

На правах рукописи



Лунева Елена Евгеньевна

**ПРОЦЕССНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ
ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Специальность: 05.13.01

Системный анализ, управление и обработка информации

(отрасль: промышленность)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Томск – 2011

Работа выполнена на кафедре «Автоматики и компьютерных систем»
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Цапко Геннадий Павлович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Кочегуров Владимир Александрович

доктор технических наук
Шиняков Юрий Александрович

Ведущая организация: Институт космических и
информационных технологий
Сибирского федерального
университета г. Красноярск

Защита состоится 13 декабря 2011 г. в 15 часов на заседании совета по
защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.269.06 при ФГБОУ ВПО
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по
адресу: 634034, г. Томск, ул. Советская, 84/3, институт Кибернетики ТПУ.

С диссертацией можно ознакомиться в Научно-технической библиотеке ФГБОУ
ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
по адресу: 634034, г. Томск, ул. Белинского, 55.

Автореферат разослан «03» ноября 2011 г.

Ученый секретарь совета по защите докторских
и кандидатских диссертаций Д 212.269.06
кандидат технических наук, доцент



М.А. Сонькин

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Возрастающая сложность изделий приборостроения, высокие требования к характеристикам их качества определяют необходимость применять современные методы и подходы к управлению приборостроительным предприятием (ПП) и автоматизации его деятельности. Современные тенденции в области автоматизации деятельности ПП связаны с созданием единого информационного пространства. Одним из базовых принципов создания единого информационного пространства является ориентация на управление предприятием в соответствии с процессным подходом.

Объектом исследования данной работы является ПП позаказного типа, выполняющее заказы военного и космического назначения. Для выполнения каждого заказа предприятия запускается проект, который требует особых приемов управления и завершается при передаче разработанного изделия заказчику. Классические положения, направленные на реализацию процессного подхода к управлению, не рассматривают такие особенности и не содержат решений относительно систематизации, формализации проектной деятельности.

При выполнении настоящей работы стояла задача не просто реализовать переход ПП к процессному управлению, но и обеспечить эффективное выполнение ключевых бизнес-процессов на этапе их разработки. В литературе отмечается (В.В. Репин, В.Г. Елиферов, Б. Андерсен, Д. Харрингтон), что среди бизнес-процессов предприятия можно выделить ключевые бизнес-процессы, эффективность выполнения которых значительно влияет на эффективность деятельности предприятия. Однако устоявшихся способов и приемов определения ключевых бизнес-процессов и повышения их эффективности не существует. В работе исследована возможность повышения эффективности деятельности ПП на этапе их разработки на основе метода робастного проектирования Тагути, а также исследованы методы выявления ключевых бизнес-процессов.

Таким образом, задача процессного управления ПП в настоящее время решена не в полном объеме и представляет собой существенный научный и практический интерес, что объясняет актуальность настоящего исследования.

Целью диссертационной работы является создание новых и развитие существующих теоретических и практических положений, обеспечивающих повышение эффективности процессного подхода к управлению приборостроительным предприятием в условиях выполнения его основной деятельности проектным образом, в том числе создание нового метода процессного управления, заключающегося в использовании базовой модели для анализа и разработки системы бизнес-процессов предприятия.

Для достижения цели работы были решены следующие задачи:

1. Разработана базовая модель типового приборостроительного предприятия (БМТП), учитывающая специфику проектной деятельности и описывающая бизнес-архитектуру рассматриваемого класса предприятий. БМТП представляет собой основу для организации процессного управления приборостроительным

предприятием в условиях:

- выполнения его основной деятельности проектным образом;
- организации единого информационного пространства разработки и производства конечного продукта предприятия.

2. Предложен новый подход к повышению эффективности выполнения бизнес-процессов, основанный на методе робастного проектирования Тагути. Данный подход позволяет обоснованно осуществлять отбор ключевых бизнес-процессов, эффективность которых существенно влияет на эффективность деятельности всего предприятия. На этапе разработки ключевых бизнес-процессов обеспечивается выбор значений таких внутренних характеристик ключевых бизнес-процессов (например, сроки выполнения задания, квалификация сотрудника, выполняющего работу, формат данных и т.д.), при которых их выполнение наиболее эффективно.

3. Разработана система показателей эффективности деятельности типового приборостроительного предприятия (СЭТП) для оценки эффективности деятельности предприятия с точки зрения цели его функционирования, а также для оценки эффективности выполнения бизнес-процессов, проектов предприятия.

4. Разработан новый метод процессного управления приборостроительным предприятием, в котором определяются этапы реализации процессного подхода. Для эффективного выполнения данных этапов предлагается применение разработанных теоретических и практических положений, в числе которых БМТП, подход к повышению эффективности бизнес-процессов и СЭТП. Разработанный метод учитывает, что для решения задачи управления проектной деятельностью рассматриваемого класса предприятий следует разработать специализированную процессную подсистему.

