

УДК 004.75

УПРАВЛЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИЕЙ АСУ ПРЕДПРИЯТИЕМ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЕЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

В. Г. Гришаков,

канд. техн. наук, ст. помощник начальника отдела

И. В. Логинов,

канд. техн. наук, инженер

Д. В. Христенко,

канд. техн. наук, начальник отдела

Академия ФСО России, г. Орел

Рассмотрен подход к управлению модернизацией АСУ предприятием на основе информационной поддержки ее жизненного цикла. Интеграция данных обо всех компонентах АСУ предприятием — от анализа потребностей предприятия и пользователей до сведений о введенных в эксплуатацию компонентах — позволяет улучшить управляемость и за счет этого повысить эффективность функционирования АСУ предприятия.

Ключевые слова — автоматизированная система управления предприятием, жизненный цикл, модернизация, информационная поддержка.

Введение

Автоматизированная система управления предприятием (АСУП) оказывает существенное влияние на эффективность его функционирования и является неотъемлемым элементом современного предприятия. Она включает множество компонентов, автоматизирующих выполнение технологических и управленческих процессов предприятия в ходе производства продуктов и услуг. Задача совершенствования предприятия, в том числе путем улучшения качества процессов и выпускаемых продуктов, изменение внешней обстановки обуславливают необходимость непрерывной модернизации АСУП с целью повысить эффективность автоматизации процессов предприятия.

Управление модернизацией АСУП осуществляет система административного управления (САУ), которая объединяет множество информационно-управляющих систем по мониторингу, анализу, поддержке принятия решений и их реализации. Каждая информационно-управляющая система использует собственную информационную модель, отражающую отдельные свойства компонентов АСУП, например, потребности пользователей, параметры качества обслужива-

ния, параметры функционирования технических устройств. Интеграция моделей в основном осуществляется в ручном режиме, при котором происходит потеря значительного объема данных, что связано с различием используемых представлений одинаковых компонентов АСУП в различных моделях. В целях повышения эффективности использования данных об АСУП предлагается осуществлять интеграцию данных на основе единой информационной модели. Управление на основе единой информационной модели предполагает применение ИПИ-подхода — концепции информационной поддержки жизненного цикла (ЖЦ) продукта (CALS) [1]. В нотации данного подхода модернизированное состояние АСУП выступает в роли выпускаемого продукта, а САУ — в роли виртуального предприятия по выпуску продукта.

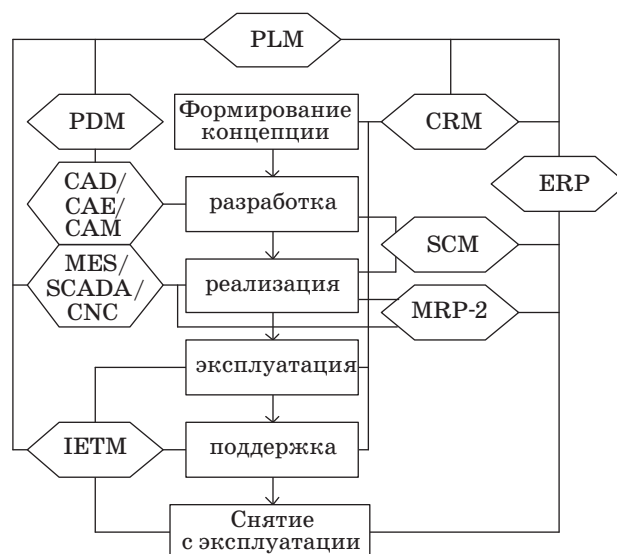
В настоящее время ИПИ-подход широко применяется для управления ЖЦ инновационных и сложных продуктов [2]. При этом вопросы его использования для управления модернизацией АСУП практически не рассмотрены. Потребности в повышении эффективности управления модернизацией АСУП определяют актуальность решения задачи применения ИПИ-подхода к процессам управления АСУП.

