

---

---

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

---

---

УДК 004.4'22:67.05  
DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-10-867-873

## ПОДХОД К СОЗДАНИЮ РАСШИРЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ВЫПУСКА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ

А. А. ГРИБОВСКАЯ<sup>1</sup>, А. А. ГРИБОВСКИЙ<sup>2</sup>, Е. И. ЯБЛОЧНИКОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ООО „Диалог ИТ“, 194044, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: eugeny@beepitron.com

Сложность объединения большого количества разнородных участников рыночных отношений препятствует широкому распространению современных форм кооперации предприятий в сфере производства современной продукции. Рассмотрены задачи построения расширенного предприятия, предложена методика организации взаимодействия заказчиков и исполнителей в едином информационном пространстве на уровне совместного использования информации о выпускаемом продукте, его структуре, составе выполняемого проекта в целом и управления их взаимодействием. Описана возможность организации расширенного предприятия для высокотехнологичных инновационных производств на примере платформы аддитивного производства.

**Ключевые слова:** *расширенное предприятие, подготовка производства, информационные технологии, единое информационное пространство, PDM-система*

**Введение.** В настоящее время все большее распространение получают современные формы организации предприятий — кластеры, расширенные (виртуальные) предприятия, — в силу того что объединение в одном проекте позволяет сократить производственные затраты и получить доступ к новым ресурсам. Но эффективная организованная кооперация предполагает использование специальных методологий и технических решений для организации коллективной работы географически разнесенных многопрофильных участников предприятия на период выполнения заказов, а также решения целого спектра задач — от обработки и анализа заказов до выбора оптимальных исполнителей этих заказов. А поскольку речь идет об объединении нескольких независимых организаций не с юридической точки зрения, а только с целью совместной разработки и производства изделия, то пока не разработаны методы и алгоритмы решения задач подготовки производства и самого производства в условиях расширенного предприятия.

Выпуск конкурентоспособного инновационного продукта требует привлечения новых технологий, интегрированных с CAD/CAM/CAE-системами, применения PDM-систем для организации хранения и управления данными, используемыми на различных этапах жизненного цикла изделий (ЖЦИ). Инновационные компании, малые, средние и даже крупные промышленные предприятия, специализируясь на определенных задачах, решаемых на этапах ЖЦИ, и обладая уникальными компетенциями, не всегда имеют в распоряжении необходимые ресурсы для создания конечного продукта. Объединение усилий таких предприятий, ориентированных на использование передовых технологий, позволит организовать конструкторскую

и технологическую подготовку производства и само производство современной продукции на качественно новом уровне. Это весьма актуально для приборостроительной отрасли, ключевой в модернизации промышленного производства в России.

Совместная работа предприятий осложняется отсутствием системных решений по подготовке кооперационной сети для реализации проектов усилиями нескольких организаций: предприятиям необходимо взаимодействовать в едином информационном пространстве (ЕИП), осуществлять конфигурирование технологической цепочки исполнителей и управлять проектами [1]. Таким образом, требуется детальная проработка механизмов взаимодействия компаний и создание методик, позволяющих менеджерам быстро принимать объективные решения относительно участия в совместном производстве продукта.

В настоящее время готовых решений, полностью отвечающих требованиям управления процессами, ресурсами и информацией в распределенной среде, не существует.

**Задачи построения расширенного предприятия.** Совместная кооперационная сеть подразумевает объединение на базе информационных технологий географически удаленных организаций и предприятий. Компаниям необходимо организовать совместное использование информации о выпускаемом продукте, его структуре, составе выполняемого проекта в целом и управление их взаимодействием. С этой целью следует обеспечить взаимодействие участников проекта в ЕИП [2] с возможностью получить в режиме реального времени необходимую информацию о текущих проектах, документах, моделях, расчетах и их исполнителях.

Для обеспечения консолидации информации между участниками расширенного предприятия должны быть решены следующие задачи (рис. 1).



