

Е.Е. Ковшов,

доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»

А.А. Косач,

ведущий инженер - технолог АО «НИКИМТ-Атомстрой»,
Госкорпорация «Росатом»

О.А. Глухих,

директор ГБОУ «Школа №1454 «Тимирязевская», Москва

Промышленная информатика как базис цифрового производства и профессионального образования молодёжи

В статье рассматриваются прикладные аспекты промышленной информатики как основы цифровых технологий для максимальной автоматизации различных производственных процессов и создания безлюдных технологий, а также - для профессионального обучения молодёжи. В качестве иллюстрации приводится модель создания Цифровой инженерной школы для практической реализации непрерывного технического образования «Школа-ВУЗ-Производство».

Ключевые слова: промышленная информатика, Индустрия 4.0, цифровое производство, цифровая инженерная школа, профессиональное обучение.

1. Введение

Промышленная информатика как самостоятельное научное и инженерное направление возникла на стыке и в результате бурного развития науки, техники и информационных технологий. Термин «промышленный» относится к созданию реальных индустриальных программных приложений, а «информатика» относится к инфраструктуре, которая обеспечивает их разработку, внедрение и сопровождение на протяжении всего жизненного цикла их существования. Кроме того, информатика как наука предлагает инструменты и методы для анализа, обработки, преобразования и передачи информации. Промышленная информатика фокусируется, прежде всего, на автоматизации, основанной на знаниях как средстве реинжиниринга и модификации производственных процессов в промышленности.

Промышленная информатика не ограничивается только отраслями металлообра-

ботки, в ней, например, присутствуют отрасли знаний такие как: компьютерные системы управления, робототехника, интеллектуальные системы видеонаблюдения и обработки изображений, а также - сбора данных различной природы и обработки многомерных сигналов, где находят самое широкое применение математические методы и инструментальные средства информатики.

Промышленная информатика обладает набором методов и практик, которые используют анализ, обработку и распространение информации для достижения более значимых результатов в части эффективности, надежности и/или безопасности в промышленной среде. Область промышленной информатики стала одной из ключевых для интеллектуального управления и цифровых производственных технологий.

Прикладное значение промышленной информатики может быть представлено в следующем виде:

Промышленная информатика = подход к проблеме реального мира + ИТ-инструменты и методы

Инструменты проектирования информационных технологий (ИТ) для различных отраслей промышленности различаются в зависимости от характера функционирования той или иной отрасли.

Так, например, применение ИТ в обрабатывающей промышленности включает в себя моделирование процессов, планирование и управление производством, распределённые информационные системы управления материальными запасами и управления знаниями для прикладных научных исследований.

Промышленная информатика – здание, построенное на фундаменте «классической» информатики с использованием теории алгоритмов, нечеткой логики, искусственных нейронных сетей, искусственных иммунных систем, эволюционных и генетических алгоритмов и т.д., промышленного проектирования информационных систем, а также накопленного значительного практического опыта в области теоретической и прикладной информатики. Процессы промышленного проектирования определяются как набор логически связанных задач, выполняемых для достижения определенного результата, при этом процесс промышленного производства определяется на основе требований заказчика и его бизнес-интересов.

Сегодня использование цифровых промышленных технологий для максимальной автоматизации различных производственных процессов и создания безлюдных технологий – ключевое направление технологического развития производств не только в России, но и во всем мире, которое определяет их эффективность и конкурентоспособность.

2. Индустрия 4.0: научно-инженерный центр «Промышленная информатика»

В целях расширения спектра научных исследований по направлению «Индустрия 4.0», а также – повышения их интенсивности и эффективности в структуре Московского государственного технологического

университета «СТАНКИН» приказом ректора создан Научно-инженерный центр «Промышленная информатика» (далее – Центр).

В качестве основных задач, возложенных на Центр, выступают следующие:

- Развитие прикладных исследований как основы для создания новых знаний, освоения новых информационных и коммуникационных технологий, становления и развития важнейших направлений науки и техники в ключе парадигмы «Индустрия 4.0».

- Выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в интересах Министерства науки и высшего образования РФ, Министерства просвещения РФ, Министерства промышленности и торговли РФ, Государственных корпораций, оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации, иных юридических и физических лиц.

- Усиление влияния науки на решение образовательных и воспитательных задач, сохранение и укрепление базисного, определяющего характера науки для развития информационно-технологических направлений высшего образования и инженерных разработок в Университете.

