

Предпосылки создания единой автоматизированной системы управления предприятием (АСУП) на всех стадиях жизненного цикла: от строительства до вывода из эксплуатации

С.И. Боридько, С.А. Клятецкий

Аннотация - В данной статье раскрывается ряд внешних и внутренних вызовов, оказывающих влияние на подходы к строительству и эксплуатации АЭС, а также один из путей их преодоления – создание автоматизированной системы управления предприятием на всех стадиях жизненного цикла. Автоматизированная система управления предприятием: комплекс программных, технических, информационных и организационно-технологических средств для эффективного планирования и управления бизнес-процессами на АЭС, оптимизации затрат и обеспечения безопасности выработки электроэнергии на АЭС. Раскрыта основная функциональность АСУП на разных этапах жизненного цикла АЭС (строительство, эксплуатация, вывод из эксплуатации), а также раскрыта укрупненная структура (структурные подсистемы) АСУП. На основе анализа бизнес-процессов сформированы функциональные блоки (стадии «эксплуатация») и показано их «покрытие» информационными системами. Перечислены стадии создания АСУП. Обосновано выполнение НИР предшествующей проектированию АСУП. Результатами НИР должны явиться концепция АСУП и техническое задание на создание АСУП. Основой разработки концепции и ТЗ должен являться гармонизированный набор функциональных и нефункциональных требований к системе.

Ключевые слова - автоматизированная система управления предприятием (АСУП), строительство, эксплуатация, СОИБ, АЭС, стадии создания.

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время цифровые технологии переходят на уровень, позволяющий создавать и эффективно использовать единые автоматизированные системы управления предприятиями на всем жизненном цикле предприятия (со строительства до вывода из эксплуатации и рекультивации участка местности) [1-2].

Государственная корпорация «Росатом» – ведущая в мире инжиниринговая компания по созданию атомных электростанций. Она выполняет строительство атомных станций (далее – АЭС) на всех континентах в 14 странах, занимая до 30% мирового рынка. В настоящее время выполнены работы по созданию 31 энергоблока, портфель заказов оценивается в 120 миллиардов долларов (33 энергоблока).

Статья получена 12 февраля 2025.

Боридько С.И. д.т.н., профессор, Директор Департамента НИОКР ИРД АО «КОНСИСТ-ОС» (e-mail: boridko-si@rosenergoatom.ru)

Клятецкий С.А. Заместитель Директора Департамента АСУ ТП и КИИ ГК «Росатом» (e-mail: SteAleKlyatetsky@rosatom.ru)

II. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ

При строительстве в современных условиях требуется решить множество задач, что обуславливает острую необходимость повышения эффективности управления, сокращения временных издержек и минимизации ошибки в данных. Особую значимость это приобретает для проектов по строительству АЭС, которые требуют адекватных управленческих реакций для обеспечения своевременной реализации проектных решений на всех этапах сооружения АЭС.

Это возможно только на основе своевременной, точной и достоверной информации, поступающей во все автоматизированные системы управления.

Рост портфеля заказов в современных условиях порождает ряд внешних и внутренних вызовов, оказывающих влияние на подходы к строительству и эксплуатации АЭС:

- резкое увеличение объемов строительства, при этом продолжает использоваться значительный объем устаревших технологий и инфраструктуры, применяемых в ходе проектирования и строительства АЭС;
- проблемы, связанные с импортозамещением и введенными санкциями;
- сложность и масштаб моделируемого объекта (АЭС) и процессов его жизненного цикла (АЭС содержит более 10 миллионов элементов и имеет сложную структуру, стоимость сооружения более 5 миллиардов долларов, длительный срок создания, не менее 5 - 7 лет);
- дефицит данных и моделей в цифровом виде, поскольку многие проекты АЭС и их компоненты базируются на советских разработках восьмидесятых годов;
- противоречие в скорости развития и трансформации цифровых технологий, инструментария, продуктов и классических технологических процессы и управленческих процессов;
- повышение значимости информационной безопасности.

Этот набор вызовов порождает необходимость адаптации и внедрения новейших информационных технологий в сферу управления полным жизненным циклом АЭС, в том числе таких как искусственный интеллект.