Рис. 1

1. *Задача* подготовки к кооперации: организация сети участников расширенного предприятия. Информационная система расширенного предприятия (ИСРП) является не просто формой, объединяющей потенциальных участников, а представляет собой организацию более высокого уровня. ИСРП является открытой сетью, в которой организатор не только управляет участниками, а создает среду и механизмы для ее функционирования [3].

2. *Задача* конфигурирования кооперационной сети: формирование пакетов заказов, поиск потенциальных исполнителей, назначение исполнителей [4]. Функционирование расширенного предприятия предполагает постоянный поиск наиболее выгодных и надежных парт-

неров для производства новых изделий. Качество распределения заказов на выполнение работ зависит не только от выбора исполнителей, но и от особенностей формирования пакетов заказов. Задачи анализа ресурсов и загрузки мощностей предприятия, с точки зрения эффективности выполнения заказов, так же как и задачи формирования пакетов заказов и выбора исполнителей, не имеют универсальных методов решения, поскольку должны в большой степени опираться на специфику рассматриваемой предметной области.

На сегодняшний момент существуют специальные системы, базы данных которых отражают достаточно полную информацию о ресурсах компаний различных отраслей промышленности. Использование подобных систем, во-первых, позволяет предприятию при поиске соисполнителей заказа потратить гораздо меньше времени на сбор информации о компетенциях потенциальных участников кооперации, чем при поиске по сайтам компаний. Во-вторых, большинство порталов не просто представляют собой обновляемую базу данных производственных возможностей промышленных предприятий, но и позволяют автоматически вести анализ ресурсов зарегистрированных компаний. Однако ни одна из проанализированных авторами настоящей статьи систем не позволяет принимать и хранить проекты изделия в электронном виде, поскольку вся накопленная информация по изделию, производством которого занимались различные компании, остается у этих участников. Таким образом, обмен информацией не происходит.

Нужно отметить, что конфигурирование кооперационной сети предлагается осуществлять следующим образом:

— после формирования партнерского окружения происходит регистрация предприятий в ИСРП с указанием роли организации, специалистов, имеющихся ресурсов. Анализ этих характеристик позволит выявить потенциальных исполнителей. Предприятия не всегда могут (хотят) описывать признаки в формализованном виде. Для преодоления этой проблемы предлагается использовать методы нечеткой логики. Системы нечеткого вывода выполняют решение задачи с этапа фаззификации до этапа дефаззификации, пользователь должен сформировать базу правил нечетких продукций, предварительно определив и описав набор лингвистических переменных. Далее по результатам выполнения системой процедуры нечеткого вывода пользователь принимает решение на основании численных значений выходных переменных [5];

— поступление заказа в расширенное предприятие сопровождается анализом первичной информации и его регистрацией с указанием принадлежности к типу согласно классификации;

— предприятиям по результатам автоматизированного анализа характеристик заказа отправляются уведомления о поступлении заказа. Ознакомившись с характеристиками заказа, предприятия регистрируют в ИСРП свои предложения с указанием условий реализации заказа;

— автоматический расчет рейтинга компаний для окончательного выбора компании осуществляется с помощью многоагентной системы [6]. Программные агенты выполняют анализ услуг и ресурсов предприятий для поиска потенциальных исполнителей; упорядочивание предприятий по „привлекательности“ условий реализации заказа [7]. Агент может заниматься обработкой принимаемых сообщений и посылкой сообщений другим агентам, планированием действий, согласованием действий с другими агентами.