Информационная поддержка жизненного цикла продукта

Информационная поддержка ЖЦ продукта предполагает создание и развитие гибридной информационной модели продукта, которую наполняют и используют информационно-аналитические системы по управлению частными процессами выпуска продукта. Для разработки иерархической информационной модели и ее поддержки применяются две серии стандартов: ГОСТ Р ИСО 10303 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными» и ГОСТ Р ИСО 13584 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Библиотека деталей». Серия стандартов ГОСТ Р ИСО 10303 предназначена для определения формы однозначного машинно-ориентированного представления данных об изделии (информационной модели). Для описания информационной модели используется формальный язык EXPRESS, который позволяет описать данные и ограничения применительно к информационной модели компонентов АСУП. На основе данного языка используется четыре типа графических моделей: структуры ресурсов, прикладные функциональные модели, эталонные модели и интерпретированные модели. Для графического моделирования используются графические представления EXPRESS-G, IDEF0, IDEF1X, NIAM. Серия стандартов ГОСТ Р ИСО 13584 предназначена для интеграции множества информационных моделей в рамках библиотеки.

На основе единой гибридной информационной модели поддерживается интегрированная информационная среда. Для такой среды осуществляется поддержка целостности данных и возможности их повторного использования. Информационная модель продукта тесно связана с ЖЦ, поскольку на различных этапах и процессах выделяются различные по важности компоненты. Жизненный цикл продукта как системы определен в ГОСТ Р ИСО 15288:2008 «Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем», который предполагает наличие у каждой системы набора переходящих друг в друга этапов ЖЦ и процессов. Для управления каждым этапом и процессом ЖЦ продукта существует набор гибридных информационно-управляющих и информационно-аналитических систем, автоматизирующих управление и выполнение отдельных процессов. Общая структура АСУП и ее влияние на этапы ЖЦ представлены на рис. 1.

Управление данными (информационной моделью) возлагается на PLM-системы (Product Lifecycle Management), которые осуществляют под-



■ **Рис. 1.** Интеграция данных о продукте множества информационно-управляющих систем в рамках АСУП

держку данных о продукте на протяжении всех этапов ЖЦ. При этом ИПИ-подход является методологией формирования единого информационного пространства о продукте, обеспечивающей создание и взаимодействие всех автоматизированных систем. Средством реализации ИПИ-подхода как раз и являются PLM-системы. При реализации целей и задач ИПИ-подхода придерживаются следующих принципов:

- информационная поддержка всех этапов ЖЦ продукта;
- единство представления и интерпретации данных в процессах информационного обмена между автоматизирующими системами АСУП;
- доступность информации для всех участников ЖЦ продукта;
- унификация и стандартизация средств взаимодействия подсистем;
- поддержка процедур совмещенного проектирования продуктов.

В настоящее время развитие PLM-систем связано с объединением технологической информации от PDM-, MES-, IETM-систем, что не в полной мере определяет законченную информационную модель продукта. Для создания полной информационной модели, учитывающей все этапы и процессы ЖЦ продукта, необходимо интегрировать существующие PLM-системы с системами управления ресурсами предприятия (ERP), управления взаимодействием с клиентами (CRM) и управления цепочками поставок (SCM), которые описывают дополнительные параметры продукта с точки зрения обеспечения его производства в рамках расширенного предприятия.

Для реализации PLM-систем предложены три группы технологий [3]:

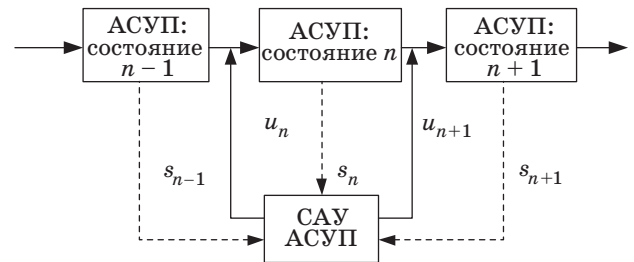
- реинжиниринг бизнес-процессов ЖЦ продукта;
- представление данных о продукте в виде единой информационной модели;
- управление единой информационной моделью наукоемкого продукта.

Информационная модель продукта является основой для управления ЖЦ. В литературе рассматривается базовая модель продукта (Core Product Model — СРМ), создание которой связано с необходимостью наличия для успешного функционирования PLM-систем достоверных, полных и эффективных моделей данных [4]. Рассматриваются расширенные модели данных о продукте: Open Assemble Model, Product Semantic Representation Language, Design-Analysis Integration, Product Family Evolution Model, Heterogeneous Material Model, Mechatronic Device Model, Embedded System Model [5]. На базе PLM осуществляется проектирование процессов и средств их автоматизации на основе интерфейсов взаимодействия [6]. Для управления конфигурациями — спецификациями информационной модели — реализуется конфигурационное управление на основе построения моделей в PLM-системах [7].

