

# Принципы создания веб - ориентированной системы технологической подготовки производства

*Д.Д. Куликов,  
проф., д.т.н., проф., ddkulikov@mail.ru,  
Н.Е. Филлюков  
асп., badfilin@gmail.com  
Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург*

В статье предлагаются принципы создания веб-ориентированной системы технологической подготовки производства, заключающиеся в использовании веб-технологий, концепции интероперабельности для обеспечения взаимодействия между компонентами системы, PDM-системы для решения организационных задач и других информационных технологий.

In this article proposes principles of creating web based system by technological preparation of production, which is using web technology, interoperability concept for interaction components of system, PDM-system for solving problems and other IT.

Неизбежный переход к цифровому производству требует сложных преобразований технической и технологической подготовки производства современных изделий, что особенно важно при переходе к расширенным предприятиям. Данная работа посвящена технологической подготовке производства (ТПП), автоматизация которой началась еще в 80-е годы. Однако постоянная смена поколений ЭВМ и сложность решаемых в ТПП задач не позволили достигнуть нужного уровня автоматизации ТПП. Современный уровень развития информационно-коммуникационных технологий, изменившиеся организационные условия требуют новых подходов к автоматизированной технологической подготовки производства (АСТПП). Проведенные исследования позволили развить те концепции, которые были предложены в работах [1, 5, 6, 8]. Реализация концепций направлена на снижение стоимости и трудоемкости АСТПП с обеспечением необходимой организационной интероперабельности [2]. Основу предлагаемой концепции построения системы технологической подготовки производства составляет положение о переходе АСТПП на веб-ориентированную организацию технологической подготовки.

Веб-ориентированный подход дает ряд преимуществ перед классическими приложениями из которых можно выделить [3]:

1. Кроссплатформенность приложения. Коллективный доступ к компонентам ТПП можно осуществлять с любого устройства, имеющего доступ к сети и веб-браузер.
2. Выполнение работ всегда происходит в последней актуальной версии, так как компоненты системы хранятся на серверах и обновление становится доступно сразу всем участникам ТПП.
3. Одновременная работа в рамках единого технологического проекта одновременно несколькими участниками, что дает возможность обмена опытом и мнениями по возникающим вопросам, что позволяет найти рациональное решение оперативно и для каждого конкретного случая.
4. Обеспечивает открытость, гибкость и масштабируемость системы.
5. Производит изменение состава системы, так и изменение функциональности компонентов системы, не затрагивая другие компоненты.

Современные технологии позволяют решить вопросы, связанные с безопасностью, такие как:

- решение проблем отказоустойчивости – система должна быть распределенная и дублироваться на серверах;
- обеспечение закрытого авторизованного доступа к системе между участниками виртуального предприятия – должно быть организовано частное облако, на основе VPN-технологии. Использование частного облака позволяет виртуальному предприятию обеспечить эффективное функциональное взаимодействие между географически разнесенными его подразделениями с использованием многоагентной технологии;
- доступ пользователей – каждому присваивается пара логин-пароль, внутри системы они также делятся по ролям и подразделениям, разграничивающий их доступ к ресурсам. Также реализация двухэтапной аутентификации позволяет усилить безопасность доступа к системе.

Для обеспечения доступа пользователя к различным независимым ресурсам единой системы технологической подготовки производства предлагается использовать технологию единого входа (SSO). При использовании SSO переход от одного веб-приложения в другой производится без повторной аутентификации.

Одним из аспектов применения веб-ориентированного подхода при построении системы является применение веб-сервисов и веб-приложений [4]. Веб-сервисы являются основными компонентами системы, которые выполняют вычислительные функции, функции предоставления доступа к данным, обмен данными между собой. Веб-приложения реализуют пользовательский интерфейс и первичную проверку вводимых данных на уровне клиента.

Информационное взаимодействие между веб-сервисами обеспечивается на основе создания единого информационного пространства (ЕИП) [5]. ЕИП создается таким образом, чтобы с одной стороны разрешить авторизованный доступ пользователей ко всем веб-сервисам АСТПП, а с другой стороны обеспечить семантическую интероперабельность веб-сервисов. Для этого разрабатывается онтология проблемной области и создается словарная система, реализующая онтологию на основе фреймвого подхода. Слоты фрейма фиксируют концепты и их связи между собой, а также ограничения, накладываемые на слоты [6].

