

СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ НАУЧНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СТЕНДОВ И КОМПЛЕКСОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ SIMATIC WinCC OPEN ARCHITECTURE

С.Ю. Соловьёв, А.Ю. Серов, А.А. Кондрашкин (ООО «Сименс»)

Рассматриваются вопросы построения экспериментальных стендов, исследовательских установок, комплексов отработки и испытаний инновационных технологий и образцов новой техники на базе платформы SIMATIC WinCC Open Architecture (WinCC OA). Приведены примеры проектов в сфере автоматизации научных исследований и создания специализированных установок, реализованные на основе платформы WinCC OA.

Ключевые слова: научно-экспериментальные стенды, автоматизация, научные исследования, комплексы экспериментальной отработки, цифровизация.

Построение новых и модернизация существующих экспериментальных стендов, комплексов отработки и испытаний инновационных технологий и образцов новой техники остается, несмотря на активное распространение технологии цифровых двойников, актуальной задачей. Это востребовано, прежде всего, в таких областях, как фундаментальные научные исследования, ракетно-космическая и авиационная техника, исследования и испытания новых материалов, создание уникальных промышленных установок и специализированного оборудования.

В контексте цифровизации различных сфер жизнедеятельности, в том числе цифровой трансформации промышленности, призванной среди прочего обеспечить ускорение вывода новых продуктов на рынок, требование о сокращении сроков напрямую распространяется и на процессы экспериментальной отработки и испытаний как существенные составляющие цепочки создания и выпуска продукта. Цифровизация подразумевает также глубокую интеграцию стендово-испытательных комплексов и их технологических процессов в сквозные производственные и информационные цепочки, что означает совершенно новый уровень требований к их информационному обеспечению. В свою очередь, характерная для цифрового подхода индивидуализация продуктов,ходящая в пределе до модели выпуска единичных изделий в условиях массового промышленного производства, предопределяет требования к обеспечению максимально возможного уровня гибкости и модифицируемости структурно-функционального облика стендово-испытательной базы. Аналогично на подходы к построению и программно-аппаратную реализацию таких стендов проецируются требования к повышению качества и снижению стоимости конечных изделий. Кроме того, ужесточаются требования к объему, номенклатуре и достоверности данных, собираемых и обрабатываемых в ходе экспериментов и испытаний, их хранению и последующей аналитической обработке, информационной безопасности.

Удовлетворение этих требований обуславливает необходимость, с одной стороны, комплексного, системного подхода к вопросам проектирования и интеграции, с другой — следования гибкой мето-

дологии и процессам инжиниринга, сопровождения и дальнейшего развития. Фундаментальным пред условием для выполнения комплекса предъявляемых требований является также наличие высокопроизводительной информационной платформы и развитого инструментария, способных обеспечить реализацию всей требуемой функциональности в рамках единой информационной среды. Особенность текущего момента заключается в том, что в дополнение к развитому методологическому аппарату и накопленному практическому опыту в части организации и проведения экспериментальных исследований достигнут необходимый для рассматриваемого класса задач уровень зрелости доступных на рынке платформ сбора и обработки данных. Это позволит на практике реализовать — с использованием готовых промышленных решений и инструментов — комплексный подход к построению экспериментально-испытательных стендов, интегрированных в цифровые процессы проектирования и производства.

Рассмотрим современный подход к построению экспериментально-испытательных стендов на примере SIMATIC WinCC Open Architecture (WinCC OA).

Особенности и общие требования к построению современных экспериментально-испытательных стендов

К числу ключевых аспектов современного подхода к построению экспериментально-испытательных стендов отнесем следующие составляющие:

- объектно-ориентированный подход к описанию и реализации функциональных компонентов в виде функционально-законченных задач, которые могут комбинироваться по принципу «конструктора» [1];
- использование единой информационной платформы, обеспечивающей необходимую базовую функциональность сбора данных, хранения и работы с нормативно-справочной информацией, планирования и управления ходом эксперимента [2, 3];
- наличие развитого инструментария для реализации прикладных задач (аналитика, отчетность и др.);
- всеобъемлющая интеграция с локальными системами управления и/или АСУТП основных и вспомогательных установок, агрегатов и всей задействованной инфраструктуры, системами контроля и обеспечения безопасности, PLM-системами, кор-