В Российской Федерации был выполнен анализ российских строительных проектов и временных затрат

на строительство. Исследования показывают, что процессы строительства организованы с недостаточной эффективностью. Среднестатистический крупный проект в России имеет лишь 28-30% времени, реально потраченного на полезные работы (Рисунок 1).

основе данных, знаний и процедур.

III. КОНФИГУРАЦИЯ РЕШЕНИЯ

Одним из вариантов решения сформулированной проблемы является проектирование, разработка и

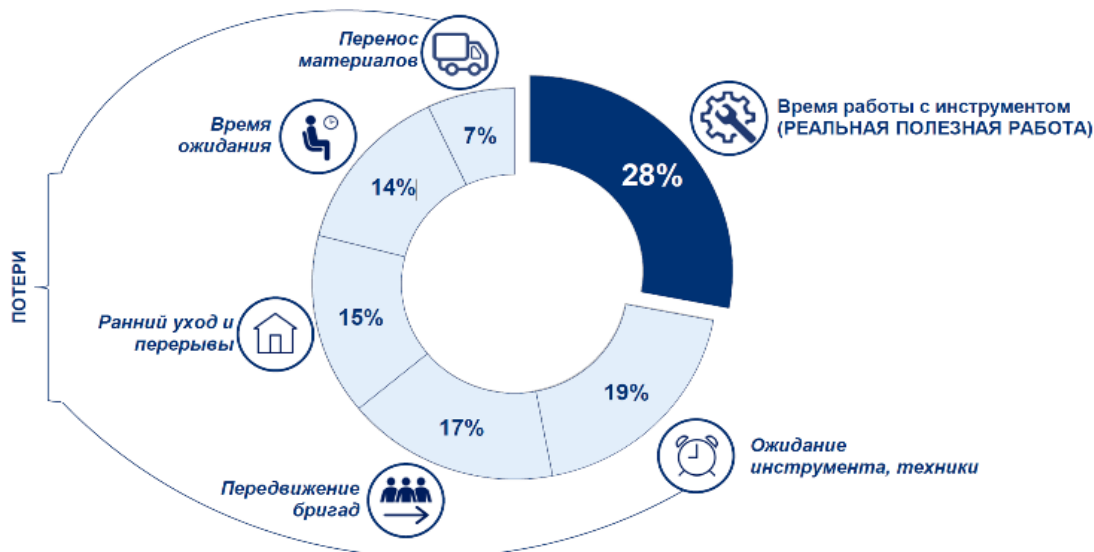


Рисунок 1. Результаты анализа распределения времени в строительстве.

Остальные 70% представляют собой потери, вызванные несоблюдением трудового режима, отклонениями от графика поставок, лишними перемещениями, ожиданиями, простоями, перемещением материалов и другими факторами [3].

Таким образом, перед нами комплексная проблема [4-10]. Она включает:

- внешние вызовы;
- сложность самого продукта;
- увеличение технологической сложности решений для управления строительством;
- незрелость процессов автоматизации;
- архаичную практику в строительных процессах;
- не достаточную эффективность, сложившуюся исторически.

Описанная ситуация порождает потребность в создании автоматизированной системы управления предприятием, на основе цифрового шаблона жизненного цикла (создания, эксплуатации, и вывода из эксплуатации), то есть цифровой платформы управления процессами жизненного цикла атомной станции на

внедрение единой автоматизированной системы управления предприятием (далее – АСУП) на все стадии жизненного цикла АЭС (строительство, эксплуатация, вывод из эксплуатации). Авторами проанализирована и обоснована возможность использования такого подхода для создания типовой АСУП АЭС, на базе решений, примененных в ходе разработки АСУП Курской АЭС-2 и одобренных Архитектурным комитетом АО «Концерн Росэнергоатом» и Архитектурным советом ГК «Росатом» (определение, функциональная структура, архитектура, основные технические решения).

Автоматизированная система управления предприятием: комплекс программных, технических, информационных и организационно-технологических средств для эффективного планирования и управления бизнес-процессами на АЭС, оптимизации затрат и обеспечения безопасности выработки электроэнергии на АЭС.

