

УДК 62-503.57

*Л.А. ТИМАШОВА*, д-р техн. наук, зав. отделом Международного научно-учебного центра информационных технологий и систем Национальной Академии наук и Министерства образования и науки Украины, Киев,

*Т. ВИТКОВСКИ*, д-р техн. наук, проф., Варшавский технологический университет, Варшава, Польша

## **ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Рассмотрены проблемы виртуальных предприятий с гибкой архитектурой и динамической системой управления. Сформулированы основные понятия, идеи, методы создания виртуальных предприятий, базирующихся на интеллектуальных информационных технологиях. Предложена новая технология реализации задач управления на основе системного проектирования, теории управления, бизнес-процессного и интеллектуального моделирования. Библиогр.: 11 назв.

**Ключевые слова:** предприятия с гибкой архитектурой, виртуальные предприятия, интеллектуальное моделирование, задача управления, системное проектирование.

**Постановка проблемы.** В современном управлении предприятием, по-прежнему, одной из актуальных проблем остается проблема организации жизнеспособных высокопродуктивных систем управления. Это вызвано тем, что существующая жесткая структура традиционных предприятий оказалась несовместимой с динамично происходящими инновационными и технологическими изменениями, постоянно происходящими в мире глобализации, а также с необходимостью сохранения устойчивости и эффективности системы.

Одним из решений этой проблемы может быть создание систем нового поколения, какими являются виртуальные предприятия (ВП). Очевидно, что умение управлять ими является инновационным процессом не менее важным, чем разработка новых технических систем. Можно ожидать, что создание таких предприятий станет одним из нетривиальных путей выхода из сложившегося кризиса промышленности Украины.

Смысл создания новых форм управления состоит в их способности гибко и в реальном времени "перепроектировать" свою организационную структуру, методы и средства управления в зависимости от изменчивых целей и спроса на рынке. В результате ускоряется запуск продукции в производство и сокращается "жизненный" цикл изготовления. Это

© Л.А., Тимашова, Т. Витковски, 2015

необходимо для крупных предприятий, выпускающих сложную наукоемкую продукцию, которая требует совместных усилий ряда новых отраслей (электроника, химия, медицина, промышленное строительство, банки, информационные технологии), и не способных в одиночку организовать эти производства. Заметим, что не менее это актуально и для средних и мелких предприятий, например, торговые фирмы, которые вместе с продажей, готовы производить продукцию, которую требует рынок. Понятно, что решение таких задач выходит за рамки отдельного предприятия и его бизнес-процессов.

**Анализ литературы.** Ряд научных и практических идей по управлению предприятием и созданию автоматизированных систем управления для них были разработаны В.М. Глушковым и его научной школой. Основные идеи изложены в его многочисленных работах, развиты и реализованы учениками как новые решения на производственном уровне [1]. Научный потенциал школы академика В.М. Глушкова сегодня развивается дальше в соответствии с требованием времени, меняющимися экономическими условиями развития общества, а также новыми возможностями вычислительной техники и новыми возможностями информационных технологий. Тематике "виртуальное предприятие" посвящены, в основном, работы зарубежных авторов, например, в 1992 г. опубликована монография W. Dawidow, M. Malone. "Virtual Enterprises" о работе секции на 62-й ежегодной конференции Товарищества наук о предприятии (Берлин, 13-17 июля 2000 г.), посвященной новым подходам в управлении. За рубежом тематика виртуальных предприятий активно исследуется [2 – 8]. К концу 90-х годов и началу 21-го века ключевой темой становится переход к виртуальным принципам организации предприятий [9, 10]. В некоторых работах виртуальные предприятия обозначают и другими терминами: "сетевые предприятия", "безграничные предприятия", "расширенные предприятия" [4]. На Украине проблемы виртуальных предприятий исследуются с 2001 г. в Международном научно-учебном центре информационных технологий и систем НАНУ и МОНУ [11]. К сожалению, развитие виртуальных предприятий не имеет быстрой тенденции роста и нуждается в дальнейшем исследовании.