поративными информационными системами, цифровыми двойниками и др.;

- интеллектуализация функций, использование методов обогащения данных, построение замкнутых контуров обратной связи, верификация цифровых двойников на основе экспериментальных данных;
- стандартизация технических решений, включая архитектуру и компоненты, информационные структуры и методы, механизмы взаимодействия и технологии реализации;
- обеспечение гибкой масштабируемости, адаптивности и модифицируемости структурно-функционального облика;
- поддержка развитых средств визуализации, в том числе с использованием носимых устройств (планшеты, телефоны, браслеты, часы);
- наличие встроенных инструментов, а также поддержка актуальных технологий, механизмов и внешних средств обеспечения информационной безопасности.

Обобщенная архитектура информационно-управляющих систем экспериментально-испытательных стендов

Обсуждая архитектуру информационно-управляющих систем современных и перспективных экспериментально-испытательных стендов, прежде всего, подчеркнем, что «информационный контур» не ограничен в данном случае только системами, непосредственно обеспечивающими работу и управление экспериментальной установкой, но включает все информационные, управляющие и вспомогательные системы, задействованные в подготовке и проведении эксперимента, обработке и использовании его результатов (рис. 1). Более того, часто испытательный комплекс состоит не из одной установки, а нескольких взаимосвязанных (в том числе географически удаленных друг от друга) стендов или «эксперимен-

тов», требующих согласованного управления и совместной обработки экспериментальных результатов.

Отличительная особенность современных экспериментальных и испытательных комплексов заключается в глубокой интеграции с PLM-системами и цифровыми двойниками, что обеспечивает возможность обогащения последних за счет использования данных натуральных экспериментов. Обязательным требованием является реализация необходимых систем защиты и обеспечения безопасности (в том числе пожарной безопасности, СКУД и др.), их интеграция с соответствующими управляющими и контролирующими системами испытательного комплекса. В текущих условиях особую роль играет также обеспечение безопасных условий работы персонала, контроль выполнения требований в части охраны труда и техники безопасности, а также мониторинг выполняемых действий и операций.

Единая платформа управления экспериментами и инфраструктурой

Большое число взаимодействующих систем, рост объемов собираемых и обрабатываемых данных, необходимость комплексной обработки разнородной информации являются ключевыми факторами, определяющими необходимость использования информационной платформы в качестве «каркаса» и интеграционной шины, чтобы объединить мониторинг, диспетчеризацию и управление как основными экспериментальными/испытательными процессами, так и всеми обеспечивающими и взаимодействующими системами и установками в единый комплекс.

Программно-аппаратная реализация единого платформенного подхода на практике наталкивается на необходимость стыковки с существующими инфраструктурными и другими обеспечивающими системами, которые традиционно не рассматривались как часть единой информационной системы экс-



Рис. 1. Обобщенная архитектура информационно-управляющих систем экспериментально-испытательных стендов