Рассмотрим функции программных агентов  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  (рис. 2). Задача агента класса  $A$  — выявление круга потенциальных исполнителей для некоей работы и рассылка им уведомлений о появлении нового заказа  $Z$ . При получении такого сообщения предприятие-партнер может ознакомиться с более подробной информацией о предлагаемой работе на сайте компании-заказчика. Кроме того, агент  $A$  должен активировать к работе и обеспечить входными данными агентов классов  $B$  и  $C$ . Агент  $B$ , в свою очередь, анализирует предложения о реализации заказов от потенциальных исполнителей и рассчитывает приоритет этих компаний как

потенциальных партнеров. Далее агент класса  $C$  после интервала времени, отведенного для ожидания сведений от  $B$ , собирает информацию о заказах (а также потенциальных исполнителях и рейтингах этих компаний) и применяет критерий оптимизации (в простейшем случае — выбор предприятия с максимальным значением рейтинга). В заключение агент класса  $D$  составляет отчет, включающий информацию о заказах, их потенциальных исполнителях в целом по проекту и рейтингах этих исполнителей.

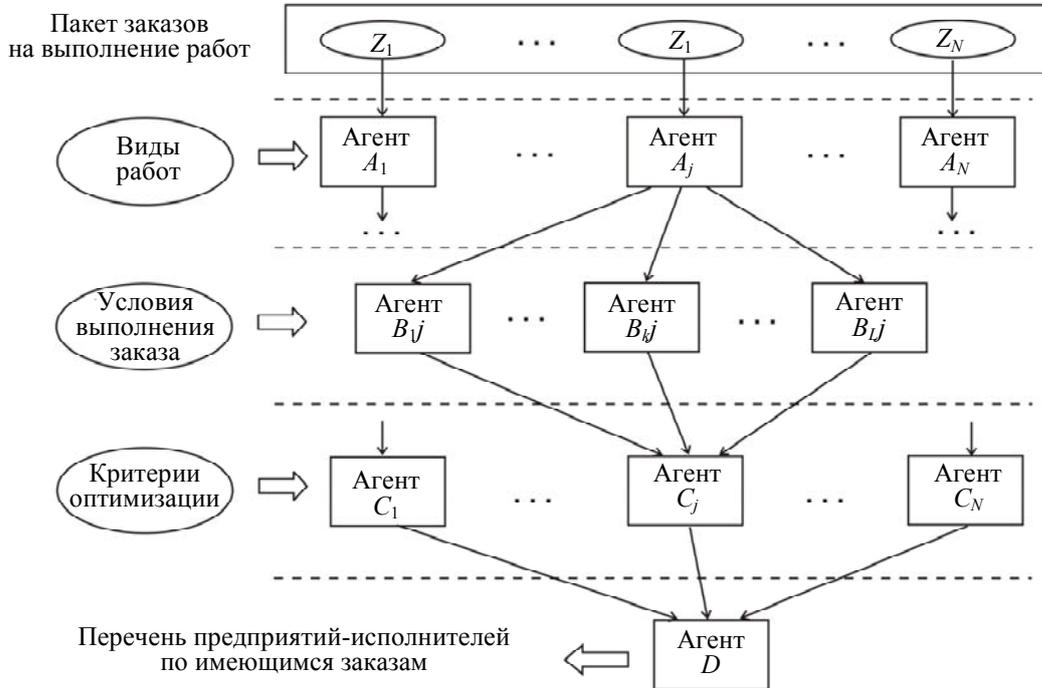


Рис. 2

3. *Задача управления проектами подготовки производства изделий.* В процессе подготовки производства изделий используется большой объем информации, применяются различные инструментальные средства и информационные системы. В условиях кооперации предприятий успех совместного проекта зависит от действий всех участников. Отсутствие централизованного управления данными, процессами и специалистами организаций приведет к возникновению неопределенностей по многим показателям (и как следствие, к увеличению рисков), будет препятствовать эффективному комплексному решению всех задач подготовки производства.

Управление проектами предлагается осуществлять на основе методологии Workflow, которая позволяет организовать среду для эффективного и безопасного управления данными и процессами.

Таким образом, функционирование расширенного предприятия предполагает: текущее взаимодействие (информационные, образовательные, инженерные услуги участников кооперации), конфигурирование расширенного предприятия (анализ заказа и подготовка проекта, анализ предложений и выбор исполнителей), управление проектами.