Основное назначение АСУП – автоматизация бизнес-процессов предприятия.

На рисунке 2 представлена структура АСУП, которая укрупненно представлена следующими компонентами:

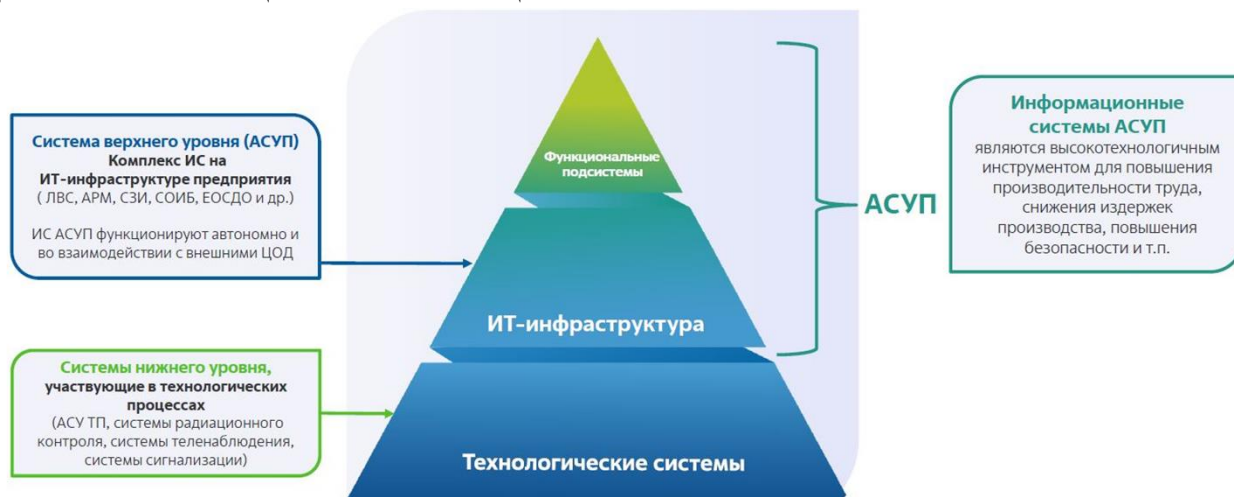


Рисунок 2. Укрупненная структура АСУП.

- ИТ-инфраструктура - серверы, АРМ, коммутаторы, оргтехника, ВКС-терминалы и т. д.;
- СОИБ - специализированные программные и программно-аппаратные средства;
- информационные системы, объединенные в единое информационное пространство, в комплексе создающие подсистему аналитической поддержки принятия управленческих решений.

В соответствии с требованиями законодательных актов Российской Федерации и локальных нормативных актов ГК «Росатом» таких как: Федеральный закон Российской Федерации от 26.07.2017 №187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации», Указ Президента РФ от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации», Приказ ФСТЭК от 25.12.2017 №239 «Об утверждении требований по обеспечению безопасности значимых

объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации», Приказ ГК «Росатом» от 30 мая 2022 г. № 1/671-П «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Госкорпорации «Росатом», Приказ АО «Концерн Росэнергоатом» от 24.08.2020 № 9/01/1250-П «Об утверждении и введении в действие Единых отраслевых методических указаний по категорированию объектов критической информационной инфраструктуры и Методических рекомендаций по категорированию объектов критической информационной инфраструктуры в АО «Концерн Росэнергоатом», все АСУП атомной отрасли должны защищаться как значимые объекты КИИ, а также современная АСУП должна быть импортонезависимой [11-17].

В целях определения требуемой функциональности АСУП и перечня востребованных информационных систем (далее – ИС) авторами были выполнены работы по изучению бизнес-процессов одной из АЭС.