- Эффективное использование научно-технического потенциала высшей школы для решения приоритетных задач обновления производства («Цифровое производство») и проведения социально-экономических преобразований («Цифровая экономика»).

- Развитие новых, прогрессивных форм научно-технического сотрудничества с образовательными, научными, проектно-конструкторскими, технологическими организациями и промышленными предприятиями с целью совместного решения научно-технических задач, создания высоких технологий, подготовки кадров и расширения использования информационно-технологических разработок Университета в производстве.

- Развитие инновационной деятельности с целью создания наукоёмкой научно-технической продукции, ориентированной на рынок высоких технологий.

- Расширение и развитие международного научно-технического сотрудничества с учебными заведениями и фирмами зарубеж-

ных стран с целью вхождения Университета в мировую систему науки и образования и совместной разработки инновационной наукоёмкой продукции.

- Обеспечение подготовки квалифицированных специалистов и научно-педагогических кадров высшей квалификации на основе новейших достижений научно-технического прогресса.

- Формирование имиджа научной школы Университета как инновационного ВУЗа по подготовке и профессиональной переподготовке современных и востребованных специалистов.

На основании сформулированных перед Центром научно-инженерных задач его функциональное наполнение выглядит следующим образом:

- Участие в создании инновационной политики Университета в области науки и образования.

- Реализация проектов в рамках федеральных, целевых и отраслевых программ, научно-исследовательских проектов по заказам федеральных и региональных органов власти, хозяйствующих субъектов.

- Проведение научно-технических совещаний, школ и семинаров, участие в работе Учёного и Научно-технического совета Университета.

- Развитие молодёжной и студенческой науки в Университете.

- Организация международных, всероссийских конференций и семинаров, иных научных мероприятий, в том числе с участием Государственных корпораций РФ, предприятий оборонно-промышленного комплекса и иных заинтересованных лиц.

- Реализация на договорной основе сотрудничества с российскими и зарубежными научно-исследовательскими институтами и университетами в сфере научной, инженерной и инновационной деятельности.

- Участие в разработке механизмов привлечения инвестиций для проведения прикладных научных исследований и выведения создаваемых продуктов на стадию коммерчески реализуемых товаров и услуг.

- Участие в информационно-выставочной и рекламной деятельности.

- Участие в учебном процессе по программам до- и послевузовского профессионального образования, в том числе в части организации научной работы в Университете, функционирования аспирантуры и докторантуры.

С учётом поставленных Президентом Российской Федерации задач по созданию и переходу к Цифровой экономике выделены приоритетные научные направления в деятельности Центра:

- Автоматизированные системы управления производственными процессами с использованием программируемых логических контроллеров и промышленного Интернета вещей.

- Компьютерные системы защищенного технологического документооборота по видам и методам разрушающего/неразрушающего контроля изделий.

- Облачные компьютерные системы и интеллектуальные платформы для архивирования и многокритериальной обработки результатов разрушающего/неразрушающего контроля изделий и промышленных физических экспериментов.

- Быстрая обработка и анализ полихроматических растровых изображений с использованием программно-математических средств искусственного интеллекта.

- Системы поддержки принятия решений и бизнес-аналитики масштаба предприятия.

- Проблемно-ориентированные CAD/CAM/CAE-системы на основе отечественного 3D-ядра векторной графики и твердотельного моделирования.

- Автоматизированные компьютерные системы для управления инновациями и интеллектуальной собственностью.

- Системы дополненной и виртуальной реальности при выполнении сложного монтажа и ремонта ответственных и экологически опасных объектов.

- Программно-аппаратные системы высокоточной навигации в замкнутых пространствах для ассистивных роботов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

- Компьютерные системы реабилитации и мониторинга состояния здоровья людей в рамках программы «Цифровая медицина».

3. Цифровая интеллектуальная платформа: взаимодействие с индустриальными партнёрами

Одной из основных тенденций развития прикладного программного обеспечения в структуре цифрового производства стал переход от монолитной конструкции построения информационных систем к модульной, который существенно облегчает масштабирование программного обеспечения.