**Необходимые условия построения информационной среды расширенного предприятия:**

1) все участники работают в ЕИП, построенном с использованием системы централизованного управления данными, обеспечивающей оперативный обмен информацией и согласование работ участников проекта. Исходя из этого требования участникам кооперации организован доступ к ЕИП через сеть Интернет. Такой доступ может быть организован на основе прямого подключения или удаленного сеанса, в том числе с использованием подходов IaaS (Infrastructure-as-a-Service) или SaaS (Software-as-a-Service);

2) предприятия, работающие в единой среде, соблюдают определенный регламент:

- обучены корректной работе в ИСРП;
- основные бизнес-процессы реализации проектов организованы в соответствии с workflow (разработка и согласование документации, делопроизводство);
- отсутствует возможность несанкционированного доступа к информации ЕИП (доступ к данным осуществляется в соответствии с должностными инструкциями сотрудников организаций);

3) существует БД с информацией по всем участникам кооперационной среды (компетенции исполнителей, ресурсы, история работы). Предприятия постоянно поддерживают свой персональный раздел (обновляют, корректируют, согласовывают информацию).

**Организация расширенного предприятия в области цифрового производства.** Описанные подходы предназначены, в первую очередь, для высокотехнологичных инновационных производств, которые, как правило, требуют подключения территориально распределенных центров. Наглядным примером реализации такого подхода является платформа аддитивного производства (additive manufacturing; производство изделий на основе послойного наращивания материалов), формирующаяся путем объединения множества центров, которые, хотя и имеют инновационное оборудование и передовые знания и разработки, но по отдельности не могут реализовать комплексный проект, связанный с использованием или внедрением технологий аддитивного производства.

На основе подходов к построению расширенного предприятия в рамках программы развития Университета ИТМО разработана методика, определяющая принципы создания и функционирования открытой платформы аддитивных технологий на базе отечественных центров в этой области. Основная идея методики состоит в том, что центры аддитивных технологий объединяются в виртуальной среде, которой предоставляют свои ресурсы. В результате любая представленная задача анализируется и становится основой для формирования расширенного предприятия в рамках единой платформы. Объединение способствует реализации комплексных проектов, так как каждый центр работает в своей конкретной области и обладает ограниченными ресурсами. Использование подхода на основе интегрированной среды позволяет динамически перераспределять нагрузку как на оборудование, так и на специалистов, которые могут с ним работать [8].

**Заключение.** Предлагаемый в настоящей статье подход к созданию информационной системы расширенного предприятия позволяет разрабатывать изделия и подготавливать их производство в условиях постоянной кооперации. Предложенный метод построения ИСРП обеспечивает организацию расширенного использования ресурсов. Он был успешно применен в проекте изготовления оптических изделий на основе современных информационных технологий [9].

В результате исследования выявлено, что перспективным направлением развития предлагаемых методик организации ИСРП является переход к технологиям Web 2.0, таким как IaaS или SaaS. При этом использование облачных сервисов обеспечивает гибкое распределение ресурсов и организацию взаимодействия с ЕИП, что существенно увеличивает спектр компаний и предприятий, которые могут участвовать в кооперации. Модель SaaS позволяет использовать программное обеспечение как услугу, благодаря чему участник быстро может войти в кооперацию и начать работать над общими проектами. Возможности модели IaaS обеспечивает предоставление вычислительных ресурсов в виде сервиса, что позволяет растущей компании перейти на новую ступень использования облачных технологий. За счет применения IaaS предприятие может создать собственную информационную инфраструктуру в виртуальной среде, что обеспечит большую гибкость, безопасность и упростит масштабирование и переход на собственные ресурсы в будущем. В результате по мере вовлечения участника