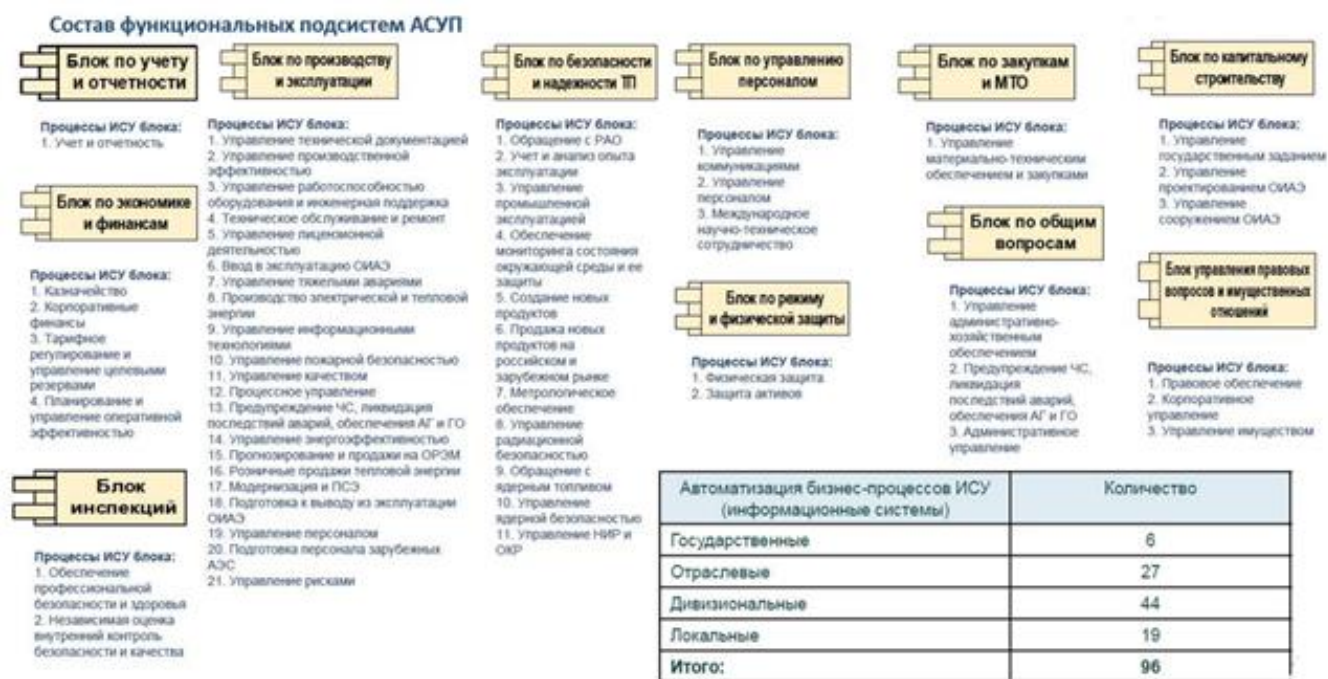


Рисунок 3. Распределение бизнес-процессов и количество информационных систем, требуемых для их автоматизации (для примера на стадии эксплуатации АЭС).

В результате обследования (предшествующему проектированию типовой АСУП) определено 11 функциональных подсистем (блоков управления), по которым распределены все процессы ИСУ (52 процесса, выполняемые на АЭС), а также 1051 функциональная задача подразделений, выполняемых в 41 подразделении. В целях создания импортонезависимых АСУП АЭС как значимых объектов критической информационной инфраструктуры (далее – КИИ), а также в целях управления оптимизацией финансовых и временных затрат на создание АСУП конкретных АЭС в дальнейшем, авторами предлагается структура типовой АСУП для АЭС российского дизайна.

а) Функциональные подсистемы - 11 подсистем, в которые вошли 104 ИС по блокам:

- блок по общим вопросам;

управление правовых вопросов и имущественных отношений;

- блок по производству и эксплуатации;
- блок по учёту и отчётности;
- блок по закупкам и МТО;
- блок по экономике и финансам;
- блок по капитальному строительству;
- блок инспекций;
- блок по управлению персоналом;
- блок по безопасности и надёжности;
- блок по режиму и физической защите.

б) Структурные подсистемы - ИТ-инфраструктура состоит из российского оборудования и программного обеспечения: серверы; СХД; сетевые коммутаторы; средства защиты информации, операционные системы, СУБД, программное обеспечение передачи данных.