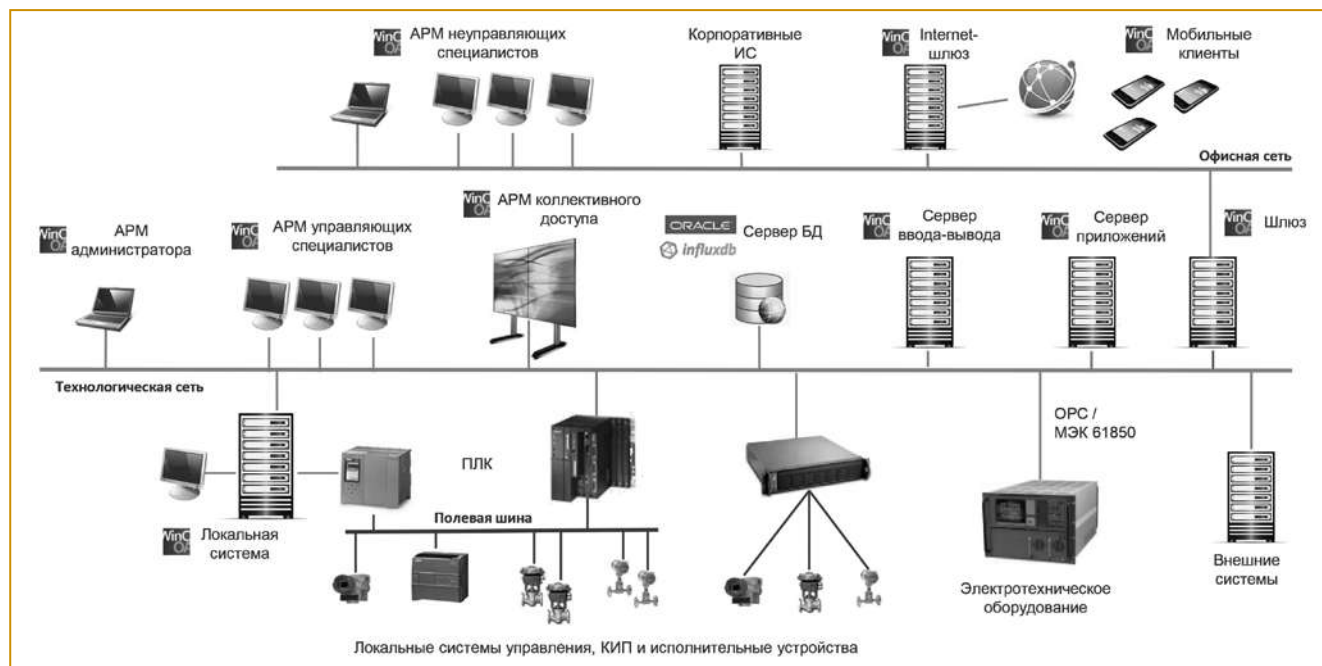


Рис. 2. Структурная схема типовой информационной системы управления экспериментами и инфраструктурой на базе платформы WinCC OA

периментально-испытательного комплекса. Кроме того, зачастую такие специализированные системы построены на разнообразных проприетарных решениях, но при этом их полная замена или модернизация сопряжена с существенными финансовыми затратами или невозможна.

Разрешение данного противоречия видится в применении открытой программной платформы, способной обеспечить как полноценную унификацию и стандартизацию решений, компонентов и интерфейсов взаимодействия на базе современных подходов и технологий, так и стыковку с ранее внедрёнными локальными системами управления, АСУТП и другими информационными системами.

Преимуществом такого подхода является возможность обеспечения качественно нового уровня автоматизации, контроля и общей эффективности процессов проведения экспериментов и испытаний при существенном снижении стоимости внедрения и владения. При этом за счет всеобъемлющего охвата информационными связями достигается прозрачность и ситуационная осведомленность, что позволяет снизить влияние человеческого фактора.

Наличие единой информационной платформы, поддерживающей современные аппаратные средства и коммуникационные технологии, дает возможность обеспечить актуальной, достоверной и при этом адресной информацией всех участников процесса — технологов, администраторов, управляющих и неуправляющих специалистов, руководителей — как локально на стационарных рабочих местах, так и удаленно, в том числе с помощью планшетов и смартфонов.

В качестве иллюстрации описанного подхода на рис. 2 показана структурная схема типовой инфор-

мационной системы управления экспериментами и инфраструктурой на базе платформы WinCC OA.

Отличительные особенности WinCC OA как платформы для экспериментально-испытательных комплексов

Остановимся на краткой характеристике платформы WinCC OA и описании ее ключевых свойств, функциональных возможностей и отличительных особенностей, определяющих применимость для данного класса задач.

Платформа WinCC OA относится к классу SCADA-систем и разработана для применения в приложениях, требующих гибкого и адаптивного инструментария для решения прикладных задач сбора, обработки, визуализации данных, интеллектуального управления, а также в крупномасштабных комплексных проектах, в которых предъявляются специфические требования к функциональности и архитектуре системы. При этом WinCC OA позволяет обрабатывать большие объемы данных в конфигурациях с существенными ограничениями на аппаратные ресурсы.

