
ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 658.511.4:621.9

Д. Д. Куликов, Б. С. Падун, Е. И. Яблочников

ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Исследованы вопросы автоматизации технологической подготовки производства (ТПП) изделий, рассмотрено современное состояние ТПП. Рассмотрены принципы построения автоматизированной системы ТПП как корпоративной информационной, функционирующей в частном облаке и обслуживающей группу родственных предприятий с помощью многоагентной технологии.

Ключевые слова: технологическая подготовка, среда проектирования, САПР, многоагентные технологии, PDM-система, web-сервис, облачные технологии.

Введение. Одним из важнейших этапов жизненного цикла изделий была и остается технологическая подготовка производства (ТПП), уровень которой во многом определяет качество конечного продукта, сроки его выхода на рынок и конкурентоспособность предприятия в целом. Одним из главных направлений совершенствования в этой сфере является создание автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП), что и определяет актуальность настоящей работы [1].

Требования к точности многих приборов сегодня превосходят требования к точности технологического оборудования. Для обеспечения заданной точности и низкой себестоимости изделий современное производство организуется как цифровое, т.е. интегрирующее на основе информационных технологий процессы организации и управления подготовки производства и изготовления изделий. Цифровое производство основано на исследовании изменений параметров среды, технологического оборудования, инструмента, оснастки, деталей и сборочных единиц и адаптации ТПП во время изготовления изделия с целью обеспечения заданного функционального качества этих изделий и высокой производительности производственных процессов. Для этого необходимо применять оборудование с программным управлением, автоматизированные системы управления технологическими процессами и системы автоматизированного проектирования и корректировки технологий изготовления изделий.

Следовательно, цифровое производство предъявляет высокие требования к автоматизированной ТПП, которая должна обеспечивать качественное и своевременное решение поставленных задач. Современная ТПП наряду с известными методами групповой технологии должна предусматривать при выполнении технологических проектов принципиально новые методы адаптивно-селективной сборки и адаптивной технологии.

Уровень развития ТПП. Современный этап ТПП характеризуется тем, что:

1) широко используются при решении технологических задач универсальные системы CAD/CAE/CAPP/CAM. Особо надо отметить развитие CAE-систем, которые необходимы для

анализа объектов и процессов и принятия оптимальных решений. Например, новые технологии и технологии изготовления изделий из композитных материалов предполагают использование таких программных продуктов, как Moldex3D, OOFELIE, Digimat, что усложняет ТПП, однако и повышает ее эффективность;

2) находят применение специализированные комплексы, направленные на решение узких технологических задач, при этом комплексы имеют разный уровень автоматизации и слабо интегрированы как между собой, так и с ERP-системами. Это не позволяет на современном этапе создать единую интеллектуальную интегрированную систему ТПП;

3) уровень автоматизации во многих программных комплексах АСТПП недостаточен и возникает необходимость в повышении их интеллектуального уровня. Кроме того, существующие САПР технологических процессов не учитывают реальных производственных условий, это снижает эффективность их применения;

4) разработанные ранее методы анализа, унификации, типизации и группирования предметов и процессов производства в настоящее время не обеспечены соответствующими программными системами;

5) деловой процесс для ведения технологического проекта является сложным и связан с подготовкой и утверждением большого комплекса документов. Достаточно часто возникает необходимость возврата на предшествующие этапы проекта для исправления неверных или неэффективных решений. Для ведения технологических проектов, поддержки жизненного цикла изделий и организации единого информационного пространства стали применять PDM-системы с использованием технологии workflow. Однако их применение носит весьма ограниченный характер;

б) наблюдается тенденция к виртуализации ТПП на основе аутсорсинга, что особенно важно в условиях виртуализации самого производства изделий. Однако для реализации такой тенденции требуется высокий уровень взаимодействия, основанный на информационных технологиях.

Таким образом, с системных позиций ТПП представляет собой сложную и неоднородную информационную систему, функционирующую в условиях быстро развивающихся информационных технологий, новых способов организации производства и стремительного изменения производственной среды предприятия. Для удовлетворения требований цифрового производства необходимо перейти к созданию АСТПП нового поколения, поэтому на кафедре технологии приборостроения Университета ИТМО был проведен цикл исследований, на базе которых разработана концепция построения АСТПП, позволяющая наметить основные перспективы автоматизации ТПП.

Концепция построения АСТПП. Основные положения концепции заключаются в следующем.

1. АСТПП создается как корпоративная web-ориентированная система, основанная на PLM-решениях (Product Lifecycle Management) и функционирующая в рамках расширенного предприятия, при этом программные компоненты АСТПП расположены в частном облаке, охватывающем группу родственных предприятий.

2. Отслеживание жизненного цикла изделия на стадии ТПП выполняется на базе PDM-системы с использованием технологии workflow, позволяющей выполнять контроль и управление ТПП с помощью автоматизированного документооборота.