Основные технические решения по архитектуре типовой АСУП АЭС российского дизайна одобрены архитектурным комитетом АО «Концерн Росэнергоатом» и архитектурным советом ГК «Росатом».

Распределение бизнес-процессов и количество информационных систем, требуемых для их автоматизации представлено на рисунке 3. (пример выполнен для стадии «Эксплуатация»).

АСУП стадии строительства должна иметь набор ИС отличный от представленного выше. Конкретный перечень ИС требует дополнительной проработки. Наибольшее расширение ИС получит блок «Капитальное строительство», блок «Производство и эксплуатация» будет модифицирован незначительно. Основное внимание будет уделено ИС позволяющим контролировать процесс строительства, визуализировать его, осуществлять процесс принятия решений в ходе строительства. Целесообразна интеграция в ИС значительного количества потоков объективных данных от «умных» устройств, таких как датчики BLE, RFID-метки, GPS-трекеры, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), защищенные планшеты и интеллектуальные часы, используемые для осуществления мониторинга на строительных площадках АЭС.

АСУП стадии «Вывода из эксплуатации» должна обеспечивать как работу с разнообразными накопленными данными стадий «Строительства» и «Эксплуатация», так и включать принципиально новые ИС, обеспечивающие сбор данных комплексного радиационно-инженерного обследования, разработку проектов и планов работ на радиационно-опасных объектах и информационную поддержку инженерных и бизнес-процессов, связанных с выводом из эксплуатации объектов использования атомной энергии.

III ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ И ЦЕЛЕВЫЕ ЭФФЕКТЫ

Проектирование, разработка и внедрение этих специализированных модулей АСУП АЭС потребует дополнительной проработки в единой архитектуре комплексной типовой информационной системе для полного жизненного цикла АЭС. Для единой АСУП полного жизненного цикла АЭС будут формироваться и накапливаться достоверные данные, единообразно и систематически однократно вводимые в БД АСУП на соответствующих стадиях ЖЦ АЭС и используемые без повторного поиска и ввода на следующих стадиях. Значительная часть общесистемного и специализированного программного обеспечения используется на различных стадиях ЖЦ АЭС, и их однократная интеграция в АСУП АЭС снижает общие издержки информационной поддержки. Аналогично, сквозному использованию подлежат элементы инфраструктуры. По предварительным оценкам, возможно задействовать до 75% компонент инфраструктуры для обеспечения функционирования ИС следующих стадий. Также при переходе между стадиями ЖЦ, продолжается бесшовная эксплуатация СОИБ, которая проектируется, создается и вводится синхронно с первыми функциональными модулями АСУП.

Важным является требование однородности программных архитектур и сопоставимости структур данных АСУП для всех АЭС российского дизайна, что позволит сопоставлять информацию для всей совокупности объектов, находить важные закономерности для управленческих процессов и формировать оптимальные решения за счет анализа всего массива данных по конкретному объекту в сравнении с объектами-аналогами. Данный функционал планируется организовывать с широким использованием технологий искусственного интеллекта.

С целью обеспечения функционирования АСУП в штатном режиме в условиях воздействия угроз безопасности информации должен создаваться СОИБ АСУП. Процесс создания автоматизированной (информационной) системы, а также одной из ее наиболее важных частей - СОИБ представляет собой совокупность упорядоченных во времени, взаимосвязанных, объединенных в стадии и этапы работ, выполнение которых необходимо и достаточно для создания автоматизированной системы, соответствующей заданным требованиям. Целевыми эффектами от реализации СОИБ АСУП будут:

- повышение управляемости бизнес-процессов, информационной и технологической безопасности функционирования АСУП;

- надежности функционирования АСУП (сохранение способности выполнять свои функции в любых условиях эксплуатации);

- экономической эффективности АСУП – реализация бизнес-процессов с учетом комплексного взаимодействия ИС между собой при минимально используемой инфраструктуре и затратах на персонал.

В действующем ГОСТ Р 59793-2021 «Автоматизированные системы. Стадии создания» выделяют восемь стадий создания ИС:

- формирование требований к системе;
- разработка концепции системы;
- разработка технического задания;
- разработка эскизного проекта;
- разработка технического проекта;
- создание рабочей документации;
- ввод в действие ИС;
- сопровождение системы.