WinCC OA построена по модульному принципу и функционально разделена на несколько менеджеров (программных компонентов), которые могут быть распределены по различным серверам/компьютерам в сети. Обмен данными между менеджерами осуществляется по событиям с использованием протокола TCP/IP. Такая концепция построения идеально подходит в том числе для создания распределенных систем и обеспечивает высочайший уровень масштабируемости — от простых локальных конфигураций до высокопроизводительных географически распределенных систем, обрабатывающих более 10 млн. тег. При этом WinCC OA является кроссплатформен-



Рис. 3. Палитра ключевых возможностей WinCC OA как платформы для построения экспериментально-испытательных комплексов

ной системой — поддерживаются ОС Windows, Linux (Red Hat, OpenSUSE, CentOS), а также платформы виртуализации. Возможно применение различных ОС на серверах и клиентах, что позволяет создавать гетерогенные конфигурации даже в рамках одной небольшой системы WinCC OA.

В качестве базы исторических данных может применяться как собственная БД (HDB), так и набор внешних высокопроизводительных СУБД. В настоящий момент нативными базами данных являются Oracle и InfluxDB (в ближайшее время будет обеспечена поддержка также MS SQL Server и PostgreSQL). При этом возможно параллельное архивирование сразу в несколько различных БД (определяется на уровне каждой переменной процесса). Также возможна запись определенных пользователем данных и журналирование системных событий и сообщений в прочие внешние БД (SQLite, MySQL, MongoDB и др.), имеющие доступный интерфейс взаимодействия (ODBC, OLE DB, ADODB и т. д.).

В состав семейства клиентских приложений WinCC OA входят все возможные типы — стандартный «толстый» клиент, приложение для настольных ПК, Web-клиент и приложение для мобильных устройств на базе ОС iOS и Android (с поддержкой мультисенсорных жестов).

Платформа WinCC OA получает постоянное развитие как в части расширения функциональных возможностей и повышения производительности, так и в плане общей архитектуры [4].

Применимость платформы WinCC OA для рассматриваемого класса задач определяется следующими основными факторами:

- поддержкой объектно-ориентированного подхода к инжинирингу, с возможностью интеграции

пользовательских объектов и библиотек JavaScript и реализаций на C#, а также использования открытого интерфейса прикладного программирования (API) на C++ и C# для создания собственных программных компонентов платформы WinCC OA;

- наличием готового универсального инструментария для создания информационной модели системы, пользовательских экранных форм и описания прикладного функционала системы;

- наличием штатной системы резервирования (горячее резервирование и резервирование центра управления — резервирование «2x2»);

- развитыми интеграционными и коммуникационными возможностями;

- наличием встроенных механизмов защиты и обеспечения информационной безопасности (HTTPS, SSL, SSO, Kerberos и др.);

- поддержкой различных функциональных пакетов расширений для решения задач анализа данных, управления видеопотоками и обработки видеoinформации, интерактивной картографии и др.

Палитра ключевых возможностей WinCC OA как платформы для построения экспериментально-испытательных комплексов показана на рис. 3.

Рассмотрим ключевые проекты внедрения WinCC OA в данной прикладной области.

Ускоритель элементарных частиц Европейской организации по ядерным исследованиям (ЦЕРН)

Наиболее масштабным и знаковым проектом, реализованным на базе платформы WinCC OA в сфере фундаментальных научных исследований, является внедрение на ускорителе элементарных частиц Европейской организации по ядерным исследованиям

Таблица 1. Функциональный охват и количественные характеристики подсистем

Система	Число приложений, ед.	Число серверов, ед.
Системы защиты	58	20
Охлаждение и вентиляция	34	9
Криогенные системы БАК	33	29
Экспериментальная криогеника	18	15
Управление магнитными системами	13	9
Управление вакуумом	12	7
Эксперимент NA62	11	3
Охлаждение и вентиляция экспериментов	10	4
Контроль загазованности	8	5
Энергетические преобразователи	4	3
Электрические сети	1	2
Прочие системы	31	11
Всего:	233	117

(ЦЕРН), известном как Большой адронный коллайдер (БАК).