Существующие PLM-системы нашли широкое распространение для управления ЖЦ продуктов, в том числе близких по типу к АСУП электронных систем [8]. Современный рынок PLM составляет около 25 млрд дол. (согласно CIMdata). Среди крупнейших PLM-систем выделяются Dassault Systemes ENOVIA, Lotsia PLM, Oracle PLM, SAP PLM, Siemens A&D UGS PLM Software TeamCenter. Среди российских систем отмечают «Лоцман: PLM» и «1С: PDM 2.0». Успешное внедрение ИПИ-подхода позволяет использовать его и в других сферах деятельности, в частности для организации управления ЖЦ АСУП.

Управление жизненным циклом АСУП на основе гибридной модели

Автоматизированная система управления предприятием является сложной организационно-технической системой со множеством элементов. В процессе развития состояние АСУП, характеризующееся системой уровней качества предоставляемых информационных, телекоммуникационных и автоматизирующих услуг (ИТ-услуг), последовательно изменяется. Переходом из одного состояния в другое управляет система административного управления. В связи с этим процесс развития АСУП можно представить в виде смены ее состояний, происходящих под влиянием управляющих воздействий. В качестве таких воздей-



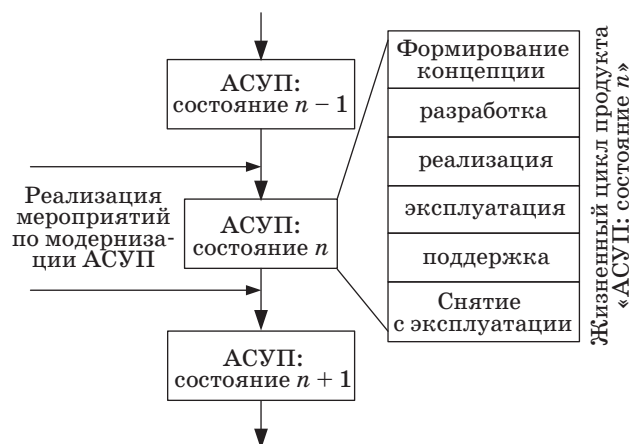
■ Рис. 2. Модель развития АСУП как управляемая смена состояний

ствий рассматриваются мероприятия модернизации, проводимые системой административного управления (рис. 2).

Представленная модель АСУП позволяет применить к ней ИПИ-подход. В терминах ИПИ-подхода состояние АСУП представляет собой продукт, а система административного управления АСУП — виртуальное предприятие по выпуску продуктов — состояний АСУП. У состояния АСУП можно выделить виртуальные этапы ЖЦ. При этом ЖЦ состояния АСУП по времени функционирования превосходит время нахождения АСУП в данном состоянии (рис. 3).

Жизненный цикл состояния АСУП определяет последовательность этапов подстройки АСУП под требования предприятия и условия внешней среды. Для описания ЖЦ используется серия стандартов ISO 15288:2008. Следует отметить, что для описания этапов и процессов ЖЦ АСУП применяются и более адекватные адаптации моделей ЖЦ под реальные требования предметной области, в частности, модели Зачмана и их дальнейшие модификации [9].

На различных этапах и процессах ЖЦ для автоматизации деятельности сотрудников САУ АСУП, основой которой являются ИТ-подразделения предприятия, применяется множество ин-



■ Рис. 3. Отображение жизненного цикла продукта на смену состояний АСУП



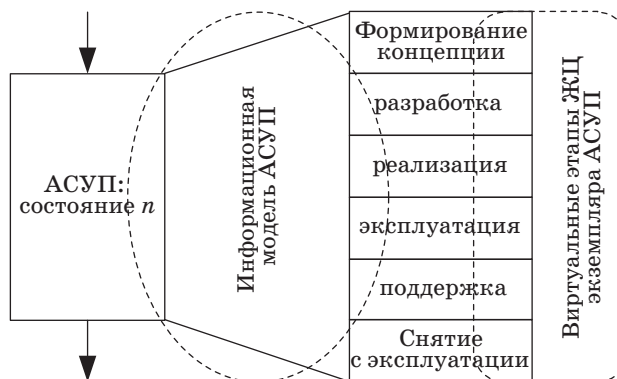
■ Рис. 4. Средства управления жизненным циклом АСУП