В соответствии с требованиями указанного ГОСТ и широко распространенной практикой создания автоматизированных (информационных) систем на стадии «Разработка концепции системы» выполняются необходимые научно-исследовательские работы (далее – НИР), связанные с поиском путей и оценкой возможности реализации требований пользователя (Заказчика), описание и обоснование предлагаемого варианта концепции системы. Без проведения НИР и дальнейшего научного сопровождения ИТ-проекта возникают и зачастую реализуются риски, связанные с недостаточной предварительной научно-технической проработкой. Могут потребоваться широкие доработки отдельных компонентов и системы в целом. Это влечет потери времени и перерасход ресурсов в дальнейшем как

при создании системы, так и при ее сопровождении. При создании автоматизированной (информационной) системы требуется решение оптимизационной многокритериальной задачи, то есть достижение основной цели - выполнения востребованных Заказчиком функций оптимальным по большому количеству критериев образом при наличии существенных ограничений:

$$\begin{cases} F = f(x_j) \rightarrow \max(\min); \\ g_i(x_j) \leq b_i (i = 1, m); \\ d_j \leq x_j \leq D_j (j = 1, n). \end{cases}$$

Где, F – целевая функция, $g_i(x_j) \leq b_i$ - ограничения, $g_i(x_j) \leq b_i$ - достигаемые критерии.

К критериям оптимизации на практике относятся:

- уровень использования российского оборудования и ПО;
- уровень обеспечения информационной безопасности;
- оптимизация издержек на создание и эксплуатацию АСУП;
- непрерывность функционирования АСУП;
- уровень унификации ИТ решений;
- обеспечение резерва мощностей для непредвиденных сложных задач;
- уровень взаимодействия с унаследованными системами и минимизация потерь накопленных данных.

К ограничениям можно отнести:

- лимит финансирования;
- ограниченность номенклатуры российского ИТ-оборудования и ПО;
- значительные различия конфигураций АЭС и энергоблоков;
- разнородность унаследованных компонент АСУП для различных АЭС;
- дефицит цифровых компетенций управленческого и инженерного персонала отрасли.

Результатами НИР должны явиться концепция АСУП и техническое задание на создание АСУП. Основой разработки концепции и ТЗ должен являться гармонизированный набор функциональных и нефункциональных требований к системе. Подход, который предусматривает создание единой АСУП на все стадии жизненного цикла АЭС имеет целью:

1. снижение временных и финансовых издержек на всех стадиях жизненного цикла АЭС (включая строительство);
2. повышение надёжности и информационной безопасности всего информационно технологического ландшафта АЭС;
3. выполнение требований технологической независимости при создании автоматизированных систем управления.