Выбор WinCC OA в качестве базовой информационной платформы был сделан в результате глубокого анализа предлагаемых на рынке решений, тестирования и реализации пилотного проекта. Решение в пользу WinCC OA было принято на основании удовлетворения следующих ключевых требований:

- масштабируемость;
- развитая функциональность;
- открытая архитектура;

Таблица 2. Информационный масштаб внедрения WinCC OA в ЦЕРН

Название проекта	Число систем WinCC OA, ед.	Число параметров (млн.), ед.
ALICE	100	3
ATLAS	130	12
CMS	30+30 (90)	10
LHCb	160	10
Ускорительный комплекс	120	10

- наличие средств удаленного доступа;
- поддержка различных ОС;
- наличие гибкого инструментария разработки;
- поддержка объектно-ориентированного подхода к инжинирингу;
- число регистрируемых параметров за эксперимент – $\geq 4 \dots 10$ млн. ед.;
- подключение к оборудованию по стандартным протоколам и с помощью коммуникационных драйверов собственной разработки;
- ряда специализированных требований (в общей сложности техническим заданием было определено 168 критериев).

Внедрение WinCC OA в ЦЕРН представляет собой географически распределенную, многоуровневую систему, охватывающую различные функциональные системы экспериментов и ускорительного комплекса. В ходе внедрения было разработано и реализовано более 200 проектов WinCC OA, взаимодействующих с почти 450 проектами, ранее реализованными и уже эксплуатируемыми в рамках ЦЕРН. Структура программного комплекса, построенного на базе WinCC OA, является многоуровневой и включает несколько фреймворков (прикладных программных оболочек) – UNICOS, JCOP и др. (рис. 4). Количественные показатели, характеризующие функциональный охват и информационный масштаб проекта, приведены в табл. 1 и 2 [5].

Количественные показатели, характеризующие функциональный охват и информационный масштаб проекта, приведены в табл. 1 и 2 [5].