формационно-аналитических систем (рис. 4). Их основной частью являются средства автоматизации оперативного управления, которые решают задачи администрирования в соответствии с концепцией ITSM. Для управления ИТ-инфраструктурой предприятия, являющейся технической составляющей АСУ, существует несколько крупных системных информационно-аналитических систем: HP OpenView, Tivoli (IBM), System Center (Microsoft), Unicenter (Computer Associates). Значительную роль в функциональном разделении элементов информационно-аналитических систем играет стандарт ISO 20000, определяющий основные функциональные компоненты в пяти основных группах процессов: управление оказанием услуги, управление взаимоотношениями, управление решением проблем, управление проблемами и управление состояниями. В рамках других этапов используются дополнительные информационно-аналитические системы: мониторинга потребностей и состояния, анализа данных, проектирования, разработки, моделирования, управления проектами и др.

Система оперативного управления использует в своей работе данные об управляемых объектах. Согласно терминологии ITIL, управление конфигурационными данными осуществляет система управления конфигурациями (Configuration Management System — CMS), под управлением которой находятся данные о ЖЦ конфигурационных элементов. В качестве конфигурационных элементов выступают актив, компонент сервиса и любой другой управляемый ИТ-элемент, к которым относятся ЖЦ сервиса, сервис, организационные, внутренние, внешние и интерфейсные конфигурационные элементы. Данные о конфигурационных элементах содержатся в базе данных о конфигурации (CMDB) [10].

К информации о конфигурации предъявляются требования актуальности, достоверности и востребованности. Управление на основе конфигурационной информации тесно связано с управлением на основе информационной модели (Model Driven Configuration Management — MDCM). Однако указанные модели ориентированы на представление компонентов АСУП с точки зрения оперативного управления на этапе эксплуатации. Использование ИПИ-подхода предполагает создание единой информационной модели АСУ на всех этапах ЖЦ. В соответствии с данным подходом для совершенствования управления ЖЦ АСУП необходимо расширить информационную модель на все этапы и процессы ЖЦ. Это приведет к созданию единой информационной модели, описывающей ИТ-инфраструктуру (как элементов конфигурационного управления, так и других контролируемых элементов, например, информационно-справочных), а также взаимодействующих элементов предприятия в соответствии с информационной моделью предприятия (рис. 5).

Информационная модель пронизывает все процессы и стадии ЖЦ и объединяет данные о компонентах АСУП. Использование ИПИ-подхода на основе единой модели позволяет совершенствовать организационную схему управления ЖЦ состояния АСУП, в том числе внедрить системы и средства управления этапами формирования концепции (процессы определения потребностей пользователей, в том числе их формирования), разработки и реализации ИТ-сервисов (процессы управления ИТ-проектами, проектирования инфраструктуры и сервисов, внедрения сервисов). Управление состоянием АСУП на всех стадиях ЖЦ происходит аналогично управлению продуктом и связано с разработкой и последующим внедрением набора сервисов. При этом осуществляется активное выявление и формиро-



■ Рис. 5. Интеграция единой информационной модели АСУП для управления всем жизненным циклом

вание потребностей пользователей АСУП в новых продуктах, в том числе за счет технических, организационных и маркетинговых мер. Для управления всем ЖЦ требуется модификация САУ АСУП путем включения в ее состав дополнительных информационно-аналитических средств наподобие PLM-систем, гибридных моделей компонентов АСУП, а также совершенствования методов работы персонала ИТ-подразделения по управлению процессами модернизации АСУП.

