истории создания LICS и основные характеристики текущей версии операционной системы.

В публикации [8] для верхнего уровня АСУ ТП АЭС новых поколений предлагается добавить ряд функций, основанных на использовании современных видов вычислительной техники. Приводится перечень функций, их размещение на АЭС, вовлеченный персонал, способы реализации. Затрагиваются вопросы эргономики и кибербезопасности.

Публикация [9] посвящена одной из технологий, реализованных в «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.

В статье [10] рассмотрены вопросы реализации информационной расчетной задачи СВБУ «Расчет технико-экономических показателей» (ТЭП), которая обеспечивает не только административный персонал АЭС оперативной информацией о работе энергоблока, но позволяет осуществлять организационно-технические мероприятия по экономии энергоресурсов на основе рекомендаций по улучшению управления энергоблоком. В статье также уделяется внимание вопросам совершенствования задачи

на основе интеллектуального анализа данных и прогнозирования рискового потенциала протекающего технологического процесса.

В публикации [11] приводятся сведения о результатах теоретических и прикладных исследований ИПУ РАН в области защиты от киберугроз современных промышленных предприятий: метод определения возможного ущерба, методика расчета и управления рисками, предложения по созданию автоматизированных систем внешнего сопровождения на этапах жизненного цикла, использование формальных моделей. Данная статья призвана ознакомить инженеров и специалистов по защите информации с некоторыми результатами этих исследований.

В статьях [12, 13] рассмотрен опыт, накопленный ИПУ РАН в процессе сопровождения программного обеспечения для АСУ ТП АЭС (в части программных комплексов и компонент, входящих в состав интеграционной платформы АСУ ТП – Система ОПЕРАТОР) по обеспечению качества модернизированного программного обеспечения и прогнозирования затрат на его дальнейшую модернизацию и сопровождение.

В статье [14] рассматриваются аспекты проведения работ по анализу программного обеспечения для систем, важных для безопасности АЭС в части оценки качества программного обеспечения, которые использовались и используются для программных компонент «ОПЕРАТОР».

В работе [15] приведен обзор национальных и международных подходов к оценке риска кибербезопасности для АСУ ТП АЭС.

В книге [16] рассматривается проектирование киберзащищенных систем с учетом международных требований и подходов МАГАТЭ и МЭК, обоснованы математические методы синтеза архитектуры кибербезопасности.

В настоящее время компоненты и комплексы программ, входящие в «ОПЕРАТОР» (за исключением вычислительных модулей на основе малогабаритных устройств с процессорами ARM), внедрены и эксплуатируются на действующих АЭС «Бушер»-1 (ИРИ) и АЭС «Куданкулам», блоки 1-2 (Республика Индия), а также применяются для разработки программного обеспечения для строящейся АЭС «Куданкулам», блоки 3-6 (Республика Индия).

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. Полетыкин А.Г., Жарко Е.Ф., Зуенкова И.Н., Промыслов В.Г., Бывайков М.Е., Менгазетдинов Н.Э. Программное обеспечение для атомной энергетики // Автоматизация в промышленности. 2006. № 8. С. 52-56.
3. Менгазетдинов Н.Э., Полетыкин А.Г., Промыслов В.Г., Зуенков М.А., Бывайков М.Е., Прокофьев В.Н., Коган И.Р., Коршунов 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. М.: ИПУ РАН, 2013. 95 с.
4. Полетыкин А.Г., Зуенкова И.Н., Байбулатов А.А. Основы человеко-машинного интерфейса системы Оператор. М.: ИПУ РАН, 2013. 162 с.
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). М.: ИПУ РАН, 2021. 113 с.
6. Промыслов В.Г., Полетыкин А.Г., Семенов К.В., Менгазетдинов Н.Э., Бывайков М.Е., Степанов В.Н. Технология распределенной разработки ПО для АСУ ТП АЭС с использованием виртуализации и цифровых двойников // Труды 14-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD-2021). Москва, 27-29 сентября 2021 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2021. С. 98-102.

7. Семенков К.В., Полетыкин А.Г., Промыслов В.Г. Системное программное обеспечение LICS // Автоматизация в промышленности. 2022. № 11. С. 21-24.
8. Полетыкин А.Г. Новые функции для проектирования систем супервизорного управления АЭС // Труды 13-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2020). Москва, 28-30 сентября 2020 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2020. С. 84-92.
9. Семенков К.В., Полетыкин А.Г., Бывайков М.Е., Степанов В.Н. Система Оператор: контроль, управление и диагностика техническими и программными средствами АСУ // Труды 15-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2022). Москва, 26-28 сентября 2022 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2022. С. 1086-1090.
10. Жарко Е.Ф., Сакрутина Е.А. Оценка технико-экономических показателей и обеспечение нормальной эксплуатации атомной электростанции // Труды 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018). Москва, 1-3 октября 2018 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2018. Т. 2. С. 451-457.
11. Полетыкин А.Г., Промыслов В.Г. Методы борьбы с киберугрозами АСУ ТП современного предприятия // Information Security/Информационная безопасность. 2016. Т. 1. С. 14-16.
12. Промыслов В.Г., Жарко Е.Ф., Промыслова О.А. Обеспечение качества модификации сложных программных систем высокой надежности // Автоматизация в промышленности. 2006. № 5. С. 13-17.
13. Жарко Е.Ф. Оценка качества программного обеспечения для систем, важных для безопасности АЭС // Информационные технологии и вычислительные системы. 2011. № 3. С. 38-44.
14. Жарко Е.Ф. Верификация и обеспечение качества программного обеспечения для атомной энергетики // Труды 11-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2018). Москва, 1-3 октября 2018 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2018. Т. 2. С. 447-451.
15. Промыслов В.Г., Жарко Е.Ф. Подходы к оценке риска кибербезопасности АСУТП АЭС // Автоматизация в промышленности. 2022. № 11. С. 28-33.
16. Промыслов В.Г., Акимов Н.Н., Абдулова Е.А., Голубев П.А., Жарко Е.Ф., Жмайлов В.В., Лепехин И.Ю., Лобанок О.И., Исаков А.Ю., Мещеряков Р.В., Полетыкин А.Г., Мусихин А.М., Пронин В.В., Семенков К.В., Цыренов Д.В. Оценка риска и обеспечение кибербезопасности атомных электростанций. М.: ИПУ РАН, 2022. 193 с.