Для решения проблем технической интероперабельности предлагается использование технологии мультиагентных систем (МАС). Использование МАС предполагает, что система состоит из независимых агентов, каждый из которых выполняет специализированные функции. Агенты взаимодействуют между собой для решения поставленной задачи. Построение программных систем по принципу МАС может быть обусловлено следующими факторами [7]:

- параллельным выполнением задач, т.е. если предметная область легко представляется в виде совокупности агентов, то независимые задачи могут выполняться различными агентами;
- устойчивостью работы системы: когда контроль и ответственность за выполняемые действия распределены между несколькими агентами. При отказе одного агента система не перестает функционировать. Таким образом, логично поместить агентов на различных компьютерах;
- модульностью MAC, что позволяет легко наращивать и видоизменять систему, т.е. легче добавить агента, чем изменить свойства единой программы.

В рамках предлагаемой концепции использование MAC позволит:

1. Увеличить интеллектуальный уровень АСТПП, по средствам реализации обмена информацией между компонентами системы, оборудованием и технологиями.
2. Реализовать интеграцию с инженерными системами (CAD, CAM, CAE, CAPP и т.д.).
3. Совместить функционирование интеллектуальной АСТПП с технологией облачных вычислений.

Организационная интероперабельность может быть достигнута за счет применения PDM – системы, что позволит не только обеспечить управление АСТПП и отслеживать жизненный цикл изделия, но и выполнить передачу информации АСУ предприятия.

Проведенный анализ показал, что кроме реляционных СУБД в АСТПП целесообразно использовать и нереляционные СУБД типа NoSQL [9]. Эксперименты, выполненные на базе документо – ориентированной СУБД MongoDB, показали, что с помощью этой СУБД можно в формате JSON занести в базу данных объекты с иерархической и переменной структурой, включая модели деталей, заготовок, технологических процессов и модели объектов, входящих в средства технологического оснащения (СТО). Эта СУБД обладает необходимым быстродействием и её функциональные свойства достаточны для решения большинства технологических задач.

При разработке технологических процессов (ТП) необходимо принимать множество решений, таких как: выбор маршрута обработки, выбор стадий обработки, выбор глубины резания, расчет режимов резания, расчет временных и материальных затрат, выбор средств технологического оснащения и т.д. Для принятия решений используется большое количество различной нормативно-справочной информации, которая в основном содержится в технологических справочниках и стандартах, а также включает в себя различные таблицы соответствий (табличные алгоритмы). Принятие решений по технологическим справочникам требует определенного навыка и знания всех тонкостей конкретного предприятия. Данная работа требует большого количества времени и сил квалифицированных специалистов. Поэтому во многих технологических САПР разрабатывают специализированные модули (табличные процессоры) для принятия решений по этим таблицам. Работа модулей основана на создании баз знаний, содержащих информацию из нормативно-справочных таблиц. Такой подход значительно повышает адаптивные свойства компонент, решающих технологические задачи, однако наблюдается высокая трудоемкость создания баз знаний. Кроме того многие параметры в таблицах выражаются через множество допустимых интервалов, нет единства в названиях применяемых понятий, а также отсутствует их строгая классификация. Все эти сложности ограничивают область применения табличных процессоров. Проведенные эксперименты показали возможность функционирования табличных процессоров в среде ЕИП, а также формирование баз знаний с помощью СУБД MongoDB [8, 10].

АСТПП может рассматриваться как разновидность корпоративной информационной системы, для которой могут использоваться быстро развивающиеся информационно-коммуникационные технологии, однако информационные аспекты АСТПП исследуются недостаточно интенсивно. Поэтому, на наш взгляд, главный фокус исследований по проблеме автоматизации АСТПП должен лежать в сфере семантической интероперабельности для ликвидации сложных проблем нестыковок между компонентами АСТПП, для повышения уровня автоматизации технологических задач, повышения их качества и снижения трудоемкости их решения.

В заключение необходимо отметить намечающиеся связи между АСТПП и Интернетом вещей в рамках концепции «Индустрии 4.0» [11]. В технологические бюро может поступать из цехов, кроме потока извещений на изменения, информация о текущем состоянии оборудования, штампов, пресс-форм и т.д. Информация об интеллектуальном наделенным датчиками оборудование может использоваться для совершенствования уже существующих и для вновь разрабатываемых технологических процессов. Это особенно важно для станков с ЧПУ.

В таблице показано сравнение основных параметров, применимых для концепции Индустрия 4.0 и предполагаемые свойства и возможности веб-ориентированной системы технологической подготовки производства. Из представленной таблицы видно, что новый подход к построению такой системы по большинству параметров удовлетворяет параметры концепции.