Система административного управления жизненным циклом АСУП

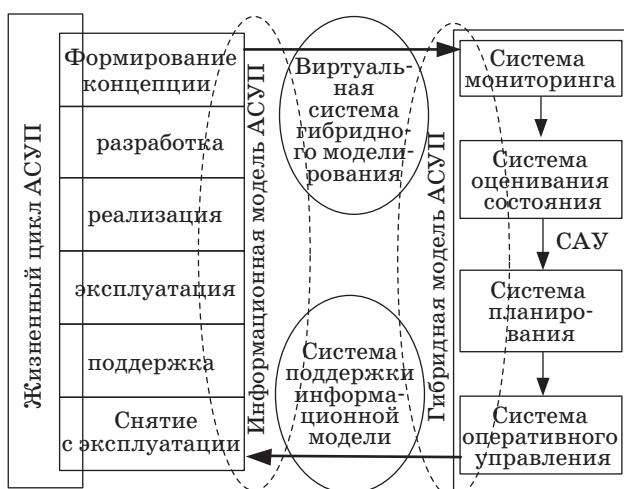
Модернизацию информационно-вычислительной сети АСУП осуществляет подразделение головного администрирования, опираясь на перспективный план развития АСУП, который формируется на основе задач, стоящих перед предприятием. При этом перспективный план развития АСУ носит долгосрочный характер и строится на прогнозах состояния предприятия и внешней среды (прогнозах развития рынка и смежных отраслей). САУ жизненным циклом АСУП базируется на исходной архитектуре ИТ-подразделения и включает подсистемы мониторинга, оценивания состояния, планирования и оперативного управления (рис. 6). Основным отличием от исходных моделей организации является расширение функциональности, связанное с необходимостью управления АСУП на всех этапах ЖЦ. При этом если в рамках исходной САУ функции планирования и управления предоставлением ИТ-сервисов (ERP- и MES-систем АСУП) реализованы на достаточно высоком уровне, то функции взаимодействия с пользователями и внешней средой, а также управления приобретением внеш-

них сервисов (SCM- и CRM-систем) должны быть расширены.

Расширение функциональных возможностей подсистем САУ предполагает совершенствование отдельных ее компонентов с точки зрения как процессов, так и технического оснащения. При этом САУ может быть представлена в виде виртуального предприятия, осуществляющего поддержку АСУП [11]. Совершенствование системы мониторинга направлено на повышение эффективности сбора данных не только о состоянии технических устройств и информационно-аналитических систем, но и о потребностях пользователей в новой функциональности, недостатках функционирования информационно-аналитических систем, технологиях и системах повышения автоматизации бизнес-процессов предприятия. Функциональность системы оценивания состояния должна быть расширена в направлении определения потребностей пользователей к инновациям, их готовности к освоению новых информационно-аналитических систем, способности новых технологий улучшить бизнес-процессы предприятия и повысить эффективность производства продукции. Совершенствование системы планирования направлено на более полный учет целей и задач предприятия, условий функционирования, наличия новых технологий выполнения процессов выпуска продуктов, а также на совершенствование процессов подготовки проектов модернизации. Расширение функциональности системы оперативного управления связано с повышением уровня взаимодействия с пользователями по их технической и методической поддержке. Расширение функциональности САУ направлено на расширение процессов управления АСУП на весь ЖЦ, что приводит к совершенствованию процессов и результативности модернизации.

Важным аспектом совершенствования САУ является обеспечение ее интеллектуальности путем использования при ее создании технологий сетей распределенных экспертно-моделирующих систем [12]. Использование таких сетей обеспечивает, с одной стороны, возможность генерации целей и задач административного управления в контуре синтеза цели, а с другой стороны, применение экспертных методов и возможность накопления опыта по развитию АСУП и ее компонентов на всех этапах ЖЦ в контуре достижения цели. Синтез целей и задач администрирования обеспечивается возможностью выбора на уровне всей АСУП перспективных направлений совершенствования, компоненты для реализации которых и создаются на основе синтезированных целей.

Основу интеллектуальности САУ составляет использование экспертов в комбинации с гибридным моделированием и методами хранения зна-



■ Рис. 6. Система административного управления жизненным циклом АСУП

ний для подготовки предложений по развитию компонентов АСУП и ИТ-инфраструктуры. При этом задействуются как внутренние, так и внешние эксперты, являющиеся квалифицированными специалистами по развитию выделенных компонентов. Для обеспечения их работы создается система снабжения методическими, инструментальными и информационными ресурсами, а также среда взаимодействия, предназначенная для организации гибких экспертных групп при формировании и обосновании предложений по развитию. Вопросы методической поддержки затрагивают технологии модернизации и проектирования компонентов АСУП (методы синтеза, аналогии, технологии проектирования через модель [13, 14]). Для создания экспертных групп, а также оценивания их предложений используются методы очной, очно-заочной и виртуальной экспертизы. В качестве инструментов выступает все многообразие технических средств, которые применяются при интеллектуальном сборе и анализе данных о компонентах АСУП.