Последним этапом развития модульного программирования стала сервисно-ориентированная архитектура информационных систем (SOA) [1]. SOA - это модульный подход к разработке программного обеспечения, основанный на использовании распределенных, слабо связанных стандартизированных компонентов (сервисов). Для сервисов характерны совместимость, гибкость и возможность их повторного использования. Соответственно, все функциональные возможности системы реализованы в компонентах, которые построены таким образом, что они практически не взаимосвязаны друг с другом. С ростом масштабов данных и расчетов внедрение информационных систем на основе SOA становится предпочтительным.

Создаваемая интеллектуальная программная платформа для сбора и обработки данных при неразрушающем контроле основана на сервисно-ориентированной архитектуре программных решений (рисунок 1) и является одной из информационных подсистем в структуре интегрированного цифрового производства.

Сервисы выполняют различные прикладные задачи (например, распознавание изображений для радиографического неразрушающего контроля, формирование заключений и т.д.) и объединяются друг с другом только для решения проблем, определенных их применением, показанном на модели.

В качестве механизма обеспечения взаимодействия сервисов друг с другом выступают бизнес-процессы. Бизнес-процесс представляет собой набор взаимосвязанных задач и контролирует поток событий, вызывает и координирует сервисы, и создает контекст для их взаимодействия.

Бизнес-процесс - это абстрактный механизм, который не зависит от того, как реализуются сервисы и какую логику они несут в себе. Основной задачей бизнес-процесса является организация сервисов для его эффективной реализации.

Одним из наиболее рациональных способов внедрения сервисно-ориентированного подхода является использование *web*-сервисов, когда сервисно-ориентированная модель охватывает все уровни управления данными в программной платформе на основе SOA. В ней так же нет распределения по поставщикам и потребителям, поскольку вся необходимая информация о сервисах находится в реестре. Для более сложного и углубленного анализа данных могут быть применены сервисы, расположенные в общедоступном, частном или гибридном облаке [2].

Разработана и протестирована (в составе платформы SOA) интеллектуальная программная платформа для сбора и обработки данных автоматизированной информационно-измерительной системы контроля герметичности масс-спектрометрическим методом [3].

Для обработки данных использован гибридный подход: разделение данных обеспечивается методом классификации на основе ансамбля SVM-классификаторов (*Support Vector Machines*) [4], разбиение по группам и анализ данных после получения проводится на основе кластерного анализа по взвешенному попарному среднему. Оценка годности изделия основывается на сравнении значения потока пробного вещества, проникающего через сквозные дефекты, с браковочным уровнем, зависящим от норм герметичности. При превышении браковочного уровня изделие считается негерметичным.

Для внедрения информационно-измерительной системы управления использована корпоративная сервисная шина *Open ESB* [5]. Сервисы реализованы в виде *web*-сервисов, функциональная часть которых написана на языке *Java*. Системные элементы обмениваются сообщениями на основе протокола *SOAP* [6]. Для хранения данных и результатов расчетов применяется реляци-