IV ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье кроме рассмотрения основного функционала АСУП всех стадий жизненного цикла в атомной отрасли, обосновано применение указанной системы, раскрыты основные задачи, решаемые СОИБ АСУП, требования к программно-аппаратным элементам СОИБ и обоснована необходимость выполнения предварительной НИР предшествующей проектированию АСУП и входящей в ее состав СОИБ.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] WuX. Panoramic images and navigation systems for npp's workshops and equipment's// Тезисы докладов Международная научно-техническая конференция «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики». Москва 2024. Стр. 298.
- [2] McKinsey Global Institute. Reinventing construction: A route to higher productivity (February 2017).
- [3] Гришин М.О. Лучшие практики по управлению строительными проектами на примере Construction Industry Institute (CII). (2022.
- [4] Анализ возможности прогнозирования на исторических данных срывов сроков строительства с использованием методов машинного обучения// Современные проблемы физики и технологий, 2024г. Стр. 218-220.
- [5] Структура информационного контейнера третьего уровня зрелости и организация работы с нормативно-технической документацией в ходе жизненного цикла сложного инженерного объекта (<https://elibrary.ru/item.asp?id=44584142>) Мельников В.Е., Жабицкий М.Г., Куприяновский В.П., Джаппаров Р.Р. // International Journal of Open Information Technologies, 2021г. Т. 9, Вып. 1 Стр. 145-151.
- [6] Цифровой двойник сложного инженерного объекта - базовый концепт интеллектуальной трансформации энергетики (<https://elibrary.ru/item.asp?id=43939245>) // Жабицкий М.Г., Мельников В.Е., Бойко О.В. В сборнике: Альтернативная и интеллектуальная энергетика. Материалы II Международной научно-практической конференции. 2020. Стр. 270-271.
- [7] Применение text mining при формировании информационного контейнера нормативной документации третьего уровня зрелости информационной модели сложного инженерного объекта на примере энергоблока АЭС (<https://elibrary.ru/item.asp?id=44476738>) Жабицкий М.Г., Мельников В.Е., Джаппаров Р.Р. В книге: Применение технологий виртуальной реальности и смежных информационных систем в междисциплинарных задачах FIT-M 2020. Сборник тезисов международной научной конференции. 2020. Стр. 96-102.
- [8] Прогнозирование срывов сроков строительства с использованием машинного обучения на основе исторических данных о фактической продолжительности завершенных проектов (<https://elibrary.ru/item.asp?id=68641610>) Коньков В.В., Широков В.И., Жабицкий М.Г. International Journal of Open Information Technologies. 2024. Т. 12. № 8. Стр. 35-47.
- [9] Разработка системы для цифрового инженерно-строительного контроля с возможностью валидации текущего состояния по отношению к проектному на основе объективных визуальных данных (<https://elibrary.ru/item.asp?id=68641614>) Екимовская В.А., Жабицкий М.Г. International Journal of Open Information Technologies. 2024. Т. 12. № 8. Стр. 76-83.
- [10] Complex engineering object digital twins – power engineering smart transformation basic concept (<https://elibrary.ru/item.asp?id=71301490>) Zhabitskii M.G., Melnikov V.E., Boyko O.V. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Т. 1035. № 1. Стр. 012050.
- [11] Указ Президента РФ от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
- [12] Федеральный закон Российской Федерации от 26.07.2017 №187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
- [13] Приказ ФСТЭК от 25.12.2017 №239 «Об утверждении требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
- [14] Приказ ГК «Росатом» от 30 мая 2022 г. № 1/671-П «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности информационной инфраструктуры Госкорпорации «Росатом».

- [15] Приказ АО «Концерн Росэнергоатом» от 24.08.2020 № 9/01/1250-П «Об утверждении и введении в действие Единых отраслевых методических указаний по категорированию объектов критической информационной инфраструктуры и Методических рекомендаций по категорированию объектов критической информационной инфраструктуры в АО «Концерн Росэнергоатом».
- [16] ГОСТ Р 59793-2021 «Автоматизированные системы. Стадии создания».
- [17] MaoW. Bevelopment and application of the smart safety management platform// Сборник материалов МНТК-2024.

Prerequisites for the creation of a unified automated enterprise management system (NPP) for all life cycle stages: from construction to decommissioning

S.I. Boridko, S.A. Klyatetsky

Abstract - This article reveals a number of external and internal challenges that affect the approaches to the construction and operation of nuclear power plants, as well as one of the ways to overcome them - the creation of an automated enterprise management system at all stages of the life cycle. Automated enterprise management system: a set of software, hardware, information, organizational and technological tools for effective planning and management of business processes at nuclear power plants, optimization of costs and ensuring the safety of electricity generation at NPPs. The main functionality of the digital enterprise management system (DEMS) at different NPP life cycle stages (construction, operation, decommissioning) is revealed, as well as the enlarged structure (structural subsystems) of the DEMS. Essence of the DEMS functional blocks is articulated. Their coverage by information systems is shown based the business processes analysis. The stages of DEMS creation are listed. The implementation of R&D prior to the design of the automated process control system is substantiated. The results of the research should be the concept of the DEMS and the terms of reference for the creation of the DEMS system. The basis for the development of the concept and technical specification should be a harmonized set of functional and non-functional requirements for the system.