Второй важной особенностью САУ — виртуальных предприятий является совершенствование используемых в процессе модернизации гибридных моделей АСУП, которые чаще всего формализуются в виде информационно-логических моделей. Модель АСУП, предназначенная для использования в процессах модернизации, является аналогом распределенной гибридной модели, созданной для целей администрирования.

Гибридная модель АСУП используется для проверки адекватности предлагаемых проектных решений по модернизации АСУП. Гибридная модель разрабатывается на основе единой информационной модели ЖЦ АСУП. В рамках САУ в процессе административного управления генерируется множество интерпретаций информационной модели, например спецификации ИТ-инфраструктуры и компонентов, модели конфигурационного управления [15], используемые в частных процессах управления АСУП. Управление гибридными моделями осуществляется с использованием системы автоматизации, являющейся составной частью виртуальной системы гибридного моделирования (см. рис. 6). Гибкость модели определяется возможностью ее адаптации под структуру АСУ конкретного предприятия за счет структурной и параметрической настройки. При этом реализуются механизмы внедрения дополнительных моделей, в том числе агрегированных, для описания новых компонентов АСУП и ИТ-инфраструктуры. В состав виртуальной системы гибридного моделирования входят средства локального и удаленного моделирования, базы моделей и методики моделирования, система управления запросами на моделирование.

Для накопления опыта модернизации и оперативного управления АСУП осуществляется непрерывное пополнение базы моделей и методик по моделированию АСУП путем:

- создания новых базовых и гибридных моделей администраторами в рамках САУ;
- получения моделей при закупке ИТ-компонентов от внешних поставщиков и интеграторов;
- получения моделей и методик из внешних источников, в частности через сеть Интернет.

Внедрение новых моделей в единую гибридную модель АСУП повышает ее адекватность реально существующей АСУП и, следовательно, позволяет повысить точность прогнозирования состояния компонентов. С другой стороны, обеспечивается ее соответствие при структурной динамике исходному объекту. Тем самым параллельно с развитием АСУП происходит развитие ее гибридной модели, используемой в рамках концепции интеллектуального управления.

Обновляемая гибридная модель АСУП используется не только для оценивания состояния, но и для распространения накопленного опыта, а именно для обучения сотрудников подразделений администрирования подготавливать и принимать решения по административному управлению ЖЦ. Для этого сотрудники совершенствуют профессиональные качества, решая профессионально значимые задачи в рамках моделирования проблемных ситуаций администрирования.

Интеллектуализация САУ позволяет повысить качество подготавливаемых управленческих решений по модернизации АСУП. При этом предлагается не только внедрять частные методы интеллектуализации, но и создавать комплексную интеллектуальную систему администрирования, в которой интеллектуальные методы будут применяться на всех этапах подготовки и реализации управленческих решений процессов администрирования.

Активное определение потребностей пользователей и требований бизнес-процессов предприятия и реализация ИТ-сервисов для их удовлетворения на основе интеллектуального анализа на гибридных моделях, выполняемые в рамках концепции САУ — виртуального предприятия позволяют:

- повысить эффективность удовлетворения требований пользователей ИТ-инфраструктуры за счет более качественного анализа;
- повысить адекватность нового состояния АСУП состоянию предприятия и внешней среды за счет реализации наиболее актуальных ИТ-сервисов и их точной настройки;
- повысить оперативность реагирования на изменение бизнес-процессов предприятий при изменении условий внешней среды за счет непрерывной оценки состояния АСУП;

— повысить уровень интеграции различных компонентов САУ за счет использования однотипных управляемых объектов;

— повысить оперативность выявления новых потребностей пользователей АСУП и реализации ИТ-сервисов для их удовлетворения.