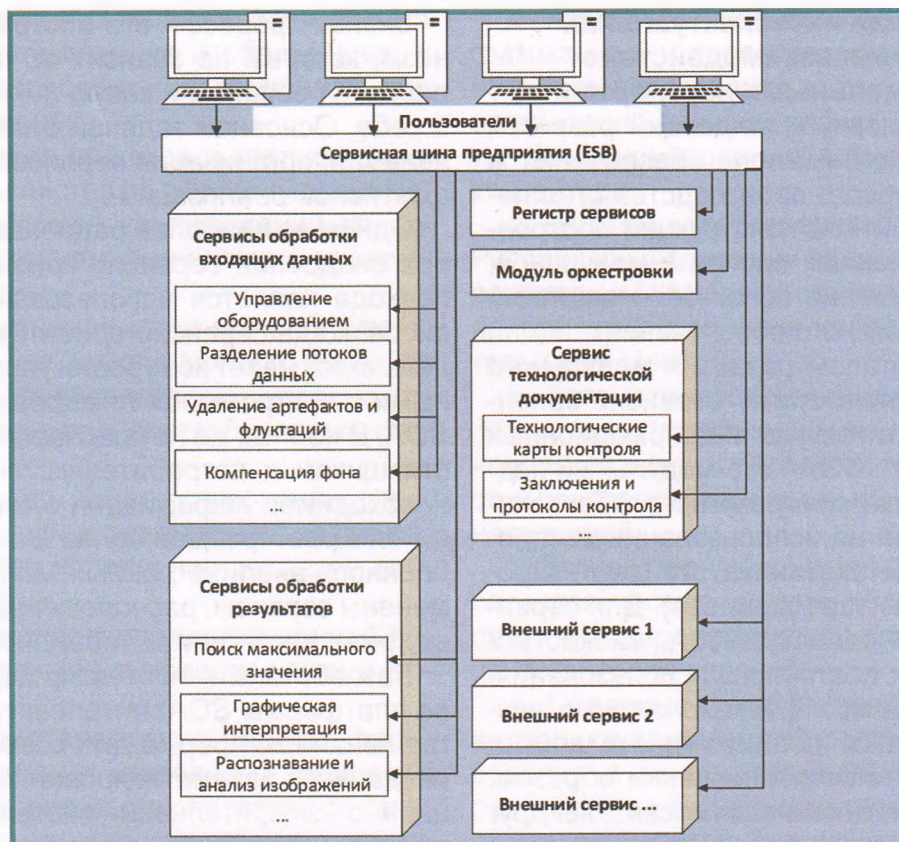


Рисунок 1 - Макет программной платформы на основе SOA

онная система управления базами данных с открытым программным кодом. Использование указанных технологий позволяет проводить анализ и фильтрацию данных, в том числе, и в основных программных средствах *Microsoft Office* (например, *Microsoft Excel*, *Microsoft Access*).

Для обмена информацией между частями информационно-измерительной системы применены OPC-серверы (*OPC UA*, *OPC DA*) и протоколы связи *Modbus RTU* и *Modbus TCP* (рисунок 2).

OPC представляет собой технологию, основанную на применении единого интерфейса управления устройствами [7], это особенно важно при автоматизации дистанционных систем контроля. Зачастую разработчикам автоматизированных систем приходится включать множество готовых драйверов в систему управления или использовать инструменты для разработки оригинальных протоколов обмена данными с нестандартными

устройствами нижнего уровня. И при замене устройства на аналогичное другого производителя требуется существенно изменять программное обеспечение для управления этим устройством. Единый OPC-интерфейс позволяет различным программным модулям, производимым различными компаниями, взаимодействовать друг с другом.

Разработанное программное обеспечение позволяет моделировать и документировать данные в режиме «*off-line*». Этот режим включает простые аналитические процедуры, а также график зависимости потока пробного вещества от времени, повторную фильтрацию данных и оценку качества изделия. Технологические документы (протоколы и заключения), основанные на результатах контроля, могут быть созданы как в электронном, так и в бумажном виде [8].

Применение автоматизированной универсальной платформы на основе SOA с расширенным набором программных сервисов

для сбора и анализа при проведении неразрушающего контроля позволяет снизить влияние человеческого фактора, повысить надежность информационно-измерительной системы и точность анализа данных и обеспечить переход к автоматизированному цифровому производству. Кроме того, миграция сервисов в облако и их SaaS-реализация [2, 8] расширяют спектр применимости прикладных программных решений, в частности, для обработки больших данных различных видов неразрушающего контроля и позволяют привлечь независимых разработчиков для их (решений) инвариантности и большей интеллектуализации.

4. Цифровая инженерная школа

Федеральный проект «Российская инженерная школа» предполагает создание масштабируемой модели отечественной инженерной профориентации и обучения, обеспечивающих массовое внедрение современных подходов к развитию командных инженерно-конструкторских компетенций у детей в возрасте 6-16 лет по всей стране, а также выстраивание контура непрерывного инжинирингового образования, решающего задачи технологического прорыва и повышения производительности труда в цифровой индустрии.

В рамках Российской инженерной школы формируется проект «Цифровая инженерная школа», который позволяет школьникам творчески трансформировать и улучшать пространство школы с использованием «умных» цифровых технологий и наставничества. При этом, как основное рассматривается практико-ориентированное обучение учащихся школ на основании двустороннего соглашения о сотрудничестве «ВУЗ-школа» с учётом компетенций, содержащихся в профессиональных стандартах, таких как: программист, администратор баз данных, специалист по информационным системам, специалист по дизайну графических и пользовательских интерфейсов, разработчик Web и мультимедийных приложений, оператор мобильной робототехники, мехатроник.

В качестве этапных блоков реализации проекта «Цифровая инженерная школа» выступают следующие:

- Формирование цифровой среды дополненной реальности образовательного учреждения.