Ключевые слова - Automated Enterprise Management System, digital enterprise management system, construction, operation, decommissioning, information security ensuring, NPP, life cycle stages.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] WuX. Panoramic images and navigation systems for npp's workshops and equipment's// Abstracts of the International Scientific and Technical Conference "Safety, Efficiency and Economics of Nuclear Energy". Moscow 2024. Page. 298.
- [2] McKinsey Global Institute. Reinventing construction: A route to higher productivity (February 2017).
- [3] Grishin M.O. Best practices in construction project management on the example of Construction Industry Institute (CII), 2022.
- [4] Analysis of the Possibility of Forecasting Construction Delays Based on Historical Data Using Machine Learning Methods (<https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ytb0zx>) // Konkov V.V., Shirokov V.I., Zhabitskii M.G. // Modern Problems of Physics and Technology/ Collection of Abstracts of the XI International Youth Scientific School-Conference. Moscow, 2024 218-220.
- [5] Structure of the third-level experience information container and technical-regulatory documentation work organization during the life cycle of a complicated engineering object // Melnikov V.E., Zhabitskii M.G., Kupriyanovsky V.P., Djaparov R.R. (<https://elibrary.ru/item.asp?id=44584142>) // International Journal of Open Information Technologies, 2021 Vol. 9, №. 1, page. 145-151.
- [6] A digital twin of a complex engineering object is the basic concept of intelligent energy transformation (<https://elibrary.ru/item.asp?id=43939245>) // Zhabitskii M.G., Melnikov V.E., Boyko O.V. In: Alternative and Intelligent Energy. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Voronezh 2020. Page. 270-271.
- [7] Text Mining Application for the Third Level Regulatory Documentation Container Formation the Complex Engineering Object Information Model such as Nuclear Power Unit (<https://elibrary.ru/item.asp?id=44476738>), Zhabitskii M.G., Melnikov V.E., Djaparov R.R. In the book: Application of Virtual Reality Technologies and Related Information Systems in the Interdisciplinary Tasks of FIT-M 2020. Collection of Abstracts of the International Scientific Conference. 2020. Page. 96-102.
- [8] Predicting construction delays using machine learning based on historical data on the actual duration of completed projects (<https://elibrary.ru/item.asp?id=68641610>) Konkov V.V., Shirokov V.I., Zhabitskii M.G. International Journal of Open Information Technologies. 2024. Vol. 12. № 8. page. 35-47.
- [9] Development of a system for digital structural engineering control with the ability to validate the current state against the design state based on objective visual data (<https://elibrary.ru/item.asp?id=68641614>) Ekimovskaya V.A., Zhabitskii M.G.. International Journal of Open Information Technologies. 2024. Vol. 12. № 8. page. 76-83.
- [10] Complex engineering object digital twins – power engineering smart transformation basic concept (<https://elibrary.ru/item.asp?id=71301490>) Zhabitskii M.G., Melnikov V.E., Boyko O.V. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. T. 1035. № 1. page. 012050.
- [11] Decree of the President of the Russian Federation dated 30.03.2022 No 166 "On Measures to Ensure the Technological Independence and Security of the Critical Information Infrastructure of the Russian Federation".
- [12] Federal Law of the Russian Federation of 26.07.2017 No187-FZ "On the Security of the Critical Information Infrastructure of the Russian Federation".
- [13] FSTEC Order dated 25.12.2017 No239 "On Approval of the Requirements for Ensuring the Security of Significant Facilities of the Critical Information Infrastructure of the Russian Federation".
- [14] Order of Rosatom State Corporation dated May 30, 2022 No 1/671-P "On Measures to Ensure the Technological Independence and Security of the Information Infrastructure of Rosatom State Corporation".
- [15] Order of Rosenergoatom Concern JSC dated 24.08.2020 No 9/01/1250-P "On Approval and Implementation of the Uniform Industry Guidelines for the Categorization of Critical Information Infrastructure Facilities and the Guidelines for the Categorization of Critical Information Infrastructure Facilities in Rosenergoatom Concern JSC".
- [16] GOST R 59793-2021 "Automated Systems. Stages of Creation".
- [17] MaoW. Bevelopment and application of the smart safety management platform// Сборник материалов МНТК-2024.