3. Эффективное взаимодействие компонентов АСТПП при выполнении технологических проектов осуществляется на базе широкого применения многоагентных технологий.

4. Повышение интеллектуального уровня подсистем АСТПП достигается за счет последовательного создания и накопления баз данных и знаний, а также активного применения экспертных систем.

5. Информационная интеграция подсистем АСТПП и подсистем ERP предприятия достигается за счет создания единого информационного пространства (Collaborative Workspace), основанного на использовании системы управления знаниями.

6. Организационное совершенствование ТПП целесообразно выполнять на основе идеологии реинжиниринга, предполагающего моделирование деловых процессов ТПП с последующей их реорганизацией.

Рассмотрим более подробно эти положения. Концепция облачной технологии предполагает создание АСТПП как корпоративной системы, в которой подсистемы разработаны как web-сервисы, использующие удаленные базы данных и знаний. Создается частное облако, предназначенное для использования группой родственных предприятий. Такой подход позволяет для территориально разделенных подразделений предприятия организовать коллективную работу над технологическим проектом, включающим проектирование технологических процессов и технологического оснащения, разработку управляющих программ, изготовление и внедрение технологической оснастки и т.д.

Так как удаленное приложение всегда может быть запущено с помощью web-браузера, целесообразно использовать подход „программное обеспечение в качестве услуги“ (Software as a Service, SaaS), при котором доступ к системам, размещенным на сервере разработчика, предоставляется предприятию за определенную плату. Возможность работы в режиме реального времени позволяет не только примерно на 80 % сократить затраты на покупку и сопровождение программного обеспечения, но и снизить затраты на подготовку и обучение системных администраторов. Так как приложения находятся на сервере разработчика, то новые версии подсистем ТПП сразу становятся доступны всем пользователям. Появляется возможность коллективного сопровождения удаленных баз данных и знаний. Каждое предприятие может как иметь свои персональные базы данных и знаний, так и обращаться к общим для группы предприятий.

Еще одним преимуществом облачных технологий является высокая производительность серверов, находящихся в облаке, что позволяет эффективно их использовать для решения задач анализа, унификации, типизации и группирования, требующих большого количества ресурсов (времени и памяти). Для этого необходимо создать комплекс web-сервисов, решающих указанные задачи с использованием удаленных баз данных и знаний. Кроме того, возникает возможность решения ресурсоемких задач, связанных с постепенным повышением уровня унификации изделий, технологических процессов и специализацией технологических систем.

Таким образом, переход на облачные технологии позволяет организовать коллективную работу территориально разделенных подразделений предприятия над решением ресурсоемких задач.

Переход к web-ориентированным программным комплексам связан со следующими сложностями. Во-первых, универсальные системы не могут полноценно существовать в облаке. Однако ведущие ИТ-компании мира (Dassault Systemes, Autodesk, iDezine, Siemens PLM Software и др.) интенсивно работают над переводом программных продуктов на облачные технологии с использованием высокопроизводительных платформ Amazon и Azure.

Во-вторых, скорее всего, в ближайшие годы в России на рынке САПР будут популярны частные облака. Необходимо отметить, что доступ к приложениям в облаке осуществляется по защищенным каналам, а данные на сервере, как правило, защищены более надежно, чем на персональном компьютере сотрудника.

В-третьих, технических проблем в работе с частными облаками нет, однако остается под вопросом экономическая целесообразность переноса программного обеспечения в облака. Если на предприятии имеется работоспособный парк современной техники, закуплены постоянные лицензии на ПО, то разрушать инфраструктуру бессмысленно. Момент расширения

бизнеса, преодоления критической точки износа компьютерного парка или необходимость реинжиниринга предприятия — это рубеж, от которого может начаться перевод ПО на облачные технологии.

Необходимо отметить, что в будущем web-ориентированная АСТПП станет частью распределенной интеллектуальной производственной системы (Distributed Intelligent Manufacturing Systems, DIMS).

Исследования, выполненные на базе PDM-системы ENOVIA SMARTEAM, показали следующее. Применение PDM-системы позволяет организовать коллективную работу над практически неограниченным числом технологических проектов, находящихся в разных стадиях выполнения.

Ведение проекта предполагает управление потоком работ и контроль их исполнения; управление внесением и утверждением изменений. Автоматизированный контроль ведения проекта возможен с использованием технологии workflow, основанной на имитационном моделировании в реальном масштабе времени процесса выполнения проекта. При этом система выдает сообщения проектировщику и руководству о нарушениях сроков выполнения текущей задачи проекта.

Уровень автоматизации во многих подсистемах АСТПП недостаточен. Кроме того, деловой процесс для технологического проекта сложен, он связан с подготовкой и утверждением большого комплекса документов. Достаточно часто возникает необходимость возврата на предшествующие этапы проекта для исправления неверных или неэффективных решений. В этих условиях многоагентные технологии могут быть использованы для:

- повышения интеллектуального уровня подсистем АСТПП;
- параллельного выполнения запущенных технологических проектов;
- нахождения оптимальных путей прохождения делового процесса;
- структурной оптимизации деловых процессов при реинжиниринге АСТПП.