- Инфокоммуникационные технологии в исследовательской и медийной деятельности учащихся.

- «Умная» навигация в цифровом пространстве образовательного учреждения.

- «Бережливая» и безопасная школа на основе технологий интернета вещей.

- Мобильная ассистивная робототехника в цифровой школе.

- Смешанная реальность и промышленный интернет вещей в цифровой технологической среде.

Результатом практико-ориентированного обучения и реализации основных этапных блоков проекта «Цифровая инженерная школа» является вовлечение учащихся в международные конкурсы профессионального мастерства в минимальном объёме по следующим компетенциям:

1. *JuniorSkills*: интернет вещей, сетевое и системное администрирование, мобильная робототехника.

2. *WorldSkills Junior*: программные решения для бизнеса, сетевое и системное администрирование, мобильная робототехника.

Для формирования заинтересованного профессионального педагогического сообщества и обмена опытом по различным аспектам образования предполагается проведение научно-практической школы-семинара, где в качестве направлений для докладов и дискуссий определены следующие:

1. «Цифровая инженерная школа»: обучение современным информационно-коммуникационным технологиям.

2. «Цифровая инженерная школа»: практико-ориентированная деятельность учащихся.

3. «Цифровое производство»: подготовка будущих специалистов.

4. Информационные технологии в образовании: методики и инновации.

5. Инклюзивное и иные виды образования.

В качестве целевой аудитории выступают руководители образовательных учреждений и их заместители, исследователи, учителя, педагоги дополнительного образования, тьюторы, научные сотрудники, специалисты

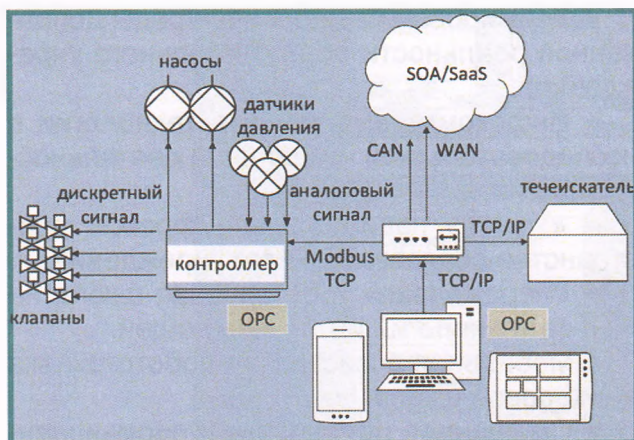


Рисунок 2 - Схема управления системой контроля герметичности в цифровом производстве

в сфере телекоммуникаций, информационных систем и технологий.

Школа-семинар преследует следующие цели:

1) Презентовать подходы к «цифровизации» как инфраструктуры, так и самого образовательного процесса учебных заведений на основе концепции и платформы «Цифровая инженерная школа».

2) Осуществить обмен опытом в вопросах «цифровизации» учебных заведений, построения и эксплуатации унифицированных прикладных информационных систем для образовательного процесса и активного вовлечения учащихся в практико-ориентированное обучение в том числе – в области современных информационно-коммуникационных технологий.

3) Провести анализ динамики развития рынка услуг и программно-аппаратных решений, используемых для комплексной «цифровизации» образовательных учреждений.

4) Расширить сеть контактов в области научных исследований, собрать детализированные данные по реализуемым и перспективным наукоёмким инновационным научно-педагогическим и информационно-технологическим проектам «Цифровая инженерная школа».

5) Выявить перспективные научные, педагогические, индустриальные направления

и кадровый потенциал для эффективной реализации концепции и платформы «Цифровая инженерная школа» в масштабах всей страны.

Основными задачами школы-семинара являются:

1. Продвижение бренда МГТУ «СТАНКИН» как инновационного ВУЗа и центра научных исследований в сфере прикладных информационных технологий и федеральной площадки для эффективной реализации концепции и платформы «Цифровая инженерная школа» в рамках государственного направления «Цифровая экономика».

2. Знакомство профессионального педагогического сообщества с перспективами цифровизации образовательных учреждений (проект «Цифровая инженерная школа»), а также – учебного практико-ориентированного процесса в целом.

3. Развитие инновационного научно-образовательного направления «Цифровая инженерная школа» - «Цифровое производство» - «Цифровая экономика» с использованием фундаментальных и прикладных основ научного направления «Промышленная информатика».