**Цель статьи** – разработка технологий интеллектуального моделирования для виртуальных предприятий, особенностью которых является гибкая архитектура и динамическая система управления.

**Определение ВП.** Виртуальное предприятие – это система искусственно интегрированных в информационном пространстве

разнородных предприятий с единой системой управления, способной гибко менять свою конфигурацию [11]. Отличительной их чертой является способность быстрой адаптации к новым нештатным ситуациям за счет возможности находить, сохранять и использовать объединенные общие ресурсы и знания. Они могут быть отнесены к разряду интеллектуальных предприятий, способных к высокой производительности [11].

**Постановка задачи.** Построить в условиях негативных тенденций развития экономики высокопродуктивную систему управления предприятием, которая способна обеспечить поставку продукции на мировой рынок быстрее, чем конкуренты, сократив при этом цикл изготовления и выхода на мировой рынок. Обеспечить прибыльность, конкурентоспособность и устойчивость предприятия, а также спрос на продукцию.

Для решения этой задачи нужны новые идеи и новые информационные технологии.

**Основные принципы и решения.** Представляется, что "ноу-хау" ВП лежит на границе разносторонних интересов партнеров–участников, а основным принципом создания является динамическая интеграция ресурсов (технологических, материальных, производственных, финансовых) ради общей цели, как правило – новой продукции. Это делает создание таких предприятий сложным в системотехническом и информационном плане. Усиливает эту сложность также требование соблюдения бесконфликтности и согласованности принятия решений управленцами на всех иерархических уровнях. Понятно, что речь идет о новом поколении предприятий, которые представляют собой интегрированную организацию с гибкой системой управления и распределенной сетевой инфраструктурой.

В отличие от классической кооперации, которая основана на жестких стабильных отношениях, идея ВП была реализована нами как модель динамического сотрудничества в виде открытой бизнес–системы единого электронного пространства интегрированных ресурсов. В фазе организации системы были решены задачи установления договорных отношений, выбора партнера, выбора формы организации, установления системы целей, определения правил взаимодействия, распределения прибыли. На этом этапе важной составляющей такой системы является система поиска, которая помогает найти потенциальных партнеров. Общий алгоритм поиска партнеров для ВП включает следующую последовательность действий: сформировать запрос на поиск в зависимости от характера партнерства; осуществить поиск; сохранить в

базе данных предложения на партнерство; актуализировать общий запрос на партнерство с учетом поступивших предложений; найти партнера по заданному критерию. Система предназначена для автоматизации процесса поиска партнеров для ВП с интеллектуализацией этого поиска.

Процесс поиска партнеров реализован как процесс поиска среди множества реальных предприятий и организаций, партнеров, располагающих потенциалом и ресурсами и желающих скооперироваться для достижения общих результатов. Потребность в партнерстве определяется ресурсами и услугами, которых недостает виртуальному предприятию для реализации своих целей. Виды ресурсов и услуг зависят от типа виртуального предприятия и характера его деятельности, а объемы определяются масштабами бизнеса. Потребности бизнеса диктуют и другие требования к будущим партнерам: по характеру отношений, географии нахождения, объемам и моментам поставок, качеству ресурсов и услуг и т.п. Поиск партнеров происходит с помощью сети Интернет, которая располагает необходимым количеством информации относительно различных предприятий и организаций, их продукции и коммерческих предложений. Непосредственно для поиска использованы базовые Интернет-технологии, позволяющие участникам ВП представлять себя, искать друг друга, обмениваться информацией, общаться и вести общий бизнес. Процесс поиска партнеров представляет собой сложную интеллектуальную деятельность, требующую от его исполнителей определенных профессиональных знаний в соответствии с направленностью ВП, умения эффективно использовать современные информационные и коммуникационные технологии, и четкой ориентации в информационном пространстве Интернет, в котором может быть представлен каждый вид искомого ресурса. Компьютерная "Система поиска партнеров для ВП" берет на себя функции автоматизации и интеллектуализации той части процесса поиска, которая связана с операционной деятельностью виртуального предприятия при поиске партнеров. Используя в роли базовых Интернет-технологии, система, тем не менее, организует свое информационное хозяйство, где хранится вся, необходимая для работы системы информация, осуществляет запуск базовых технологий, проводит анализ результатов их работы и формирует на их основе предложения партнерства.

Система отслеживает весь процесс поиска. Поступивший в систему "Запрос на партнерство" рассматривается ею как задание, выполнение которого контролируется в рамках системы. Ведется учет поступивших предложений; проводится анализ обеспеченности потребности в партнерстве поступившими предложениями; выставленная на сайте потребность актуализируется с учетом ее обеспеченности. С учетом

обеспеченности имеющимися предложениями формируются задания на конкретную технологию поиска, организовывается работа по сеансам.

Интеллектуальность системы характеризуется ее способностью представлять, накапливать и использовать накопленный опыт и приобретенные в процессе поиска конкретные знания, а также ее умением работать с интеллектуальными технологиями. Знания, полученные в процессе поиска конкретных ресурсов, и опыт работы с конкретными организациями фиксируется системой, и используются при повторном поиске этих ресурсов и в работе с организациями. Ведется протоколирование работ с последующим их анализом на предмет повышения эффективности работы Системы и ее усовершенствования.

Специфика работы "Системы поиска партнеров для ВП" состоит в том, что она является частью общей системы ВП и должна максимально настраиваться на те виды ресурсов и те партнерские взаимоотношения, которые устраивают данное виртуальное предприятие. Для этого разработана собственная база данных и база знаний.

В базе данных размещается непосредственно "Запрос на партнерство", найденные системой "Предложения партнерства", справочная и другая промежуточная информация, которая используется в процессе поиска партнеров. В процессе поиска первоначальный "Запрос на партнерство" дополняется различной информацией, по которой можно определить, как идет процесс поиска по данному, ресурсу, по данному направлению и по Запросу в целом. "Предложения партнерства" формируются с использованием разных технологий поиска, проходя различные стадии предварительной их обработки. И лишь только после окончательного согласования с потенциальным партнером записываются как выходные "Предложения партнерства". Это приводит к тому, что в процессе поиска партнеров создаются дополнительные рабочие файлы, где хранится требуемая для работы системы информация. Каждая технология поиска, в свою очередь, тоже может потребовать создания и организации собственного информационного хозяйства.

Для повышения эффективности работы с предложениями партнерства и последующей их оценке, при отборе предложений в базе знаний системы накапливается информация и знания об организациях, найденных в процессе поиска и представляющих интерес для данного ВП как возможные партнеры. Кроме того, здесь накапливаются знания о самом процессе поиска (используемые технологии, эффективные Интернет-источники, сценарии поиска) по направлениям деятельности и видам ресурсов, найденных с помощью Системы. При поиске нового партнера по конкретному направлению или виду ресурса в первую очередь используются эти накопленные знания, которые хранят в себе

прошлый опыт процесса поиска. Для реализации алгоритма поиска оптимального партнера среди множества была использована мультиагентная технология и модели оптимизации [11].

Для фазы функционирования ВП решены задачи: оптимальной интеграции ресурсов на основе балансовых оптимизационных моделей, планирования программы предприятия с проверкой ресурсов, построения расписаний, как часть диспетчерского управления. Последняя, ее мы и рассмотрим в дальнейшем, для применения интеллектуальных технологий является наиболее интересной, так как процессы диспетчерского управления более всего характеризуют априорная неполнота и нечеткость исходных данных, вариабельность и неточность характеристик исследуемого объекта, принятия решений в различных ситуациях, связанных с конфликтами. Реализация задач диспетчерского управления была отработана в условиях комплексной динамической корпоративной модели с привлечением аппарата интеллектуального моделирования.

Появление интеллектуальных диспетчерских систем вызвало к жизни другие принципы организации, другие подходы и методологии. Появились иные понятия, термины, не встречавшиеся ранее в разработках и научной литературе. Появилось понимание, что только использование всего потенциала знаний, накопленных человеком, создаваемых его интеллектом, позволит успешно решать возникающие управленческие проблемы и находить пути их адаптации к новым условиям.

Действительно, руководителю нужны интеллектуальные системы, позволяющие перенести отработанные многолетней практикой управленческие решения в область компьютерных технологий, высвободив интеллектуальный потенциал для стратегического мышления, определения направлений развития предприятия и решения нестандартных задач, требующих интеллекта. Тогда для диспетчерского управления реально обеспечить решение основных проблем:

- ситуационную поддержку принятия решений,
- процесс поиска управляющих решений на основе накопленных знаний о предметной области,
- принятие согласованных решений руководителем в условиях неопределенности. Кроме того, реально автоматически определить:
  - место возникновения несоответствия (противоречия) или отклонения выбранной траектории управления,
  - определить и распознавать ситуацию, сложившуюся на объекте и в среде управления,

– определить множество возможных решений с выбором эффективных, автоматически осуществить контроль исполнения управляющих воздействий.

### **Технология интеллектуального моделирования производственных систем (ИМП).**

**Определение.** Интеллектуальное моделирование производственных систем – это процесс моделирования, для которого базовым инструментом является сочетание методов имитационного моделирования с методами и технологиями использования баз знаний производственных задач.

Как уже говорилось, предполагается, что интеллектуальность включает способность приобретать, накапливать и использовать знания из разнообразных областей деятельности виртуального предприятия с целью получения новых производственных знаний для совместного использования. Под интеллектом, связанным с информационной технологией, понимается механизм формирования и использования знаний в процессах, обуславливаемых данной технологией. Знания – это закономерности предметной области, полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющие специалистам ставить и решать задачи в этой области. Интеллектуальная система ВП – это система, ядром которой является База Знаний (БЗ) или модель предметной области, описанная на языке сверхвысокого уровня, приближенного к естественному.

Идеей интеллектуальных систем, к каким относятся ВП, в отличие от традиционных, является придание интеллектуальных черт (признаков) моделям, методам и программам системы управления. Назначение: целенаправленно воспринимать окружающую среду; формировать свои представления об этой среде в виде объектов–фактов, понятий и знаний, отношений между объектами и множествами объектов, организуемых системой в модель среды; формировать базу знаний, сохраняющую в виде знаний представления системы о возможных классах сред, создавать модели отдельных предметных областей, разрабатывать, используя имеющиеся у нее знания, модели своего поведения и решать задачи, возникающие перед системой в процессе ее взаимодействия со средой.

Сложность проектирования определялась: сложностью предметной области; сложностью управления процессом разработки; сложностью описания поведения отдельных подсистем; сложностью обеспечения гибкости конечного программного продукта. С целью успешной реализации использованы перспективные информационные технологии: Internet, Intranet, CALS и CASE, Workflow, "облачные технологии",

средства мультимедиа, распределенные базы данных и знаний. Основное внимание было уделено календарному планированию работы цеха и его диспетчированию. Проблема в гибкой среде звучит так: при данном выборе производственного оборудования и технологических ограничений и требований, выраженных в терминах количества и качества продукта и временных ограничений, найти допустимую последовательность операций обработки на разнообразном оборудовании, которая бы удовлетворяла поставленным целям. Очевидно, что аналитические методы мало пригодны для большинства реальных задач планирования такого рода. Круг задач, входящих в область планирования производства и управления, включает планирование техпроцессов, планирование операций и управление работой цеха. Известно, что трудности, возникающие при разработке расписаний, обусловлены сложностью и неопределенностями, характерными для таких задач. Отчасти, это зависит и от того факта, что планирование не является изолированной функцией, отделенной от других производственных функций. Оперативное планирование зависит от решений, принятых в разных местах, наличия ограниченного числа станков, выполняющих различные операции и имеющих различные характеристики и возможности, все это дополнительно усложняет задачу. Все производственные системы подвержены действию нештатных событий и неопределенности, связанных с неожиданными изменениями в требованиях и отказом станков. Неопределенность является также результатом отклонений от плана по двум основным причинам:

а) отказов оборудования или трудностей с рабочей силой, вторые вызывают более позднее наступление событий;

б) неадекватности ресурсов вследствие флуктуации смеси деталей, вариации размеров партий и запоздалого снабжения. Поскольку эти события невозможно предсказать заранее, возникает естественная необходимость повторного оперативного планирования в ходе производства.

Все это представило собой проблему, к которой математики относятся как к сложной комбинаторной задаче. К сожалению, аналитические методы мало пригодны для большинства реальных задач планирования такого рода. Специалисты по управлению пытались использовать методы математического программирования для получения оптимальных решений задач цехового календарного планирования. К сожалению, эти подходы, успешные в теории, оказываются бесполезными на практике.

Планирование и диспетчирование операций в гибком динамичном окружении относится к классу задач, для которых получение

оптимальных решений является чересчур сложной проблемой. Представляется, что для планирования целесообразно использовать имитационное моделирование. Имитационное моделирование позволит пользователю заранее определять, какие правила следует использовать для того, чтобы достигнуть желаемых изменений в действующих условиях. Оно также полезно и для настройки расписаний, которая проводилась путем многократного моделирования процесса с переменными величинами с целью получения наилучших значений для множества параметров.

При обсуждении задач календарного планирования важно понять, какие требования предъявляются к знанию. Знание, необходимое для выполнения функций календарного планирования, должно быть полным, хорошо определенным и тщательно структурированным. Методы для представления и использования этого знания должны иметь результатом расписания, достаточно эффективные и гибкие.

Один из подходов к составлению робастного и эффективного расписания – это интеллектуальный планировщик процесса, работающий в реальном времени и использующий технику ИИ, объединенную с некоторыми аспектами существующих подходов к календарному планированию, эвристиками и имитационным моделированием. Интеллектуальный подход позволяет эффективно иметь дело с динамикой системы и неполной информацией, которые характеризуют этот класс проблем. Для создания "интеллектуального" планировщика была использована специальным образом составленная комбинация структур данных и интерпретирующих процедур, определяющих систему знаний.

Система знаний описана нами как компьютерная программа, которая содержит множество фактических, опытных, интуитивных, неопределенных знаний и суждений (эвристик), полученных от эксперта в некоторой прикладной области. При наличии этого знания программа делает выводы и генерирует новую информацию в решении проблем, связанных с человеческим интеллектом, которые непросто решить алгоритмическими методами.

**Технологические решения и архитектура ВП.** Реализованы технологические варианты реализации системы с разными архитектурами системы.

Первый: Центр управления представлен как юридический орган, исполняющий функции координации, его представляет головное предприятие или один из партнеров. Вход и выход из образованного ВП

свободен и осуществляется самими участниками. Ресурсы могут быть закрыты, но соблюдаются договорные правила партнерства.

Второй: Имеется взаимный доступ к информации друг друга, знание возможности участников-партнеров, их предыстории, существующие на момент создания ВП, процессы и ресурсы для интеграции. В данном случае идея ВП предполагает, что юридических лиц много, а система управления одна. На наш взгляд, это более перспективный и в то же время более сложный вариант реализации системы. Как показала практика, в этих условиях появилась возможность получить новые системные эффекты в виде прибыли и реализации целей, поставленных перед ВП.

**Выводы.** 1. Научная новизна полученных результатов заключается в том, что для виртуальных предприятий, отличающихся от традиционных гибкой архитектурой и динамической системой управления, предложена технология интеллектуального производственного моделирования, базирующаяся на новых информационных технологиях. Интеллектуальное моделирование производственных систем определено как процесс моделирования, для которого базовым инструментом является сочетание методов имитационного моделирования с методами и технологиями использования баз знаний производственных задач. Отличительной их чертой является способность быстрой адаптации к новым нештатным ситуациям за счет возможности находить, сохранять и использовать объединенные общие ресурсы и знания.

2. Предложена новая технология работы компьютерной системы поиска партнеров для ВП, которая берет на себя функции автоматизации и интеллектуализации части процесса поиска, связанной с операционной деятельностью. Интеллектуальность системы характеризуется ее способностью представлять, накапливать и использовать накопленный опыт и приобретенные в процессе поиска конкретные знания, а также ее умением работать с интеллектуальными технологиями. Знания, полученные в процессе поиска конкретных ресурсов, и опыт работы с конкретными организациями фиксируются системой и используются при повторном поиске этих ресурсов и в работе с организациями.

3. Для задачи планирования программы предприятия с проверкой ресурсов и построения расписаний, как части диспетчерского управления, характеризующегося априорностью, неполнотой и нечеткостью исходных данных, вариабельностью и неточностью характеристик исследуемого объекта, принятием решений в различных ситуациях, связанных с конфликтами, предложен подход к построению

модели в условиях комплексной динамической корпоративной модели с привлечением аппарата интеллектуального моделирования.

4. Дано определение системы знаний, как множество фактических, опытных, интуитивных, неопределенных знаний и суждений (эвристик), полученных от эксперта в некоторой прикладной области. При наличии этого знания появляется возможность делать выводы и генерировать новую информацию для решения проблем, связанных с человеческим интеллектом, которые непросто решить алгоритмическими методами.

5. Разработка ВП потребовала применения новых инструментов в виде интеллектуального моделирования и интеллектуальных технологий. Для того чтобы разработка не осталась единичным экземпляром, установилась тесная связь с промышленностью, где эти инструменты были отработаны. Результаты разработанной технологии служат основой для дальнейших исследований в направлении создания, внедрения и эксплуатации конкурентоспособных систем управления предприятием в различных сферах производственной деятельности в среде современного динамичного рынка.

**Список литературы:** 1. Глушков В.М. Введение в АСУ / В.М. Глушков. – К.: "Техніка", 1974. – 320 с. 2. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб., 2000. – 156 с. 3. Тарасов В.В. Виртуальные предприятия: свойства, технологии создания, компоненты инфраструктуры / В.В. Тарасов, П.С. Шильников // Информационные технологии. – 2000. – № 9. – С. 25–30. 4. Тимашова Л.А. Информационные технологии для системы поиска партнеров виртуального предприятия / Л.А. Тимашова, Л.А. Бондар, В.А. Лещенко // Матеріали 12-ї міжнар. конф. з автоматичного управління "Автоматика-2005". – Харків, 2005. – Т. 1. – С. 235. 5. Camarinha-Matos L.M. Supporting agility in virtual enterprises / L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, R. Rabelo // Proceedings of PRO-VE 2000 – 2nd IFIP Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises (Florianopolis, Brasil, 4-6 December 2000). – Kluwer Academic Publishers, 2000. – P. 89-104. 6. Intelligent Systems for Manufacturing – Multi-agent systems and virtual organizations / L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, V. Marik – Editores. – Kluwer Academic Publishers, 1998. – IFIP Vol. 130. – P. 137-140. 7. Goldman S.L. Agile competitors and virtual organizations: strategies for enriching the customer / S.L. Goldman, R.N. Nagel, K. Preiss. – N.Y.: Van Nostrand Reinhold, 1995. – 640 p. 8. Davidow W. The virtual corporation: structuring and revitalizing the corporation for the 21st century / W. Davidow, M. Malone. – N.Y.: Harper Collins, 1992. – 183 p. 9. Davidow W.H. The Virtual Corporation / W.H. Davidow, M.S. Malone. – New York: Harper, 1993. – 357 p. 10. Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises / L.M. Camarinha-Matos, Editor. – Kluwer Academic Publishers, 2002. – 450 p. 11. Тимашова Л.А. Организация виртуальных предприятий: монография / Л.А. Тимашова, С.К. Рамазанов, Л.А. Бондар, В.А. Лещенко. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2004. – 368 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Glushkov V.M. Vvedenie v ASU / V.M. Glushkov. – K.: "Tehnika", 1974. – 320 s. 2. Gavrilova T.A. Bazy znaniy intellektual'nyh sistem / T.A. Gavrilova, V.F. Horoshevskij. – SPb., 2000. – 156 s. 3. Tarasov V.B. Virtual'nye predpriyatija: svojstva, tehnologii sozdaniya, komponenty infrastruktury / V.B. Tarasov, P.S. Shil'nikov // Informacionnye tehnologii. – 2000. – № 9. – S. 25–30. 4. Timashova L.A. Informacionnye tehnologii dlja sistemy poiska partnerov virtual'nogo predpriyatija / L.A. Timashova, L.A. Bondar, V.A. Leshhenko

// Materiali 12-i mizhnar. konf. z avtomatichnogo upravlinnja "Avtomatika-2005". – Harkiv, 2005. – T. 1. – S. 235. **5.** *Camarinha-Matos L.M.* Supporting agility in virtual enterprises / *L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, R. Rabelo* // Proceedings of PRO-VE 2000 – 2nd IFIP Working Conference on Infrastructures for Virtual Enterprises (Florianopolis, Brasil, 4-6 December 2000). – Kluwer Academic Publishers, 2000. – P. 89-104. **6.** Intelligent Systems for Manufacturing – Multi-agent systems and virtual organizations / *L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, V. Marik* – Editores. – Kluwver Academic Publishers, 1998. – IFIP – Vol. 130. – P. 137-140. **7.** *Goldman S.L.* Agile competitors and virtual organizations: strategies for enriching the customer / *S.L. Goldman, R.N. Nagel, K. Preiss.* – N.Y.: Van Nostrand Reinhold, 1995. – 640 p. **8.** *Davidow W.* The virtual corporation: structuring and revitalizing the corporation for the 21st century / *W. Davidow, M. Malone.* – N.Y.: Harper Sollins, 1992. – 183 p. **9.** *Davidow W.H.* The Virtual Corporation / *W.H. Davidow, M.S. Malone.* – N.Y.: Harper, 1993. – 357 p. **10.** Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises / *L.M. Camarinha-Matos.* – Kluwer Academic Publishers, 2002. – 450 p. **11.** *Timashova L.A.* Organizacija virtual'nyh predprijatij: monografija / *L.A. Timashova, S.K. Ramazanov, L.A. Bondar, V.A. Leshhenko.* – Lugans'k: Vid-vo SNU im. V. Dalja, 2004. – 368 p.

*Поступила (received) 31.03.2015*

*Статью представил провідний науковий співробітник Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України, доктор фіз.-мат. наук Мейтус В.Ю.*

Timashova Liana, Dr. Sci. Tech., Senior Researcher  
International Research and Training Center for Information Technologies and Systems National Academy of Sciences of Ukraine and Ministry of Education and Sciences of Ukraine  
prospect Academica Glushkova, 40, Kyiv, Ukraine, 03680  
Tel.: (044) 526-13-19, e-mail: dep190@irtc.org.ua  
ORCID ID: 0000-0001-7459-0662

Witkowski Tadeush, Dr. Sci. Tech., Professor  
Warsaw University of Technology  
Str. Narbuta, 85, Warsaw, Poland, 02524  
Tel.: (+48-22)-648-05-44, e-mail: tawit@poczta.onet.pl  
ORCID ID: 0000-0002-4288-1630