в кооперацию может осуществляться постепенное масштабирование, что обеспечит максимально комфортные условия работы и взаимодействия в рамках ЕИП.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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—16.
2. Афанасьев М. Я., Грибовский А. А. Организация единого информационного пространства виртуального предприятия // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2011. Вып. 6(11). С. 114—118.
3. Яблочников Е. И., Молочник В. И., Саломатина А. А. Комплексное использование баз знаний в автоматизированных системах технологической подготовки производства // Изв. вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53, № 6. С. 51—54.
4. Саломатина А. А., Субботин И. А., Яблочников Е. И. Разработка алгоритма формирования пакетов заказов // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2010. Вып. 5(69). С. 72—75.
5. Афанасьев М. Я., Филиппов А. Н. Применение методов нечеткой логики в автоматизированных системах технологической подготовки производства // Изв. вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53, № 6. С. 38—42.
6. Афанасьев М. Я., Саломатина А. А., Алёшина Е. Е., Яблочников Е. И. Применение многоагентных технологий для реализации системы управления виртуальным предприятием // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2011. Т. 11, № 5. С. 105—109.
7. Lotfi Sadigha B., Arikant F., Ozbayoglu A. M., Unverc H. O., Kilic S. E. A Multi-agent system model for partner selection process in virtual enterprise // Procedia Computer Science. 2014. Vol. 36. P. 367—372. DOI:10.1016/j.procs.2014.09.007
8. Wua D., Rosena D. W., Wang L., Schaefer D. Cloud-based design and manufacturing: A new paradigm in digital manufacturing and design innovation // Computer-Aided Design. 2015. Vol. 59. P. 1—14. DOI:10.1016/j.cad.2014.07.006.
9. Yablochnikov E. I., Vasilkov S. D., Andreev Yu. S., Pirogov A. V., Tretyakov S. D. An integrated approach to development and simulation manufacturing processes of optical products // Management and Production Engineering Review. 2015. Vol. 6. P. 94—103.

#### Сведения об авторах

- Анна Алексеевна Грибовская** — канд. техн. наук; ООО „Диалог ИТ“; E-mail: salomatina.anna@gmail.com
- Андрей Александрович Грибовский** — канд. техн. наук; Университет ИТМО; кафедра технологии приборостроения; E-mail: griandrey@gmail.com
- Евгений Иванович Яблочников** — канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО; кафедра технологии приборостроения; заведующий кафедрой; E-mail: eugeny@beepitron.com

Рекомендована кафедрой  
технологии приборостроения

Поступила в редакцию  
19.04.16 г.

**Ссылка для цитирования:** Грибовская А. А., Грибовский А. А., Яблочников Е. И. Подход к созданию расширенного предприятия для выпуска инновационной продукции // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 10. С. 867—873.

#### AN APPROACH TO CREATION OF VIRTUAL ENTERPRISE FOR INNOVATIVE PRODUCTION

A. A. Gribovskaya<sup>1</sup>, A. A. Gribovsky<sup>2</sup>, E. I. Yablochnikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dialogue IT Ltd., 194044, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia  
E-mail: eugeny@beepitron.com

The problems of expanded enterprise creation are considered, methods of organization of interaction between the customers and the performers in a common information space at the level of sharing information on the let-out product, its structure, structure of a current project in general, and managements of their interaction is proposed. The possibility of organization of virtual enterprise for hi-tech innovative productions is described by the example of a platform of additive production.

**Keywords:** virtual enterprise, production preparation, information technologies, common information space, PDM-system

**Data on authors**

- Anna A. Gribovskaya** — PhD, Dialogue Ltd.; E-mail: salomatina.anna@gmail.com  
**Andrey A. Gribovsky** — PhD; ITMO University, Department of Instrumentation Technologies; E-mail: griandrey@gmail.com  
**Eugeny I. Yablochnikov** — PhD, Associate Professor; ITMO University, Department of Instrumentation Technologies; Head of the Department; E-mail: eugeny@beepitron.com

**For citation:** Gribovskaya A. A., Gribovsky A. A., Yablochnikov E. I. An approach to creation of virtual enterprise for innovative production // Izv. vuzov. Priborostroenie. 2016. Vol. 59, N 10. P. 867—873 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-10-867-873