Web-ориентированная АСТПП обладает возможностью перехода от web-сервисов к многоагентной системе путем переработки сервисов в агенты и организации взаимодействия последних между собой на базе агентных промышленных платформ, например JADE, REPAST, SPADE и т.д. [2].

В большинстве программных компонентов АСТПП проектные решения принимаются в режиме диалога с пользователем. Это вызвано недостаточным уровнем формализации решений и необходимостью учета как специфики предприятия, так и быстрого изменения производственной среды. Использование в этом случае экспертных систем и экспертных оболочек позволяет специалистам предприятий учитывать возникающие изменения и постепенно по мере формализации решений накапливать знания в базе знаний и тем самым повышать интеллектуальный уровень решаемых задач. Комплексы, предназначенные для сопровождения баз данных и знаний, должны иметь удобный для администраторов данных и инженеров по знаниям интерфейс. Следовательно, применение экспертных систем является одним из важных направлений автоматизации АСТПП [3].

Поскольку система представляет собой набор независимых программных компонентов, необходимо предусмотреть механизмы, обеспечивающие информационное взаимодействие ее модулей. Основным механизмом взаимодействия компонентов, безусловно, является система управления знаниями, использующая комплекс онтологий АСТПП, а также комплекс агентов-преобразователей, обеспечивающих семантическую совместимость данных, которыми обмениваются системы. Данные и результаты их преобразования фиксируются в дереве изделия PDM-системы, в любой момент возможен авторизованный доступ к ним. Таким образом создается единое информационное пространство АСТПП.

Организационное совершенствование ТПП целесообразно выполнять на основе идеологии реинжиниринга. Это, в первую очередь, предполагает выполнение структурных преобра-

зований с целью оптимизации структуры ТПП в условиях перехода к виртуализации как самой ТПП, так и производства в целом. На первых этапах выполняется моделирование деловых процессов ТПП с использованием различных методологий и инструментария: SADT, ARIS, ADONIS, AnyLogic, GPSS и т.д. На этих этапах целесообразно использовать методологию RUP [4], с помощью которой возможно не только выполнять моделирование деловых процессов, используя диаграммы UML, но и разрабатывать новые программные компоненты АСТПП.

Анализ полученных при моделировании функциональных, информационных и организационных моделей ТПП позволяет оценить существующий уровень автоматизации ТПП для последующего определения объектов автоматизации и перестройки деловых процессов ТПП. Оценка уровня автоматизации ТПП может быть выполнена на основе метрик, предложенных в работе [5]. Необходимо отметить, что оптимизация деловых процессов весьма сложна, так как требует учета множества глобальных факторов, включая финансовые возможности, кадровый потенциал и техническую политику предприятия. Результатом является виртуализация ТПП и создание информационно-управляющей среды, позволяющей с помощью агентов управлять выполнением заказов „на стороне“ и выбирать оптимальные заказы для конкретной ситуации [6].

Заключение. Предлагаемые перспективы автоматизации АСТПП основаны на широком применении информационных технологий и преобразовании АСТПП в корпоративную информационную систему, что отвечает, на наш взгляд, стратегическому направлению развития промышленного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрофанов С. П., Куликов Д. Д., Миляев О. Н., Падун Б. С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.
2. Зильбербург Л. И., Молочник В. И., Яблочников Е. И. Информационные технологии в проектировании и производстве. СПб: Политехника, 2008. 304 с.
3. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы данных интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2000. 384 с.
4. Афанасьев М. Я., Саломатина А. А., Алёшина Е. Е., Яблочников Е. И. Применение многоагентных технологий для реализации системы управления виртуальным предприятием // Науч.-техн. вестн. Информационных технологий, механики и оптики. 2011. №5(75). С. 105—111.
5. Куликов Д. Д., Яблочников Е. И. Применение оценочных метрик для анализа технологической подготовки производства // Науч.-техн. вестн. информационных технологий, механики и оптики. 2011. № 6 (76). С. 109—112.
6. Яблочников Е. И., Фомина Ю. Н., Саломатина А. А. Организация технологической подготовки производства в распределенной среде // Изв. вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53, № 6. С. 12—15.

Сведения об авторах

- Дмитрий Дмитриевич Куликов** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; E-mail: ddkulikov@rambler.ru
- Борис Степанович Падун** — канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; E-mail: bsp.tps.ifmo@mail.ru
- Евгений Иванович Яблочников** — канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО, кафедра технологии приборостроения, Санкт-Петербург; заведующий кафедрой; E-mail: eugeny@beepitron.com

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
09.04.14 г.