Заключение

В работе рассмотрен подход к совершенствованию системы административного управления АСУП путем внедрения информационной поддержки ее ЖЦ. Согласно методу аналогии по управлению ЖЦ продукта (CALS/ИПИ-подходу), состояние АСУП рассматривается как сложный продукт, а САУ в этом случае выступает в роли виртуального предприятия по выпуску экземпляров АСУП. Использование ИПИ-подхода предполагает расширение информационной модели на все этапы и процессы ЖЦ, что приводит к необходимости совершенствовать систему управле-

ния конфигурациями. Для внедрения ИПИ-подхода предложена модель организации САУ особого типа, позволяющая накапливать и обобщать опыт по управлению ЖЦ АСУП за счет гибридной модели компонентов АСУП, создаваемой на базе информационной модели. Внедрение методов интеллектуального анализа данных на основе сетей распределенных экспертно-моделирующих систем позволяет повысить интеллектуальность административного управления. Использование моделирования дает возможность оперативно получать срезы по текущему состоянию АСУП и ее компонентов, прогнозировать развитие АСУП и на основе прогноза обоснованно выбирать направления развития и мероприятия модернизации. Дальнейшим направлением исследования является совершенствование архитектуры САУ, а также методов генерации единой информационной модели при условии различного представления исходных описаний на уровне семантики и синтаксиса.

Литература

1. Кольцова А. А. Современная организация и управление бизнес-процессами на основе CALS-технологии // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2005. № 88. С. 106–109.
2. Губанов Н. Г. Анализ методов информационной поддержки принятия решений управления жизненным циклом сложных технических объектов // Вестник Самарского ГТУ: технические науки. 2006. № 41. С. 12–18.
3. Кульга К. С. Особенности реализации базовых технологий PLM-систем для машиностроительного производства // Вестник УГАТУ. 2009. Т. 13. № 2. С. 51–60.
4. Fenves S. J., Foufou S., Bock C., Sriram R. D. CPM: A Core Model for Product Data // J. of Computing and Information Science in Engineering. Oct. 2005. P. 238–246.
5. Xuwei P., Lijun F., Yiming W. Product Family Lifecycle Information Interration Model and its Application // Applied Mechanics and Materials. 2011. Vol. 58–60. P. 624–629.
6. Sellgren U. PLM managed and interface-driven design // 2nd Nordic conf. on product lifecycle management. Jan. 28–29, 2009. P. 12.
7. Zina S., Lombard M., Lossent L., Henriot C. Generic Modeling and Configuration Management in Product Lifecycle Management // Intern. J. of Computers, Communications & Control. 2006. Vol. 1. N 4. P. 126–138.
8. Rohdin M., Soderberg J. A PLM Approach for development of automotive electronic systems // 2nd Nordic conf. on product lifecycle management. Jan. 28–29, 2009. P. 10.
9. Рогозов Ю. И., Бутенков С. А., Свиридов А. С., Горбань Н. С. Систематизации моделей жизненного цикла информационных систем в рамках схемы J. Zachman // Изв. Южного фед. ун-та. 2008. № 1. С. 68–72.
10. Kleiner F., Abecker A. Towards a Collaborative Semantic Wiki-based Approach to IT Service Management // Proc. of I-SEMANTICS 09. 2 Sept. 2009. P. 6.
11. Гришаков В. Г., Логинов И. В. Представление систем административного управления АСУП в виде виртуальных предприятий // Информатика и системы управления. 2011. № 3(29). С. 125–132.
12. Христенко Д. В., Лебедев Е. В., Воробьев А. А. Сеть распределенных экспертно-моделирующих систем и методика оценки ее качества // Изв. ОрелГТУ. Сер. 2. № 4. 2007. С. 207–214.
13. Гриф М. Г., Гениатулина Е. В. Методы формирования множества альтернатив процесса функционирования человеко-машинных систем на основе аналогий // Сб. науч. тр. НГТУ. 2008. № 1(51). С. 35–40.
14. Gerz M., Bau N., Loaiza F., Wartic S. Managing Complex Interoperability Solutions using Model-Driven Architecture // 16th ICCRTS, June 21–23, 2011, Quebec. P. 18.
15. Weller J., Esswein W. Consequences of Meta-Model Modifications within Model Configuration Management // Meta-Modelling and Ontologies: Proc. of the 2nd workshop on Meta-Modelling, WoMM 2006. P. 125–139.