Таблица

**Сравнение параметров концепции Индустрии 4.0 и свойств веб-ориентированной системы технологической подготовки производства**

Технологическая область парадигмы «Индустрия 4.0»	Свойства и возможности веб-ориентированной системы технологической подготовки производства
<b>Горизонтальная и вертикальная системная интеграция</b> Индустрия 4.0 требует пересмотра отношения к данным и сетям. Обмен информацией происходит между различными предприятиями — партнерами по производственному циклу	<b>Единое информационное пространство</b> Система реализуется как составная часть единого информационного пространства, что подразумевает возможность использования ее в рамках кооперации предприятий, расширенного предприятия
<b>Интернет вещей</b> Устройства и встроенные датчики будут обмениваться информацией в режиме реального времени	<b>Мультиагентная система</b> 1. АСТПП может передавать данные на устройства, оборудование, роботов и др., выдавая им задания для исполнения. 2. Система является частью сети, в рамках которой происходит обмен информацией между устройствами. 3. Также система на основе опыта будет иметь
<b>Моделирование</b> Имея в распоряжении большие данные и большую вычислительную мощность, предприятия смогут виртуально моделировать сценарии использования продукта, тем самым ускоряя их тестирование	

и расширяя инновационный процесс: в виртуальном мире неудачные решения будут выявляться быстро и обойдутся недорого	возможность распределять работу по оборудованию, отслеживать какое оборудование не занято и, следовательно, куда можно передать задание
<b>Роботы</b> Сегодня роботы в большинстве своем реализуются в виде механических рук, работающих на сборочных линиях, но их интеллект растет, что позволяет с их помощью решать более сложные задачи, нежели выполнение сборочных операций	
<b>Кибербезопасность</b> Без нее невозможно создание доверенной среды, в которой смогут работать миллиарды устройств и пересекающихся информационных потоков.	<b>Защищенный сетевой канал</b> Для доступа к системе, ее компонентам и базам данных должен быть налажен VPN канал, по которому осуществлялся бы доступ. Данные самой системы шифруются современными методами и алгоритмами.
<b>Облака</b> Задача поддержки множества типов устройств и сенсоров, а также массы генерируемых ими данных наилучшим образом решается при помощи облачных сервисов, которые смогут обеспечить и требуемую скорость обработки данных, и масштабируемость решений. в единицы миллисекунд	<b>Облачная система</b> Система по умолчанию является облачной, что подразумевает удаленный доступ к ее базам данных, базам знаний и компонентам.
<b>Анализ больших данных</b> Доступность данных по всем фазам и аспектам разработки, производства и испытаний продуктов добавляет новое измерение к пониманию производственного процесса и, соответственно, позволяет точнее планировать инновации, маркетинг и стратегию развития	<b>Распределенная система</b> Система является распределенной, ее составные части будут задействованы по мере необходимости.

### Литература

1. Е.И. Яблочников, Ю.Н. Фомина, А.А. Саломатина, В.С. Гусельников. Методы управления жизненным циклом приборов и систем в расширенных предприятиях / Учебное пособие – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 149 с.
2. ГОСТ Р 55062-2012 Система промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения \ Стандартиформ. Москва
3. В. Романченко. Облачные вычисления на каждый день [Электронный ресурс] / В. Романченко – Режим доступа: <http://www.3dnews.ru /579318/> , свободный
4. А.Г. Анатолев. Веб-сервисы как средство интеграции приложений в WWW [Электронный ресурс] / А.Г. Анатолев – Режим доступа: <http://www.4stud.info/networking/web-services.html> , свободный.
5. Д.Д. Куликов. Система знаний для технологической подготовки производства // Электронное издание - 2013. - № VPB – 13
6. Д.Д. Куликов. Управление знаниями в автоматизированной системе технологической подготовки производства / Изв. Вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 8 с. 41-45.
7. Г.Б. Евгеньев. Технология создания многоагентных прикладных систем // Труды одиннадцатой национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2008, Дубна, 28 сентября - 3 октября 2008 г.). – М.: ЛЕНАНД, 2008. –Т. 2. –С.306-312.
8. Е.И. Яблочников, В.И. Молочник, А.А. Саломатина. Комплексное использование баз знаний в автоматизированных системах технологической подготовки производства // Изв. вузов. Приборостроение. 2010. Т 53, № 6. С. 51-54.
9. Introduction to MongoDB [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.mongodb.org/manual/core/introduction/>, свободный
10. С.О. Носов. Система принятия решений технологического назначения / Д. Д. Куликов, С.О. Носов // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – Т. 4. – С. 60–63. – 0,2/0,18 п.л.
11. Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries / The Boston Consulting Group, Inc – April 2015 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry\\_40\\_Future\\_of\\_Productivity\\_April\\_2015\\_tcm80-185183.pdf](https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf)