

На правах рукописи

**Ро Тэ Кюн**

**ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ БИЗНЕСА  
НА ИННОВАЦИОННОЙ ПРЕДПРОЕКТНОЙ СТАДИИ  
В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

**Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление  
и обработка информации**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Москва – 2007**

Работа выполнена в Юхан колледже (технологическом институте), Республика Корея, и в Государственном технологическом университете – Московский институт стали и сплавов, Российская Федерация

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор  
Дьячко Анатолий Григорьевич

Научный консультант – доктор технических наук, профессор  
Смирнов Олег Михайлович

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор  
Попов Игорь Иванович,  
кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
Власов Станислав Александрович

Ведущая организация – ОАО «Черметавтоматика»

Защита состоится 25 апреля 2007 года в 14.00 на заседании диссертационного совета Д212.132.07 в Государственном технологическом университете – «Московский институт стали и сплавов» по адресу: 119049, г. Москва, Ленинский проспект, 4

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного технологического университета – Московский институт стали и сплавов.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2007 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Калашников Е.А.

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** Современное экономическое положение в мире и в отдельных ведущих, экономически развитых странах в условиях ликвидации политической напряженности, роста доверия между государствами и открытости, характеризуется ростом производства различных товаров и услуг и активизацией их распределения через внутренний и международный рынок. Вместе с увеличением объемов производства и, особенно, качества продукции, ростом доли высокотехнологичной и наукоемкой продукции, растет и специализация производителей, когда одни из них специализируются на производстве комплектующих изделий, а другие на – сборке из них товаров самого различного назначения, в том числе в странах – местах потребления и спроса на местном рынке.

В сложившихся условиях дальнейший экономический рост, его темпы и качество зависят во многом от стратегии развития конкурентоспособных высокотехнологичных предприятий. Опыт Японии, Тайваня, Кореи и других быстро прогрессирующих стран свидетельствует, что роль и возможности высокотехнологичных предприятий в подъеме экономики чрезвычайно велики.

Рост производства и потребления сопровождается обострением конкурентной борьбы на рынке фирм – производителей товаров и услуг, борьбы «за покупателя». Чтобы успешно конкурировать на современном мировом рынке, фирма-производитель должна быть способной динамично перестраиваться на выпуск новых видов продукции, осваивать новые виды ресурсов, внедрять новейшие технологии в действующие производственные процессы и на этой основе совершенствовать их. Решение этих задач зависит от ряда условий, в том числе от наличия и активного использования высокоразвитой информационной системы непрерывного мониторинга состояния рынка и собственного производства, а также от качества прогнозов динамики потребления и развития рынка производимых и потенциально возможных видов продукции, новых ресурсов, производителей новых эффективных технологий и оборудования.

Управление бизнесом и собственным производством становится многоресурсным – производитель стремится минимизировать затраты любых видов ресурсов, чтобы выстоять в конкурентной борьбе.

В этой связи в последние годы существенное развитие получило оснащение не только крупных, но и средних и малых фирм, работающих в сфере бизнеса, современными информационными системами, их непрерывная модернизация и совершенствование, без которых невозможно обеспечить требуемый уровень информационной обеспеченности, а, в конечном счете – и конкурентоспособности предприятия – производителя товаров

и услуг. Резко возрастает потребность не только в актуальной информации на основе мониторинга рынка и производства, но и в ее аналитической обработке с целью подготовки управленческих решений как стратегического плана, рассчитанного на перспективу, так и тактического, требующего реализации в кратчайшие сроки, а также прогнозирования эффективности инноваций самого различного направления.

Прогнозные результаты являются отправной точкой, основой разработки соответствующих средств и методов управления, обоснования их эффективности и последующей передачи для реализации разработанных и апробированных мероприятий управленческим органам фирмы.

Для проектирования новых и модернизации действующих предприятий бизнеса, систем управления ими и информационных систем поддержки управленческих решений используются современные компьютерно-ориентированные средства и технологии (CASE – Computer Aided Software Engineering), которые, даже самые совершенные из известных ныне, рассчитаны на объем реализации инноваций в статике и оценивают эффективность от их внедрения по завершении внедрения проекта, а не по ходу его реализации. Поэтому неизбежные отклонения от проекта под влиянием случайных внешних воздействий при выполнении проекта не предусматривают оценивания их негативных последствий, не дают возможности своевременно выработать корректирующие мероприятия, поэтому оборачиваются не планировавшимися ранее дополнительными затратами и потерями.

В этой связи разработка методики учета динамики реализации проектов создания новых и модернизации действующих предприятий бизнеса, систем управления ими и информационных систем поддержки организационно- управленческих решений при много-ресурсном характере бизнеса является актуальной.

**Цель и задачи исследования.** Целью настоящей диссертационной работы является разработка методики моделирования в динамике, как действующих предприятий бизнеса, систем управления ими и информационного обеспечения, так и инновационных проектов их модернизации, отражающей во времени все стадии жизненного цикла проекта от предпроектного обследования бизнес-процессов – объектов будущего внедрения – до введения разработки в постоянную эксплуатацию. Важной составляющей этого является установление зависимости во времени необходимых ресурсов на проведение модернизации или реализацию проекта, позволяющей прогнозировать результаты непредвиденных отклонений от первоначального плана, а также разработка мероприятий, минимизирующих ресурсное обеспечение для возвращения к исходному плану.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие взаимосвязанные задачи:

1. Произвести системный анализ известных технологий и CASE-средств проектирования и создания информационных систем для поддержки управления современным бизнесом; проанализировать способы расширения их возможностей за счет детального учета временных характеристик и зависимости от них отдельных видов ресурсного обеспечения инновационных проектов;
2. Предложить методику имитационного (вероятностного) математического моделирования в динамике как всего инновационного проекта по созданию или модернизации информационных систем, так и отдельных этапов его реализации, прогнозирования их результатов, а также комплексных результатов функционирования бизнес-процессов, для управления которыми информационная система предназначена;
3. Предложить методику и алгоритмы оценки потребностей ресурсного обеспечения при отклонениях по ходу реализации во времени отдельных этапов проекта по созданию или совершенствованию предприятия бизнеса или его информационной системы при изменениях первоначального бизнес-плана;
4. Апробировать предложенные методики и алгоритмы на примерах создания и модернизации производственных систем по производству материальной товарной продукции в металлургии.

**Методы исследования.** В диссертационной работе применены методы теории иерархических систем, системного анализа и обработки информации, CASE-средства и технологии по созданию информационных систем и систем управления; математического моделирования и оптимизации.

**Результаты, выносимые на защиту.** На защиту выносятся:

1. Концепция учета динамики создания или модернизации информационных систем на всех этапах их жизненного цикла и их взаимосвязи с различными видами ресурсного обеспечения, предназначенных для поддержки управленческих решений тактического и стратегического характера в бизнесе;
2. Методика учета динамики реализации инновационных проектов по модернизации предприятий бизнеса, созданию новых и совершенствованию действующих информационных систем для мониторинга состояния рынка и собственного многоресурсного бизнес-процесса и поддержки управленческих решений как стратегического, так и тактического характера;

3. Математические вероятностные (имитационные) динамические модели информационных систем многоресурсных бизнес-процессов и на их основе – прогнозирования результатов бизнес-процесса, выявления проблемных областей и зон риска.

**Научная новизна полученных результатов.** На основе системного анализа и обобщения известных CASE-средств и технологий инновационных проектов создания и модернизации информационных систем в бизнесе предложена методика детального учета временных характеристик (текущего времени, времени реализации отдельных этапов, времён ожидания и др.) на всех этапах их функционирования и реализации.

Проанализирована и показана взаимосвязь временных характеристик с отдельными видами ресурсного обеспечения, предложены методы общего учета потребностей в ресурсном обеспечении, в том числе при изменениях первоначального бизнес-плана реализации инновационного проекта при непредвиденных внешних воздействиях или выявившейся по ходу его реализации.

Разработана методика математического вероятностного (имитационного) моделирования бизнес-процессов в динамике, предложены методика оценки статистических свойств и критерии оценки границ возможных отклонений, что позволяет оценить степени зоны (области) возможных степеней рисков и своевременно выработать соответствующие меры предотвращения их последствий, а также апробировать их эффективность на той же математической вероятностной модели.

**Практическая значимость полученных результатов.** Разработанные методики и математические вероятностные модели могут быть использованы для уточнения ресурсного обеспечения и сроков реализации инновационных проектов по созданию и модернизации предприятий бизнеса, систем управления ими и информационных систем поддержки управленческих решений, прогнозировать результаты их реализации при возможных отклонениях по ходу осуществления бизнес плана, разработки и апробации соответствующих организационно-управленческих мер по различным критериям, в том числе минимизации потребностей в ресурсах различных видов.

Методики и динамические математические модели могут быть использованы в профессиональном образовании при подготовке специалистов по информатике, информационным технологиям, а также информационных аналитиков, и прошли апробацию в Юхан колледже (технологическом институте), Республика Корея, и в Государственном технологическом университете «Московский институт стали и сплавов», Российская Федерация.

**Апробация работы.** Материалы диссертационной работы докладывались на научных семинарах и симпозиумах в Республике Корея, использовались в докладах по тематике развития информационных технологий и направлений развития профессионального образования, сделанных на Всероссийском совещании с международным участием по эффективности управления металлургическим производством на основе информационных технологий (Москва, МИСиС, октябрь 2005).

Материалы диссертации опубликованы в 10 статьях в Республике Корея, а также в одной статье в России в издании, входящем в Перечень, рекомендованный ВАК РФ.

### **Краткое содержание работы**

**В первой главе** на основе анализа литературы отмечается, что современный бизнес любого направления тесно связан с окружающей средой, образуя с нею взаимосвязанное единство, в котором можно условно выделить 5 крупных составляющих (макросред): производственную макросреду, представляющую собой индивидуальную особенность каждого конкретного предприятия бизнеса; макросистему ресурсного обеспечения (рынок ресурсов); подсистему потребления продукции и услуг (рынок продукции); макросреду обитания, включая экологию и рынок труда, а также политико-правовую среду. Особенностью управления современными предприятиями бизнеса является то обстоятельство, что указанные макросреды рассматриваются не просто ограничениями на условия функционирования предприятия бизнеса, а могут быть использованы как средство управления эффективностью бизнеса.

Одной из важнейших макросред является ресурсное обеспечение, в котором можно выделить ряд ресурсных групп (материальные, энергетические, финансовые, технические, кадровые и другие), что делает бизнес любого направления многоресурсным. Предприятию бизнеса, чтобы успешно конкурировать, необходимо непрерывно отслеживать и минимизировать затраты всех видов ресурсов. Для этого фирме, специализирующейся в бизнесе любого направления, необходимо иметь современную информационную систему непрерывного мониторинга как рынка ресурсов и продукции, так и собственного производства, анализировать и отслеживать внешние и внутренние изменения в них, прогнозировать их последствия для собственного бизнеса, своевременно вырабатывать и осуществлять необходимые организационно-управленческие решения.

В свою очередь это требует оснащения информационно-аналитической системы предприятия бизнеса формализованным представлением бизнеса в виде функциональной, управленческой, организационной, информационной и других моделей как основного инструментария анализа и прогноза эффективности бизнеса.

В настоящее время сложились, активно используются и представлены на мировом рынке информационных продуктов ряд компьютерно-ориентированных методик и инструментальных средств (Computer Aided Software Engineering – CASE-средств) формализованного описания объектов бизнеса разного масштаба: от предприятий и их объединений – холдингов до детального описания отдельных бизнес-функций, которые с успехом используются для широкого класса новых задач анализа и управления бизнесом. Среди указанных систем лидирующее положение занимают методологии IDEF (Integration DEFINition) и ARIS (Automation Reengineering Information Systems), тесно связанные с современными системами интегрированного управления бизнесом.

В свою очередь, управление предприятием бизнеса является сложным интеграционным процессом, составными частями которого являются планирование, организация исполнения, мотивация, мониторинг текущего состояния и контроль основных параметров и показателей, разработка и внесение корректирующих, управляющих мер и воздействий при выявившейся необходимости.

Проанализирована взаимосвязь управления на всех его уровнях с необходимым информационным обеспечением. Все множество бизнес целей деятельности предприятия бизнеса удобно представлять в виде трехуровневого дерева целей, содержащем как глобальные, обобщенные цели, так и конкретные цели с указанием соответствующих им показателей. Методики такого представления известны и широко используются в европейской и американской научно-технической литературе (типовая пирамидальная схема управления Т. Парсонса). В России широкое развитие получила четырехуровневая система управления, где верхний уровень управления схемы Т. Парсонса разбит на два подуровня: стратегического планирования и управления.

В последние годы в организационном управлении сложными системами различных направлений бизнеса сложились и нашли применение ряд международных стандартов управления, в том числе управление движением материальных потоков MRP («Materials Requirements Planning»), статистического управления запасами SIC («Statistical Inventory Control»), планирования производственных мощностей CRP («Capacity Requirements Planning»), система управления финансовыми потоками FRP («Finance Requirements Planning»), полнофункциональная комплексная система организационного управления ERP («Enterprise Requirements Planning»), технологии управления с учетом индивидуальных запросов покупателей – концепция CSRP («Customer Synchronized Resource Planning»), международные стандарты ИСО (ISO) 9000 управление качеством и сертификация продукции и другие. Стандарты и системы управления программно и алгоритмиче-



ски совместимы с CASE-средствами и могут реализовываться на предприятиях бизнеса как единая интегрированная информационная среда.

Большинство перечисленных систем управления и CASE-средств имеют модульную структуру и могут поставляться как для предприятий бизнеса разного масштаба, так и для поэтапной реализации систем управления, соответствующих различным международным стандартам.

Однако современные интегрированные системы управления позволяют оценивать эффективность внедрения инноваций, ориентируясь чаще всего на критический путь, по завершении внедрения проекта, т.е. в статике. При осуществлении бизнеса в параллельных направлениях деятельности его предприятий, поскольку ветвление бизнес-процессов было и остается основным способом сокращения сроков производства продукции и оказания услуг, могут возникнуть диспропорции в потребностях и использовании отдельных видов ресурсов, в том числе и под влиянием негативных внешних воздействий случайного характера. Это приводит к удлинению сроков реализации инновационного проекта и к дополнительным затратам, однако, современные проектирования средства не содержат аналитических методов и средств оценки возникновения подобных диспропорций. Поэтому они не позволяют своевременно выработать и применить корректирующие организационно-управленческие меры, поскольку не учитывают в явном виде их реализацию во времени, а только лишь через последовательность реализации отдельных этапов проекта.

**Во второй главе** рассмотрены подходы и компьютерно-ориентированные методики разработки и внедрения новых либо существенной модернизации ранее функционировавших информационных систем на предприятиях бизнеса, предназначенных для мониторинга, как собственного производства, так и состояния рынка ресурсов, продукции и услуг, с которыми данное предприятие бизнеса взаимодействует. Необходимым предварительным этапом такого инновационного проекта является обследование предприятия бизнеса – объекта модернизации или внедрения новой информационной системы.

Целью предварительного обследования является выявление недостатков в информационном обеспечении предприятия бизнеса, а также в аналитической подготовке управленческих решений по результатам мониторинга, и определение проблемных областей в осуществлении и управлении бизнесом.

В настоящее время наиболее широко используются два основных подхода к проведению обследования. Первый из них – формулирование новых или изменившихся требований к информационному обеспечению управленческих и бизнес-процессов на предприятии – объекте последующего внедрения. Этот подход является модификацией экспертных методов и в данной работе детально не рассматривается. Второй подход ба-

зируется на анализе несоответствия между тем, «как есть» («as is») в практике бизнеса, его управлении и информационном обеспечении, и «как должно быть» («as to be»). Он особенно прогрессирует в применении, широко использует CASE-средства и технологии, представляет результаты в виде удобных для восприятия и компьютерного представления графических моделей.

Общими достоинствами обоих подходов являются комплексность, многоресурсность, возможность иерархического построения общей модели объекта бизнеса, состоящей из вспомогательных групп моделей – функциональной, информационной, организационной, управленческой, ресурсной с последующей их декомпозицией с любой необходимой для полноты отражения степенью детализации каждого бизнес-процесса или отдельной функции.

При обследовании предприятий бизнеса с целью их модернизации, а также совершенствования управления ими и/или информационной системы поддержки управленческих решений типов, типа «как есть» и «как должно быть» широко используются упоминавшиеся выше методологии IDEF и ARIS.

Методология IDEF представляет собой систему стандартов, отдельные из них позволяют получить функциональные, управленческие, информационные, организационные и другие модели объекта бизнеса. Основной модели является функциональный блок, который может соответствовать объекту бизнеса разного масштаба от предприятия или холдинга до отдельной бизнес-функции и даже составляющей ее процедуры. Функциональный блок характеризуется входом, выходом, отображаемыми дугами, внутренним механизмом функционирования и наложенным на него управлением. Функциональные блоки в модели объекта бизнеса ориентированы по последовательности функционирования от левого верхнего края к правому нижнему. Связи в моделях между функциональными блоками классифицируются по старшинству, а сами модели могут строиться как в виде последовательности этапов бизнеса и взаимосвязи средств его выполнения (типа Process Flow Description Diagrams, PFDD), так и отражающими с любой необходимой полнотой изменения состояний предметов обработки или отдельных работ в общем их потоке (типа Object State Transition Network, OSTN). Весьма существенно и то, что методология IDEF реализована в широко используемых и доступных программных пакетах – AllFusion Process Modeler, Visio и других.

Методология ARIS отличается комплексностью подхода, когда при обследовании могут быть получены все необходимые модели объекта бизнеса – функциональная, организационная, информационная и другие, а также стандартизованными уровнями декомпозиции, включающими последовательно:

- бизнес-процессы;
- сценарии бизнес-процессов;
- подпроцессы как стадии сценария;
- функции, оставляющие подпроцессы;
- процедуры (транзакции) как отдельные составные части функций.

Вместе с тем, ARIS не стандартизует последовательность функционирования компонентов объекта бизнеса, оставляя ее отображение в моделях на усмотрение разработчика, что приводит к неоправданному разнообразию, особенно при переносе разработок с одних объектов бизнеса на сходные другие. Кроме того, ARIS не имеет управлений в отдельных функциональных блоках, соответствующих компонентам, как составным частям объекта бизнеса, что зачастую приводит к ошибкам в отображении обратных связей, имеющих существенное значение, как в функционировании объекта бизнеса, так и в общем, комплексном управлении им. Как и IDEF, методология ARIS представлена на рынке информационных продуктов стандартизованными программными пакетами.

На основе выполненного анализа можно сделать вывод (и в диссертации он иллюстрируется на примере распространенного бизнес-процесса) о том, что по набору стандартизованных инструментальных средств для обследования крупных и особо сложных объектов бизнеса либо реализации сложных или долгосрочных инновационных проектов более подходит инструментальная среда ARIS, а для мелких и средних объектов, краткосрочных инновационных проектов, более эффективно применима методология IDEF.

Весьма существенно, что обе наиболее распространенные методологии программно совместимы и могут комбинироваться, что способствует продуктивности обследования реальных объектов бизнеса любой сложности.

Вместе с тем, все наиболее распространенные современные методологии, включая детально рассмотренные IDEF и ARIS, на стадии обследования анализируют объекты бизнеса в статике, фактор времени учитывается лишь через посредство последовательности работ. Даже при совместимости с имитационным моделированием типа «что будет, если...», конечный результат может быть получен в статике, после завершения полного цикла работ. Продолжительность отдельных работ, в особенности время работы и требующиеся ресурсы для каждой из параллельных ветвей при обычно встречающемся ветвлении функционирования бизнес-процессов, рассмотренными методиками не отображаются, поскольку фактор времени ими в явном виде не учитывается.

**В третьей главе** излагается разработанная методика моделирования сложных многоресурсных объектов бизнеса в динамике. Она может использоваться при общем обследовании объекта бизнеса самостоятельно либо как двухэтапная процедура, в виде вто-

рого дополнительного этапа анализа функционирования предприятия бизнеса во времени в дополнение к функционально- управленческим, организационным и другим моделям объекта, построенным с помощью известных CASE-средств, а также при анализе инновационных проектов.

Предложено при построении динамических математических моделей объектов бизнеса и/или отдельных его компонентов использовать следующие динамические показатели, частично используемые в других областях науки и технологий:

- Время  $t$ , по математическому смыслу – непрерывная величина, используемая в трех ракурсах:
  - как обычное, текущее время в реальных объектах исследования, инновационных проектах и бизнес планах по их модернизации;
  - как текущая переменная времени при выполнении некоторых математических операций (интегрирования и др.);
  - как системное время в функционально-управленческих, информационных и других моделях, отличное от машинного времени  $t^M$  при их компьютерной реализации, соответствующее реальному времени моделируемого объекта времени в некоторых дискретных точках  $t_k = T_k, k = 1, \dots N$ .

Время  $t$  определено на положительной полуоси  $t \in [0, T]$ , реально ограниченной некоторым конечным временем анализа  $T < \infty$ , причем допустимо полагать  $T \rightarrow \infty$ , если в данном исследовании важным является получение конечных результатов объекта бизнеса, и неважно, за какое конкретно время. Интервалы  $T_k$  соответствия системного времени реальному представляют собой упорядоченный набор дискретных значений  $\langle 0, T_1, \dots, T_k, \dots \rangle$ , а системное время может быть связано с некоторым масштабным коэффициентом, ускоряющим (замедляющим) компьютерную реализацию моделирования.

Показано, что общими по отношению к любым целям и конкретным технологиям функционирования объектов бизнеса являются следующие динамические характеристики:

- Интервалы времени  $t_i, i = 1, \dots, n, n < \infty$ , поступления на вход отдельных партий предмета обработки в данном объекте бизнеса или отдельных работ в общем их потоке.

Интервалы времени  $t_i = t'_i - t'_{i-1}$  охватывают период времени  $t \in (t'_{i-1}, t'_i]$ , где  $t'_{i-1}, t'_i$  – фиксированные моменты текущего времени  $t$ . Причем в диссертации используется общепринятое в высшей математике обозначение пределов, когда квадратная скобка « $]$ » означает, что данный предел входит в рассматриваемый интервал, а круглая скобка « $($ » – что нет. По математическому смыслу интервалы  $t_i$  являются случайными, но могут при необходимости использоваться и как регулярные;

- Времена выполнения  $\tau$  отдельных работ, операций, процедур и т.д., обработки партий предметов (материалов и т.п.).

Времена  $\tau$  могут быть различными в разных  $j$ -ых компонентах объекта бизнеса,  $j = 1, \dots, m$ ,  $m < \infty$  и для разных  $i$ -ых предметов обработки, что отображается соответствующими нижними индексами, например,  $\tau_{ij}$ . Математически времена выполнения обработки  $\tau$  являются случайными, причем в диссертации в качестве типичной рассматривается ситуация, когда времена  $\tau$  ограничены неслучайными пределами с обеих сторон:

$$\tau_{ij} \subset [\tau_{ij}^{\min}, \tau_{ij}^{\max}], \quad i = 1, \dots, j = 1, \dots, m; \quad (1)$$

- Время ожидания обработки  $w_{ij}$   $i$ -ой партии предметов обработки в  $j$ -ых компонентах объекта бизнеса;
- Время задержки  $r_{ij}$   $i$ -ой партии предмета обработки в  $j$ -ом компоненте объекта по завершении обработки в нем.

Время задержки  $r_{ij}$  представляет собой интервал, начинающийся с момента окончания обработки  $\tau_{ij}$  в данном  $j$ -ом компоненте объекта бизнеса, до момента наступления события  $T_j^c$ ,  $T_j^c > \tau_{ij}$ , позволяющего  $i$ -ому предмету обработки покинуть  $j$ -ый компонент:

$$r_j = (T_j^c - \tau_{ij}) \operatorname{sgn} (T_j^c - \tau_{ij}), \quad i = 1, \dots, j = 1, \dots, m; \quad (2)$$

$$\text{где} \quad \operatorname{sgn} ( ) = \begin{cases} 1, \text{если } ( ) > 0 \\ 0, \text{если } ( ) \leq 0 \end{cases}. \quad (3)$$

Если в моделируемом объекте бизнеса выполняется поток работ или последовательная обработка нескольких,  $n$  партий материалов или иного предмета обработки, в качестве события  $T_j^c$  удобно рассматривать освобождение следующего,  $(j + 1)$ -го и его готовность принять данную,  $i$ -ую партию для следующего этапа обработки;

- Время пребывания  $s_{ij}$   $i$ -ой партии предмета обработки в  $j$ -ом компоненте объекта бизнеса,

$$s_{ij} = w_{ij} + \tau_{ij} + r_{ij}, \quad \forall i, j = 1, \dots, m; \quad (4)$$

- Время занятости  $\psi_{ij}$  средств обработки и оборудования операциями обработки  $i$ -ой партии предмета обработки в  $j$ -ом компоненте объекта,

$$\psi_{ij} = \tau_{ij} + r_{ij}, \quad \forall i, j = 1, \dots, m; \quad (5)$$

- Времена простоя  $h_{ij}$  оборудования  $j$ -ого компонента объекта бизнеса в ожидании обработки очередной,  $i$ -ой партии,

$$h_{ij} = (t_{ij} - s_{i-1j}) \operatorname{sgn}(t_{ij} - s_{i-1j}), \quad \forall i, j = 1, \dots, m. \quad (6)$$

Интервалы времени  $t_i$ ,  $i = 1, \dots$ , являются независимыми характеристиками по отношению к объекту бизнеса и определяются графиком его функционирования, задаваемым управляющим органом или системой управления объектом бизнеса. Времена выпол-

нения операций обработки  $\tau_{ij}$  также являются независимыми, определяются индивидуальной экономико-технологической или иной природой каждого  $j$ -ого компонента данного объекта бизнеса и могут быть изменены внедрением инновационных проектов, лежащими за рамками тематики данной диссертации.

Остальные приведенные выше временные характеристики являются функциями  $t_i$  и/или  $\tau_{ij}$ , поэтому в общем случае являются случайными. Так, выражение для времени ожидания  $w_{ij}$  взаимосвязано со временем простоя оборудования (6):

$$w_{ij} = (s_{i-1j} - t_{ij}) [1 - \text{sgn}(t_{ij} - s_{i-1j})], \forall i; j = 1, \dots, m, \quad (7)$$

причем отличным от нуля может быть только одно из них, что дает возможность использовать эти выражения совместно в функционально-управленческих моделях без ущерба для корректности моделей.

Характеристики  $t_i$ ,  $w_{ij}$  и  $s_{ij}$  отражают стадии обработки предметов обработки или их отдельных партий, вообще – использование материальных, финансовых и др. ресурсов (являются переменными типа OSTN в терминологии IDEF). Динамические характеристики  $\psi_{ij}$  и  $h_{ij}$  отражают занятость оборудования, вообще – технических, технологических, интеллектуальных и других ресурсов в процессе функционирования объекта бизнеса (являются характеристиками типа PFDD, если пользоваться терминологией методологии IDEF). Временные характеристики  $\tau_{ij}$  и  $r_{ij}$  являются универсальными, отражающими занятость в объекте бизнеса одновременно и предметов обработки, и оборудования и средств обработки, т.е. принадлежат в терминологии IDEF к обоим типам – OSTN и PFDD.

Показано, что ограничение в создаваемых функционально-управленческих и других видах моделей объектов бизнеса только одним из указанных типов (относительно средств обработки – типа PFDD либо относительно предметов обработки OSTN), рекомендуемое некоторыми известными методологиями, чревато возможностью упустить в динамике многие важные организационно-управленческие ситуации, которые могут отрицательно влиять на полноту отражения и анализ эффективности работы моделируемого объекта. Рекомендуется при построении моделей объектов бизнеса комбинировать оба типа динамических показателей для более полного отражения специфики организации его функциональной деятельности.

Разработанная методика построения динамических моделей объекта бизнеса включает следующие этапы:

1. Принимается решение, какие именно модели необходимы для проведения обследования предприятия бизнеса и/или других задач – функциональная, управленческая, организационная и т.п. (все или часть из них) и известными способами, например,

выбранными CASE-средствами (названными в диссертации опорной методологией) строятся их блок-схемы (диаграммы, в терминологии IDEF).

При этом каждому составляющему компоненту объекта бизнеса или бизнес-функции отводится отдельный функциональный блок, при необходимости попутно производится его декомпозиция с необходимой степенью детализации;

2. Для учета динамики функционирования моделируемого объекта бизнеса блок-схема дополняется:
  - Указанием независимых временных характеристик (в диссертации предложено – в площади соответствующего функционального блока);
  - Статистическими характеристиками (функциями распределения) независимых временных характеристик;
  - Связи и логические операции, если они имеются в блок-схеме модели, считаются выполняющимися за пренебрежимо малое время.

Для инерционных связей, время выполнения которых соизмеримо со временем выполнения операций функциональными блоками, вводится специальное обозначение (в диссертации это сделано заимствованием из известных графических пакетов), указывается время выполнения и его статистические характеристики;

- Если в опорной методологии входной поток отображается дугами, как, например, в методологии IDEF, тогда вводится специальный входной блок, далее интервалы поступления работ или партий предмета обработки  $t_i$  указываются в его площади;
- Если время выполнения обработки  $\tau_j$  в которых функциональных блоках зависит от технологических операций, физических и/или других закономерностей и потому должно задаваться через их посредство, для каждого такого функционального блока создается субмодель, реализующую математические модели указанных закономерностей в динамике с приведением необходимых граничных и начальных условий, обеспечивающих получение их решения.

Если статистические свойства отдельных характеристик не известны, и поэтому не могут быть заданы, то их установление формулируется и решается как попутная задача обследования объекта бизнеса.

3. Компьютерная реализация созданных динамических моделей осуществляется в системном времени, едином для всех функциональных блоков и субмоделей, для дискретных моментов системного времени  $T_k, k = 1, \dots, N$ , соответствующих реальному времени объекта бизнеса.

4. Предложен алгоритм моделирования динамики функционально-управленческих и др. моделей объектов бизнеса, в итеративном режиме как модификации метода статистических испытаний, включающий следующую последовательность действий:

*Шаг 1* – задание начальных условий, времени моделирования  $T$  и производится осуществление начального цикла моделирования объекта бизнеса.

При этом метки функциональных блоков  $b_j, j = 1, \dots, y$  которых среди входов, управлений и/или состояний имеются отсутствующие, пока еще не просчитывавшиеся данные, заносятся в специальный список  $B_0 \langle b_{01}, \dots, b_{0j}, \dots \rangle$ .

*Шаг 2* – осуществляется новый,  $p$ -ый прогон модели (для первого прогона модели  $p = 1$ ), с использованием значений данных, полученных при предыдущей итерации.

При этом специальный список обновляется, и в него заносятся метки функциональных блоков, у которых:

- Или количественные значения выходов по модулю отличаются от предыдущих значений на величину, превышающую заранее оговоренные, допустимые значения;
- Или значения логических выходов, если таковые имеются в данной модели, изменились на противоположные,
- Или неколичественные выходы функциональных блоков приобрели новые, качественно отличные признаки.

Новый список после данной,  $p$ -ой итерации имеет вид  $B_p \langle b_{pj} \rangle, j = 1, \dots, m$ .

*Шаг 3* – полученный на предыдущем шаге список  $B_p \langle b_{pj} \rangle$  проверяется на пустоту.

Если список  $B_p \langle b_{pj} \rangle$  не пуст,  $B_p \langle b_{pj} \rangle \neq \emptyset, p = 1, \dots$ , то осуществляется возврат к новому выполнению шага 2 для следующей  $(p+1)$ -ой итерации, в которой используются данные выполненной,  $p$ -ой итерации;

*Шаг 4* – если список  $B_p \langle b_{pj} \rangle$  оказался пустым,  $B_p \langle b_{pj} \rangle = \emptyset$ , состояния и выходы всех компонентов считаются полученными с помощью модели прогнозными результатами функционирования объекта в данный момент системного времени  $T_k$  и фиксируются для дальнейшего применения;

*Шаг 5 (правило остановки)* – реализованный момент системного времени  $T_k$  после фиксации полученных значений всех параметров объекта сопоставлением с заданным периодом  $T$  исследования реального объекта.

Если  $T_k \geq T$  или оказывается завершенной обработка всех  $n$  партий предмета обработки (либо выполнены все планировавшиеся работы в данном потоке работ), то сеанс моделирования считается законченным, в противном случае моделирование продолжается возвратом к шагу 2.



Для ограниченного исследуемого периода функционирования  $T$  объекта бизнеса, когда число шагов  $T_k, k = 1, \dots, N$ , ограничено и существует опасность получения непредставительных результатов вследствие ограниченности выборки, предложена модификация алгоритма динамического моделирования.

Модифицированный алгоритм основан на эргодических свойствах стационарных случайных процессов и видоизменяет выполнение прогонов модели и сеансов моделирования следующим образом:

- *Изменение шага 1* – длительность сеанса моделирования  $T^l$  выбирается существенно больше заданного периода  $T$  объекта исследования, в три – пять и более раз:  $T^l \gg T$ ;
- *Изменение шага 2* – каждый сеанс моделирования объекта реализуется для «длинного» периода системного времени  $t \in [0, \dots, T, \dots, T^l]$ .

В силу эргодических свойств стационарных случайных процессов для любой переменной  $y$  моделируемого объекта с вероятностью 1 среднее  $\bar{y}(t)$  по времени «удлиненного» сеанса моделирования  $t \in [0, \dots, T^l]$  совпадает со средним  $\bar{y}_k$  по множеству наблюдений:

$$\bar{y}_k = \bar{y}(t) = \sum_{k=1}^{k(T^l)} \frac{y(t)}{T^l} + o(T^l), \quad t \in [0, \dots, T^l], \quad (8)$$

где  $k(T^l)$  – общее число шагов  $T_k, k = 1, \dots, k(T^l)$  в «длинном» сеансе моделирования  $t \in [0, \dots, T^l]$ . Важно, что погрешность моделирования  $o(T^l)$  в (8) может быть получена сколь угодно малой выбором длины сеанса моделирования  $T^l$ , поскольку она является убывающей функцией от  $T^l$ ;

- *Изменение шага 5* – сеанс моделирования, в данном случае в течение времени  $t \in [0, \dots, T^l]$ , повторяется несколько раз, как и в обычном методе статистических испытаний.

Проанализированы статистические свойства интервалов поступления  $t_i$  на вход объекта бизнеса партий предмета обработки, а также времен выполнения обработки  $\tau_{ij}$  в каждом компоненте объекта, включая времена выполнения инерционных связей. Показано, что статистические свойства  $t_i$  и  $\tau_{ij}$  могут быть установлены по условиям функционирования объекта бизнеса и/или его отдельных компонентов и сведены к известными распределениям.

**В четвертой главе** рассматривается взаимосвязь приближенного представления статистических свойств динамических переменных объекта бизнеса и его ресурсного

обеспечения, а также пример применения разработанной методики моделирования объектов бизнеса в динамике.

Предложено для оценивания аппроксимации статистических свойств независимых динамических характеристик моделируемого объекта – интервалов поступления на вход объекта отдельных партий обрабатываемых материалов –  $t_i$   $i=1, \dots, n$ , времен выполнения обработки  $\tau_j$  в отдельных  $j$ -ых компонентах объекта,  $j = 1, \dots, m$ , а также инерционных связей  $\tau$ , использовать совместно два вида критериев:

- Для оценивания погрешности замены распределений временных характеристик, определенных на положительной полуоси  $[0, \infty)$ , конечномерным отрезком  $[0, T]$  в качестве критерия использовать уровень значимости  $\alpha$  – интегральную вероятность попадания на интервал  $[T, \infty)$ , либо доверительную вероятность  $\beta = 1 - \alpha$ ;
- Для оценивания погрешности аппроксимации теоретического распределения  $p(t)$  временной характеристики другим распределением  $p^a(t)$ , в том числе широко используемым в современных прикладных программных пакетах треугольным распределением, рекомендуется применять среднеквадратическую погрешность  $\sigma$  аппроксимации на интервале  $[0, T]$ , либо определяемый ею доверительный интервал, либо определяемые этим интервалом известные критерии согласия.

Показано, что экспоненциальное распределение неудовлетворительно аппроксимируется приближенными распределениями. Поэтому аппроксимация экспоненциального распределения не рекомендуется для применения в объектах бизнеса и лучше использовать теоретическое.

Произведен анализ взаимосвязи других видов приближений (на примере треугольного) функций распределения динамических характеристик при нормализованных интенсивностях входного потока, а также их пониженных и повышенных значениях, представленный на рисунке 1, с ресурсным обеспечением объекта бизнеса.

Выявлено, что приближенное воспроизведение динамических характеристик в функционально-управленческих моделях объектов бизнеса с помощью аппроксимирующего распределения  $p^a(t)$  по отношению к теоретическому  $p(t)$  имеют на интервале времени  $[0, T]$  две зоны:

- Когда теоретическое распределение  $p(t)$  превышает аппроксимирующее  $p^a(t)$ .

Если статистические свойства реального входного потока будут несущественно отличаться от теоретического, а производственные ресурсы и загрузка персонала (кадровый ресурс) будут выбраны, ориентируясь на результаты моделирования с использованием аппроксимирующего распределения  $p^a(t)$ , вследствие погрешности аппроксимации это вызовет занижение потребности в указанных ресурсах и, как следствие, образование очере-

дей из работ или предметах обработки у компонентов объекта исследования, начальных по технологическому маршруту обработки. Соответственно увеличатся сроки выполнения заказов, составляющими которых являются данные предметы обработки (работы);

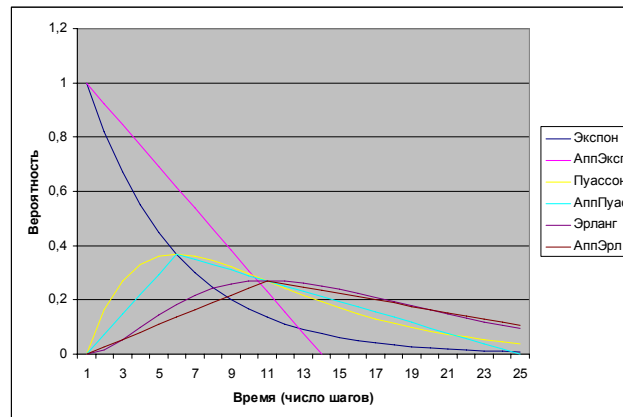


Рисунок 1 – Аппроксимация распределений треугольным приближением

Обозначения: «Экспон» – экспоненциальное распределение, «АппЭксп» – его аппроксимация; «Пуассон» – распределение Пуассона, «АппПуас» – его аппроксимация; «Эрланг» – распределение Эрланга, «АппЭрл» – его аппроксимация. По оси абсцисс – нормированное время (шаг – 0,1)

- Когда аппроксимирующее распределение  $p^a(t)$  превышает теоретическое  $p(t)$ .

В этом случае, если планирование производства будет производиться аналогично предыдущему случаю, то технологические и кадровые ресурсы окажутся недогруженными, находящимися в условиях временного простоя. Тогда управляющие органы предприятия бизнеса могут использовать временный простой для профилактических и ремонтно-восстановительных работ оборудования и обновления других технических ресурсов, временно поручить персоналу другие виды работ и иные вспомогательные задачи.

**В качестве примера применения методики динамического моделирования** проанализировано функционирование во времени участка производства непрерывно литых заготовок в соответствии с инновационным проектом строительства завода труб большого диаметра (ЗТБД) для магистральных нефте- и газопроводов на Урале (г. Нижний Тагил), опубликованным в научной литературе, с целью анализа эффективности использования ресурсов. Созданная динамическая функционально-управленческая модель исследуемого участка приведена на рисунке 2.

В результате динамического моделирования показано, что, для предусмотренного проектом времени разливки одной плавки 39 минут на машине непрерывного литья заготовок – МНЛЗ (агрегат А3 на блок-схеме рисунка 2) в режиме «плавка на плавку», обеспечивается выполнение проектных технико-экономических показателей по годовому объему производства 1440 тыс. тонн готовой продукции (в пересчете на производство заготовок для труб большого диаметра 1420 мм весом 24,5 т), или 110,77% к проектным данным (1300 тыс. тонн, в том числе для производства труб большого диаметра 1000 тыс. тонн).

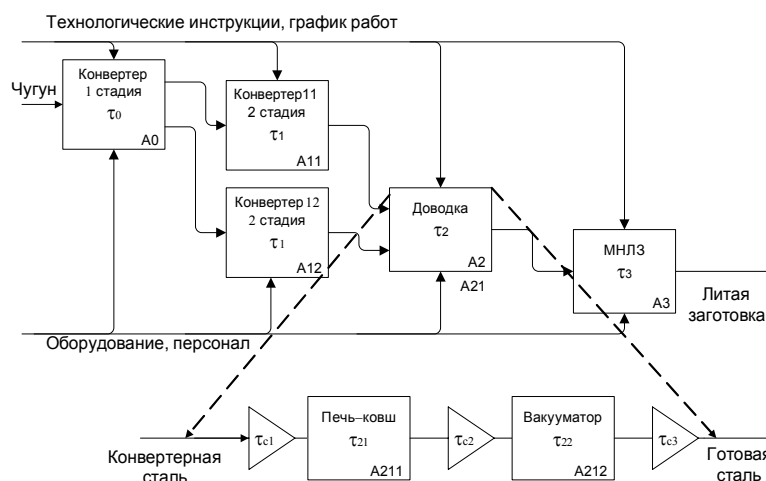


Рисунок 2 – Динамическая функционально-управленческая модель отделения непрерывного литья заготовок по проекту строительства ЗТБД в Нижнем Тагиле

Обозначения: A0, A11, A12, A2, A3 – функциональные блоки, соответствующие основным технологическим агрегатам моделируемого участка;  $\tau_0$ ,  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  – времена выполнения технологических операций соответствующими агрегатами; A21 – субмодель, детализирующая операцию доводки стали до нужного качества; A211, A212 – функциональные блоки, соответствующие агрегатам субмодели;  $\tau_{c1}$ ,  $\tau_{c2}$  – времена выполнения технологических операций агрегатами субмодели;  $\tau_{c1}$ ,  $\tau_{c2}$ ,  $\tau_{c3}$  – времена выполнения инерционных связей (транспортировки ковша с расплавом мостовыми кранами)

Однако загрузка оборудования участка производства, представленного на рисунке 2, имеет значительные временные и технические резервы:

- Простой конвертера A0 первой стадии дуплекс-процесса конвертирования составляет 46,1% от фонда его рабочего времени в каждой предусмотренной проектом серии из 10 плавов;
- Простои двух конвертеров второй стадии составляют 38,2% от фонда их рабочего времени;
- Имеются также значительные резервы времени в виде простоев оборудования на последующих технологических стадиях (печи-ковше A211 для очистки расплава от неметаллических включений и вакууматора A212 для дегазации стали) в схеме доводки конвертерной стали до требуемого качества;

Предложены и проанализированы с помощью динамической функционально-управленческой модели возможные организационно- управленческие меры, направленные на улучшение использования технических и временных ресурсов в технологической схеме производства литых заготовок при соблюдении предусмотренных инновационным проектом показателей.

Показано, что частичное снижение скорости разливки на МНЛЗ в режиме «плавка на плавку» в пределах предусмотренного проектом диапазона до общей продолжительности разливки соответственно времени более медленной работы конвертеров 2-й студии A11 и A12 (44 минуты вместо проектных 39 минут) позволяет:

- Выплавить на конвертере 1-й стадии при необходимости дополнительно 9 плавов в течение каждой серии из 10 плавов для других заказов металлургического предприятия в целом;
- Высвободить полностью один из двух, предусмотренных проектом, конвертеров второй стадии, при этом оставшийся единственный конвертер 2-й стадии справится с проектной нагрузкой без простоев,

Однако переход на такой режим обеспечивает годовую производительность отделения производства непрерывно-литых заготовок в объеме 1280 тыс. тонн, или 98,46% к проектному показателю. Если такое, относительно небольшое снижение не компенсируется дополнительными плавками конвертера 1-ой стадии и будет признано недопустимым, его можно скомпенсировать увеличением годового фонда рабочего времени до 254 дней (вместо предусмотренных проектом 250), либо привлечением на короткий срок высвобожденного второго конвертера для работы в проектном режиме.

Однако переход на предлагаемый режим работы с одним конвертером 2-й стадии требует более интенсивной работы оборудования отделения производства литых заготовок, что, при возможных помехах случайного характера, чревато опозданием плавов на МНЛЗ, нарушением режима разлива «плавка на плавку» на МНЛЗ. Поэтому устойчивость работы участка производства при наличии помех и задержек случайного характера исследована с помощью функционально-управленческой модели с применением разработанной в настоящей работе методики. При этом статистические свойства помех моделировались распределением Эрланга (как имеющие последствие). Размах возможных отклонений случайного характера времен выполнения технологических операций задавался в пределах 10% от средней величины, что по предложенным выше критериям соответствует доверительной вероятности  $\beta = 98,38\%$  (уровню значимости  $\alpha = 1,62\%$ ). Для конвертера 2-й стадии такой размах обеспечивает доверительная вероятность 99,87%. Поскольку такая точность явно избыточна, размах возможных случайных отклонений на конвертере 2-й стадии сужен до величины 7% от проектного среднего значения.

В результате проведенных исследований выявлено, что, если случайным помехам в исследованном диапазоне подвержены все основные агрегаты технологической схемы производства литой заготовки, то нижний предел доверительного интервала времени ожидания разлива становится меньше нуля. В этом случае вероятность опоздания плавов на вход МНЛЗ сверх допустимого времени ожидания и соответственно последующих нарушений предусмотренного инновационным проектом режима разлива «плавка на плавку» становится недопустимо большой – 13,3%.

Для предотвращения возможности нарушения режима непрерывного литья заготовок и повышения устойчивости работы отделения производства литых заготовок при наличии помех случайного характера на всех агрегатах технологической схемы, предложено в качестве управления использовать предусмотренную инновационным проектом возможность работы транспортного оборудования (мостовых кранов) в нормальном (продолжительностью 10 минут) и ускоренном (продолжительностью 8,5 минут) режиме по следующему сценарию:

- Если конвертирование 2-й стадии заканчивается по отношению к утвержденному графику с опозданием в одну минуту и более, мостовой кран, транспортирующий ковш с расплавом к следующему агрегату (инерционная связь  $\tau_{c1}$  на рисунке 2), должен работать в ускоренном режиме, иначе – в нормальном;
- Если последняя стадия доводки стали до требуемого качества (дегазация стали в вакууматоре A212 на рисунке 2) заканчивается с опозданием по отношению к утвержденному графику в две минуты и более, тогда мостовой кран, транспортирующий плавки от вакууматора к МНЛЗ (инерционная связь  $\tau_{c3}$  на рисунке 2) работает в ускоренном режиме, иначе – в нормальном.

Предложенный сценарий организационного управления проанализирован прогнозным динамическим моделированием на той же динамической функционально-управленческой модели исследуемого участка производства в инновационном проекте, результаты которого приведены на рисунке 3.

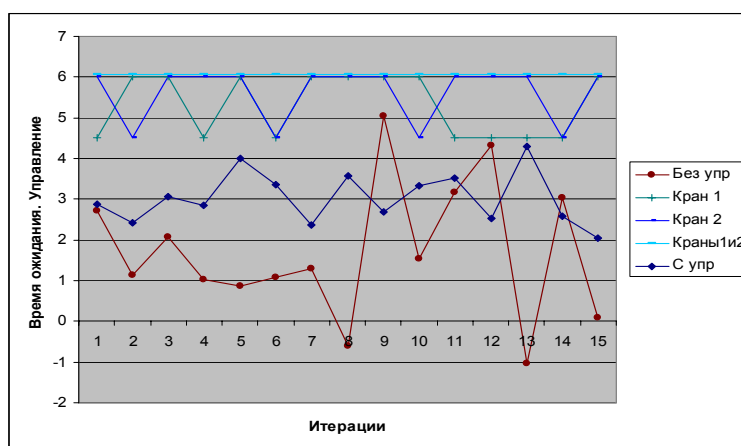


Рисунок 2 – Графики работы мостовых кранов и времени ожидания разливки на МНЛЗ без управления и при наличии управления

Обозначения: «Без упр» – изменение времени ожидания разливки на МНЛЗ подготовленной плавкой при отсутствии управления мостовыми кранами; «Краны1и2» – графики работы мостовых кранов в проектном режиме; «С упр» – то же при наличии управления по предложенному сценарию; «Кран 1» – график работы мостового крана  $\tau_{c1}$  в режиме, определенном сценарием управления; «Кран 1» – то же для мостового крана  $\tau_{c3}$ .

Таким образом, при применении сценария предложенного организационного управления графиком работы мостовых кранов при наличии возможных помех на всех агрегатах технологической схемы моделируемого участка производства, размах возможных значений времени ожидания разливки готовой плавкой составляет от 2,7 до 4,46 минут (нижний предел доверительного интервала выше нуля – 1,55).

Эти результаты свидетельствуют об устойчивости работы МНЛЗ в предусмотренном проекте режиме литья заготовок при наличии управления мостовыми кранами, что подтверждает эффективность предложенных организационно- управленческих мер.

### **Основные результаты работы**

Настоящая диссертационная работа является законченным научным исследованием, в котором решена актуальная научная задача – разработка методики моделирования в динамике функционирования сложных многоресурсных предприятий бизнеса и анализа инновационных проектов по их модернизации, или совершенствования систем управления ими и их информационных систем поддержки управленческих решений.

Предложена методика динамического вероятностного, имитационного моделирования позволяет анализировать как действующие бизнес-процессы на основе информации о мониторинге их состояния, а также состояния рынков ресурсов и продукции, с учетом статистических свойств параметров случайной природы, так и осуществлять прогнозное моделирование проектных показателей и режимов функционирования, заложенных в инновационных проектах.

Это дает возможность оценивать степени риска и зоны (области) возможных рисков событий и ситуаций в действующих предприятиях бизнеса, эффективность использования ресурсов в инновационных проектах по их модернизации, а также совершенствования систем управления ими и информационного обеспечения. На основании моделирования в динамике можно разрабатывать организационно- управленческие мероприятия, направленные на своевременное предотвращение неблагоприятных последствий проблемных областей, а также апробировать эффективность предлагаемых мер на тех же динамических функционально-управленческих и других моделях объекта бизнеса.

1. На основе анализа современной научной литературы подытожено, что современное управление предприятиями бизнеса в любых его формах строится на основе ресурсно-целевого подхода.

Современный бизнес является многоресурсным, и управляющему органу предприятия бизнеса любого направления, чтобы выстоять в конкуренции за потребителя, приходится сокращать потребление любых видов ресурсов.

Это делает необходимым сопровождение бизнеса формализованным представлением (моделями) его предприятий как бизнес-системы, и с его помощью систематически анализировать эффективность использования ресурсов для достижения поставленных целей, прогнозировать результаты деятельности при изменении внешних и внутренних условий для своевременной разработки и применения необходимых управленческих решений.

2. Произведен системный анализ известных технологий и CASE-средств (Computer Aided Software Engineering) построения функционально-управленческих, организационных, информационных и других моделей, используемых для предварительного обследования объектов бизнеса с целью их модернизации, совершенствования систем управления ими и их информационного обеспечения.

Показано, что в настоящее время на рынке информационных систем и технологий имеется большой выбор современных интегрированных информационных систем и CASE-средств, обеспечивающих возможность поддержки управленческих решений в режиме реального времени, позволяющих быстро и гибко реагировать на изменения внешних условий и внутрифирменных обстоятельств. Большинство из них соответствует современным международным стандартам, обеспечивает полнофункциональность анализа и управления, а также соответствуют требованиям управления качеством и сертификации продукции.

Лидирующие позиции среди них занимают семейство стандартов IDEF (Integration DEFINition), а также стандартизированная методика разработки концепции и архитектуры информационных систем – ARIS (Automation Reengineering Information Systems).

Указанные системы имеют модульную структуру и могут поставляться как для предприятий бизнеса разного масштаба, так и для поэтапной реализации систем управления, соответствующих различным международным стандартам. Их общими достоинствами являются комплексность, многоресурсность, возможность иерархического построения моделей как текущего состояния («как есть» – «as is»), так и в будущем, после существенной модернизации («как должно быть» – «as to be») с любой степенью детализации, необходимой для полноты отражения каждого бизнес-процесса или отдельной функции.

3. Однако как современные CASE-средства и технологии, так и стандарты и системы управления, даже самые совершенные из известных ныне, рассчитаны на объем реализации инноваций в статике.

Они оценивают эффективность инновационных проектов по завершении внедрения проекта по созданию новых и модернизации действующих систем бизнеса и управления им, а не в динамике, по ходу его реализации (за исключением привязки некоторых модулей критического пути к календарным датам). Фактор времени учитывается лишь косвен-



но, через последовательность работ. Эти средства и технологии не содержат аналитических методов и не позволяют прогнозировать результаты функционирования объектов бизнеса во времени, в том числе прогнозировать риски, особенно при типичном для современного бизнеса ветвлении процессов его функционирования.

Неизбежные отклонения от проекта под влиянием случайных внешних воздействий при выполнении проекта не предусматривают оценивания их негативных последствий, не дают возможности своевременно выработать корректирующие мероприятия, поэтому обращаются не планировавшимися ранее дополнительными затратами.

4. Разработанная методика моделирования динамики объектов бизнеса, управления им и его информационного обеспечения предложена как для самостоятельного применения, так и в качестве завершающего дополнительного этапа анализа разработанных инновационных проектов перед разработкой бизнес-плана их реализации.

В последнем случае она дополняет анализом в динамике использованные ранее CASE-средства и технологии, если они, в свою очередь, допускают по программно-алгоритмическим и лицензионным условиям их доработку с учетом введения дополнительных временных характеристик и параметров с целью детального учета динамики.

Программно-алгоритмическая реализация динамических моделей может также выполняться с помощью универсальных алгоритмических языков и далее использоваться как в качестве субмоделей, так и самостоятельно.

5. Разработанная методика предусматривает осуществление процесса моделирования объектов бизнеса, систем управления ими и информационного обеспечения в системном времени, едином для всех функциональных блоков, субмоделей и макросов и соответствующем реальному времени объекта исследования, по крайней мере, в отдельных дискретных точках  $T_i, i = 1, \dots, n < \infty$ .

Для инерционных связей между компонентами моделей, время выполнения которых соизмеримо со временем выполнения других технологических операций, предложено вводить специальное обозначение и характеризовать их временем осуществления связей, в общем случае как динамической характеристикой случайной природы.

6. Предложена система динамических показателей, частично используемых в других областях науки и технологий (системное время и интервалы его задания, времена выполнения обработки и инерционных связей, времена ожидания, задержки и др.).

Показатели учитывают стохастичность реальных условий функционирования объектов и реализации их инновационных проектов и классифицированы по видам ресурсов,

используемых в современных объектах бизнеса и CASE-средствах их моделирования, в том числе:

- технических, интеллектуальных и др., отражающих загрузку и использование оборудования и технологий, а также кадровых ресурсов как средств исполнения технологической обработки в процессах бизнеса – показатели, аналогичные типу PFDD (Process Flow Description Diagrams) в методологии IDEF;
- финансовых, материальных и др., отражающих их использование для необходимой обработки и обеспечения требуемого качества конечной продукции – показатели, аналогичные типу OSTN (Object State Transition Network);

Показано, что ограничение в создаваемых функционально-управленческих, организационных и других моделях только одним из указанных типов, рекомендуемое некоторыми известными методологиями, чревато возможностью упустить в динамике многие важные организационно-управленческие моменты и ситуации, отрицательно влияющие на эффективность работы моделируемого объекта или его информационного обеспечения;

7. Проанализирована взаимосвязь временных характеристик с отдельными видами ресурсного обеспечения объектов бизнеса и управления ими, предложены методы учета потребностей в ресурсном обеспечении, в том числе при непредвиденных внешних воздействиях или необходимости, выявившейся по ходу реализации бизнес-плана.
8. Предложен алгоритм моделирования динамики функционально-управленческих и других моделей объектов бизнеса, включая входящие в их состав субмодели и/или макросы, в итеративном режиме как модификации метода статистических испытаний.

Для ограниченных выборок данных или ограниченного периода функционирования, когда существует опасность получения непредставительных результатов вследствие ограниченности выборки, предложена модификация алгоритма моделирования динамики объекта бизнеса, основанная на эргодических свойствах случайных процессов.

9. Проанализированы статистические свойства временных показателей и характеристик, вводимых по предложенной методике.

Показано, что законы распределений могут быть установлены косвенно по условиям функционирования объекта бизнеса и/или его отдельных компонентов, и сведены к известными распределениям. Приведены модификации распределений для наиболее распространенных частных случаев в объектах бизнеса.

Предложено для оценивания аппроксимации статистических свойств динамических параметров объектов бизнеса использовать совместно два вида критериев:

- Для оценивания погрешности замены распределений временных характеристик конечномерным отрезком  $[0, T]$  в качестве критерия использовать уровень значимости  $\alpha$  – интегральную вероятность попадания данной характеристики на интервал  $[T, \infty)$ , либо доверительную вероятность  $\beta = 1 - \alpha$ ;
- Для оценивания погрешности аппроксимации другим распределением, в том числе треугольным, использовать среднеквадратическую погрешность  $\sigma$  аппроксимации на интервале  $[0, T]$ , либо зависящие от нее другие характеристики – доверительный интервал либо известные критерии согласия.

10. В качестве примера применения разработанной методики динамического моделирования рассмотрен проект строительства завода труб большого диаметра (ЗТБД) для магистральных нефте- и газопроводов на Урале (г. Нижний Тагил) с целью анализа эффективности использования ресурсов на его реализацию, ориентируясь на данные этого проекта, опубликованные в научной литературе.

Для этого примера создана, в соответствии с предложенной в настоящей работе методикой, динамическая функционально-управленческая модель головного участка технологической схемы – отделения непрерывного литья заготовок.

Программная реализация динамической функционально-управленческой модели осуществлена с применением алгоритмических языков C++ и Visual Basic.

По результатам моделирования показано, что предусмотренный инновационным проектом технологический режим функционирования отделения непрерывного производства литых заготовок обеспечивает годовой объем производства 1440 тыс. тонн готовой продукции, или 110,77% к проектному показателю объема производства (1300 тыс.т).

Однако при реализации проектного режима функционирования загрузка оборудования моделируемого участка производства имеются значительные временные и технические резервы (простой конвертера первой стадии составляет 46,1%, а простои предусмотренных проектом двух параллельно работающих конвертеров второй стадии составляют 38,2% от фонда их рабочего времени).

11. С целью улучшения использования технических ресурсов рассматриваемого инновационного проекта предложена как организационно- управленческая мера частичное снижение скорости разливки в режиме «плавка на плавку» в пределах предусмотренных проектом допусков и моделированием в динамике она апробирована.

Показано моделированием в динамике, что применение предложенного изменения проектного режима функционирования позволит:

- выплавлять на конвертере 1-й стадии дополнительно 9 плавов в течение каждой серии из 10 плавов для других заказов металлургического предприятия в целом;

- высвободить полностью один из двух, предусмотренных инновационным проектом, конвертеров второй стадии, при этом оставшийся единственный конвертер 2-й стадии справится с проектной нагрузкой без простоев.

12. Проанализирована прогнозным динамическим моделированием по разработанной методике устойчивость организационного управления при предложенных мерах в реальных условиях при наличии случайных помех на всех агрегатах.

Для обеспечения устойчивой работы моделируемого объекта при помехах случайного характера предложен сценарий организационного управления, использующий предусмотренную инновационным проектом возможность работы транспортных мостовых кранов в двух режимах: нормальном (со временем транспортировки 10 минут) и ускоренном (продолжительностью транспортировки 8,5 минут). Показана устойчивость работы отделения производства непрерывнолитых заготовок, отсутствие угрозы нарушения проектных режимов функционирования, что подтверждает эффективность предложенных организационно- управленческих мер.

### **Основные положения диссертации опубликованы в работах**

1. Heo Taewon, Choi Sunpill, Roh Taekyun, Ahn Inmo, Park Hanseok and Woo Jungin, “Analysis and Controller Design of Interleaved Boost Power Factor Preregulator”, Dong-A University, Vol.10, pp.91-96, Aug.2002
2. Heo Taewon, Park Jeeho, Roh Taekyun, Chung Jaelyoun, Kim Dongwan and Woo Jungin, “Analysis of Interleaved Boost Power Factor Corrector”, KIEE, Vol.51, No.4, pp.186-192, Dec.2002
3. Choi Sunpill, Kim Youngbin, Roh Taekyun, Kim Chunsam and Woo Jungin, “Optimal Control of Wind Induction Generator SYstem”, Dong-A University, Vol. 39, pp.249-257, Dec.2002
4. Heo Taewon, Park Jeeho, Roh Taekyun, Kim Dongwan, Park Hanseok and Woo Jungin, “Input Current Ripple Improvement Boost Power Factor Corrector Operating In Discontinuous Current Mode”, KIEI, Vol. 17, No. 1, pp.116-123, Jan. 2003
5. 2003 A Result Report of the research development of Consortium, Roh Taekyun, “Making of NOISE reduction Filter of a communication track”, Feb. 2003
6. Roh Taekyun, Kim Dongwan, Sin Dongwool, “An automatic control training using Micom”, The publishing SeLim, Feb. 2003
7. Park Jeeho, Roh Taekyun, Kim Chunsam, Ahn Inmo and Woo Jungin, “Design of Robust Double Digital Controller to Improve Performance for UPS Inverter”, KIPE, Vol. 8, No. 2, pp.116-127, Apr. 2003

8. Kim Dongwan, Woo Jungin, Roh Taekyun, Park Jeeho, Hwang Geehyun, Lee Minjung, "Design of Intelligent Controller and Driving Circuit for Micro DC Motor using PIC16C74", KIEE, pp.2149-2151, Jul. 2003
9. Roh Taekyun, "A Development of Micro Servo Motor Speed Control System Using for Intelligent Algorithm", Yuhan Technical College, Vol. 9, pp.377-386, Feb. 2005
10. Tae-Kyun Roh, "The History of Computer Technology Development", Kyung Hee Education IP, Nov. 2006
11. Ро Тэ Кюн, А.Г. Дьячко, О.М. Смирнов. Методика динамического моделирования работы предприятий и инновационных проектов по их модернизации. «Автоматизация в промышленности», №3, 2007, с.15 – 19