Рис. 4. Структура программного комплекса на базе WinCC OA

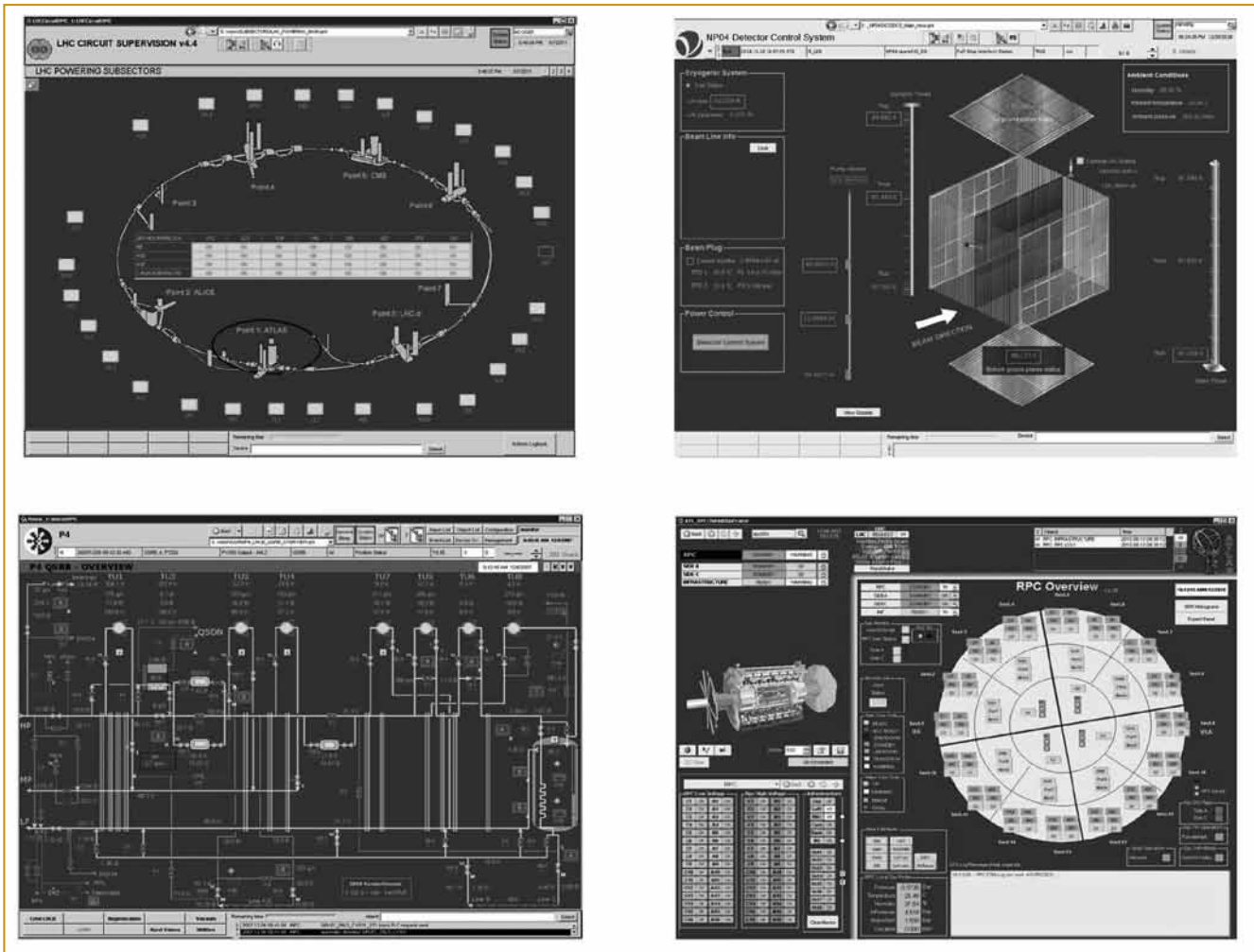


Рис. 5. Примеры экранных форм, используемых для управления системами экспериментов

Каждый эксперимент обладает собственной спецификой проведения и имеет свой центр управления; в среднем в каждом используется 20 интерфейсов пользователя и имеется 100...200 удаленных пользовательских интерфейсов. Примеры некоторых экранных форм, используемых для управления системами экспериментов, приведены на рис. 5.

Проект постоянно развивается как в части функционального расширения, так и в части совершенствования базового ПО [6], причем ряд программных решений, разработанных в ЦЕРН, стали штатными технологиями и компонентами платформы WinCC OA.

Другие проекты внедрения WinCC OA как платформы экспериментальных комплексов и специализированных установок

Телескоп LOFAR. LOFAR (от англ. Low Frequency Array — «низкочастотная антенная решетка») — крупнейший радиотелескоп в мире, представляющий собой интерферометрическую решетку из радиотелескопов, распределенных по территории Европы. Проект создания LOFAR реализуется Институтом радиоастрономии ASTRON (Нидерланды). Система диспетчеризации и управления LOFAR реализована на платформе WinCC OA; для визуализации разрабо-

тан комплексный интерфейс пользователя, отображающий состояние телескопа в различных ракурсах.

Центр ионной терапии MedAustron, расположенный в г. Винер-Нойштадт (Австрия), является клиническим центром лечения больных раком и проведения научных исследований, использующим для борьбы с раковыми заболеваниями лучевую терапию тяжелыми заряженными частицами. В качестве ускорителя используется синхротрон, позволяющий проводить эффективное лечение злокачественных опухолей протонами и ионами углерода. Система управления ускорителем, разработанным для MedAustron в ЦЕРН, построена на основе платформы WinCC OA и позволяет осуществлять мониторинг и управление всеми системами в соответствии с предъявляемыми требованиями и установленными стандартами.

Институт физики Боннского Университета. Для ускорителя электронов ELSA (Electron Stretcher Accelerator) Института физики Боннского Университета на базе платформы WinCC OA реализована система обеспечения безопасности персонала. Ускоритель состоит из трех ступеней и обеспечивает создание пучка поляризованных и неполяризованных электронов с энергией до 3,5 ГэВ. Внедренная система выполняет сбор данных с полевых устройств, уста-

новленных на ускорителе, и позволяет обеспечить безопасность персонала при запуске и работе ускорителя; все события и собираемые данные сохраняются в БД системы.

Кроме того, на базе платформы WinCC OA в области научных исследований и создания экспериментальных комплексов были реализованы проекты для: Центра перспективных технологий Департамента по атомной энергии Министерства науки и технологий Индии, Национального онкологического центра адронотерапии Италии, Исследовательского центра г. Карслруэ (Германия) и ещё более 100 научно-исследовательских организациях по всему миру, входящих в структуру ЦЕРН. В настоящее время ведется работа по ряду подобных проектов в России.

Выводы

Использование единой информационной платформы, объектно-ориентированный подход к инжинирингу, всеобъемлющая интеграция, обеспечение гибкой масштабируемости, адаптируемости и модифицируемости структурно-функционального облика являются ключевыми аспектами современного подхода к построению экспериментально-испытательных стендов.

Благодаря модульной архитектуре, поддержке объектно-ориентированного подхода, гибким интеграционным и коммуникационным возможностям, высокой производительности, широкому арсеналу инструментов для разработки, сопровождения и развития решений платформа WinCC OA является эффективной основой для построения и модернизации

экспериментальных стендов, исследовательских установок, комплексов отработки и испытаний инновационных технологий и образцов новой техники, что подтверждается опытом внедрения и эксплуатации в различных организациях по всему миру.

Список литературы

1. *Егоров А.А., Резник Ю.О.* Объектно-ориентированный анализ и проектирование нового поколения интеллектуальных приборных комплексов для отработки аэрокосмических технологий. // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – № 8. – 2000.
2. *Перцовский М.И., Микельсон О.В., Птищев А.В.* Унифицированная интегрированная система автоматизации как основа реконструкции и технического перевооружения испытательной базы крупных промышленных предприятий. // Автоматизация в промышленности. – № 10. – 2015.
3. *Галеев А.Г., Захаров Ю.В., Макаров В.П., Родченко В.В.* Проектирование испытательных стендов для экспериментальной отработки объектов ракетно-космической техники. – М.: Изд-во МАИ, 2014.
4. *Серов А.Ю., Соловьёв С.Ю.* SIMATIC WinCC Open Architecture 3.17: не просто новая версия. // ИСУП. – № 4 (88). – 2020.
5. *Kulaga R., Arroyo Garcia J., Genuardi E., Golonka P., Gonzalez Berges M., Tournier J.-C., Varela F., Boccioli M.* Large-scale upgrade campaigns of SCADA systems at CERN – organisation, tools and lessons learned. // Proceedings of ICALEPCS2017, Barcelona, Spain. – 2017.
6. *Golonka P., Gonzalez-Berges M., Hofer J., Voitier A.* Database archiving system for supervision systems at CERN: a successful upgrade story. // Proceedings of ICALEPCS2015, Melbourne, Australia. – 2015.

Соловьёв Сергей Юрьевич – канд. техн. наук, руководитель Центра компетенций,

Серов Андрей Юрьевич – ведущий инженер по интеграции проектов,

Кондрашкин Антон Андреевич – технический специалист,

Управление «Цифровое производство», ООО «Сименс».

Контактный телефон +7 (495) 737-1-737.

E-mail: wincco.ru@siemens.com

icc.ru@siemens.com

На Иннопром online оценили ценность цифровизации

30 сентября 2020 г. на универсальной промышленной платформе ИННОПРОМ прошла online трансляция сессии, в рамках которой эксперты Иннопром поделились опытом по внедрению цифровых кейсов, обсудили проблематику применения цифровых технологий на промышленных предприятиях, оценили российский и международный опыт в этой сфере. Официальным партнером сессии выступил Siemens. Генеральный партнер проекта Иннопром online – Правительство Свердловской области.

Завен Киракосов, руководитель проектов ЕВРАЗ Групп рассказал в своем выступлении о том, что в компании с 2017 г. активно ведутся проекты по цифровизации, проекты-пилоты. Он отметил, что в ЕВРАЗ Групп подошли к пониманию того, что программа цифровизации должна быть выстроена и вестись более агрессивно. По его словам, в организации был осуществлен переход от стратегии последователей к стратегии новаторов.

Руководитель проектов по цифровизации и предиктивной аналитике Siemens в России Дмитрий Большов заявил, что объем инвестиций компаний в цифровую трансформацию за последние десять лет вырос в мире в 20 раз.

Компания Siemens начала процессы цифровизации пять лет назад сразу на 30 производственных площадках по всему миру.

Официальный оператор ежегодной международной промышленной выставки ИННОПРОМ ГК «Формика» объявил о запуске Иннопром онлайн в середине апреля. Онлайн сессии INNOPROM проходят каждую среду с 12:00 до 13:30. Просмотр доступен для всех на странице <https://innoprom.com>