Ожидаемый результат от проведения научно-практической школы-семинара:

1. Презентация бренда МГТУ «СТАНКИН», в том числе в части реализации инновационной площадки «Экспериментальная мастерская математического и компьютерного творчества» Цифровой инженерной школы.

2. Готовность участников дискуссии продолжать на постоянной основе эффективное, взаимовыгодное сотрудничество и работы по направлениям научно-практической школы-семинара;

3. Формирование путей развития научно-образовательного направления «Российская инженерная школа», в том числе в части «Цифровая инженерная школа».

Содержательные доклады участников научно-практической школы-семинара будут рекомендованы к опубликованию на страницах рецензируемого научно-практического журнала, индексируемого в наукометрической базе данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

5. Заключение

Современный период развития общества характеризуется существенным влиянием на него информационных и телекоммуникационных технологий, которые всё активнее и глубже проникают во все без исключения сферы человеческой деятельности, обеспечивают распространение информации в обществе и, образуя, при этом, глобальное информационное пространство. Неотъемлемой и важной частью этих процессов является проникновение современных инфокоммуникационных технологий в сферу промышленного производства.

В настоящее время в нашей стране идет бурное формирование новых подходов и принципов функционирования экономики – «Цифровая экономика» и промышленного производства – «Цифровое производство», ориентированных на вхождение в мировое научно-образовательное, экономическое и информационное пространство. Этот процесс сопровождается существенными изменениями самой системы инженерного образования, связанными с внесением существенных корректив в содержание технологий обучения, прежде всего – практико-ориентированного. Это соответствует современным вызовам эпохи «Индустрия 4.0» и обеспечивается техническими возможностями (программно-аппаратными средствами), задействованными непосредственно в реализации обучения, способствующими гармоничному вхождению индивидуума в динамично изменяющееся информационное индустриальное общество.

Система современного многоуровневого инновационного образования, опирающаяся, в том числе на профильные научно-инженерные центры, призвана обеспечить, прежде всего, подготовку высокообразованных людей и высококвалифицированных специалистов, способных к профессиональному росту и профессиональной мобильности в условиях информатизации общества и развития новых наукоемких технологий в сферах промышленности и машиностроительного производства, в том числе на ос-

нове применения методов и инструментальных средств промышленной информатики.

Библиографический список

1. Vasiliev, Y. SOA and WS-BPEL / Published by Packt Publishing Ltd.32, 2007. – 314 p.
2. Ковшов, Е.Е. Разработка информационной системы для управления инновациями на основе «облачных» программных технологий. /Е.Е.Ковшов, П.Н.Мартынов//Межотраслевая Информационная Служба. – М.: Научно-технический центр оборонного комплекса «Компас», 2012. – № 4. – с. 37-42 – ISSN: 0236-4972.
3. Косач, А.А. Промышленная система дистанционного контроля герметичности на объектах использования атомной энергии. / А.А. Косач, В.С. Попов, А.В. Полковников, Е.Е. Ковшов, В.Н. Наумов// В мире неразрушающего контроля. – С.-П.: ООО «Свен», 2017. – т. 20 (№ 1) – с. 66-70. – ISSN: 1609-3178.
4. Demidova, L. Big Data Classification Using the SVM Classifiers with the Modified Particle Swarm Optimization and the SVM Ensembles. / Liliya Demidova, Evgeny Nikulchev, Yulia Sokolova// International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA). – 2016. – Vol. 7. N. 5. – с. 294-312.
5. Sun GlassFish Enterprise Service Bus [Электронный ресурс] – Электрон. данные – Режим доступа: <http://download.oracle.com/docs/cd/E19182-01/index.html> (дата обращения 25.06.2018).
6. SOAP Version 1.2 Part 0: Primer (Second Edition) / W3C Recommendation. – 27 April 2015.
7. Mahnke, W. OPC Unified Architecture / Wolfgang Mahnke, Stefan-Helmut Leitner, Matthias Damm. – Springer, 2009. – 340 с. – ISBN 3-5406-8898-6.
8. Косач, А.А. Сервисно-ориентированные решения как средство повышения эффективности обработки данных неразрушающего контроля цифрового производства. /А.А. Косач, Е.Е. Ковшов// Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов. Сборник статей 6-й Международной научно-технической конференции. Республика Беларусь, Могилёв - 2017. - с. 496-501.