5. Проведена апробация разработанных теоретических и практических положений в условиях действующего предприятия.

Методы исследования. Для решения поставленных задач в диссертационной работе применена теория системного и структурного анализа, метод анализа иерархий, метод робастного проектирования Тагути, теория вероятностей и математической статистики. Проверка основных теоретических положений проводилась экспериментально с использованием CASE-средств, структурного анализа и проектирования.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработана базовая модель типового приборостроительного предприятия, учитывающая специфику типового отечественного приборостроительного предприятия проектного типа, а также тенденции развития информационной инфраструктуры предприятия.

2. Предложен новый подход, основанный на методе робастного проектирования Тагути, заключающийся в идентификации ключевых бизнес-процессов и применении к данным процессам специального комплекса мероприятий, и позволяющий значительно повысить эффективность их выполнения за счет обоснованного выбора значений «внутренних» параметров

бизнес-процессов (например, сроки выполнения задания, квалификация сотрудника и т.д.).

3. Разработана система показателей эффективности деятельности типового приборостроительного предприятия, отличающаяся использованием показателей, характеризующих эффективность:

- деятельности предприятия с точки зрения цели его функционирования;
- выполнения проектов;
- выполнения бизнес-процессов.

4. Разработан новый метод процессного управления приборостроительным предприятием, отличающийся совокупностью решений, определяющих этапы реализации процессного подхода к управлению приборостроительным предприятием проектного типа.

Практическая значимость работы. Разработанные теоретические и практические положения предоставляют новые возможности управления приборостроительным предприятием и позволяют подготовить предприятие к созданию единого информационного пространства (разработки, производства и испытаний конечного продукта предприятия). Предложенный подход к повышению эффективности бизнес-процессов, основанный на методе робастного проектирования Тагути, позволяет значительно повысить эффективность деятельности предприятия за счет повышения эффективности ключевых бизнес-процессов. Разработанная СЭТП позволяет оценивать эффективность выполнения деятельности приборостроительного предприятия.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Базовая модель типового приборостроительного предприятия, позволяющая эффективно реализовать разработку бизнес-процессов отечественного приборостроительного предприятия проектного типа в условиях организации единого информационного пространства.

2. Подход, основанный на применении метода Тагути, позволяющий выявить ключевые бизнес-процессы и на этапе их разработки обеспечить комплекс мероприятий по повышению их эффективности.

3. Система показателей, позволяющая оценить эффективность деятельности отечественного приборостроительного предприятия с позиции цели его функционирования, эффективности выполнения проектов и эффективности выполнения бизнес-процессов.

4. Метод процессного управления, позволяющий эффективно реализовать процессный подход к управлению отечественным приборостроительным предприятием.

5. Результаты апробации разработанных теоретических и практических положений, в числе которых разработанный метод процессного управления приборостроительным предприятием, базовая модель типового приборостроительного предприятия, система показателей эффективности типового приборостроительного предприятия, подход к повышению эффективности бизнес-процессов.

Сведения об апробации результатов диссертации:

Результаты проведенного исследования обсуждались и получили одобрение на научных семинарах кафедры «Автоматики и компьютерных систем» (ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, г. Томск). Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на VII–IX Всероссийских научно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Молодежь и современные информационные технологии», г. Томск, 2009–2011 г.

Реализация результатов работы:

Результаты работы были использованы при выполнении проекта разработки единого информационного пространства в рамках отделения проектирования и испытания бортовой радиоэлектронной аппаратуры в ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева», г. Железногорск.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 10 печатных работ, из них 3 работы в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения, изложенных на 178 страниц машинописного текста; включает 43 рисунка, а также содержит список литературы, состоящий из 138 источников.

Основное содержание работы

Во **введении** приводится обоснование актуальности работы, определяются цели и задачи исследования, научная новизна полученных результатов и их практическая значимость, формулируются положения, выносимые на защиту, приводятся сведения о внедрении, а также сведения о публикациях и апробации работы.

Первая глава диссертации содержит анализ современных методов инжиниринга приборостроительного предприятия с точки зрения его бизнес-архитектуры. Рассмотрены методы процессного и проектного управления ПП. В главе показывается, что для эффективной реализации процессного подхода к управлению ПП требуется разработать теоретические и практические положения, которые предполагается использовать на стадиях реализации процессного подхода в соответствии со структурной схемой (рис. 1).

Большинство работ (В.В. Репин, В.Г. Елиферов, О.В. Логиновский, Б. Андерсен, Д. Харрингтон, М. Хаммер, и др.) в области процессного управления не имеют отраслевой направленности и посвящены описанию метода, позволяющего преобразовать предприятие в соответствии с процессным подходом к управлению. Наиболее известными работами, учитывающими специфику российских предприятий при развитии процессного управления, являются работы В. Репина, В. Елиферова, Е. Зиндера и Г. Калянова.

В результате анализа положений «классического» метода процессного управления были выявлены слабые стороны метода с точки зрения сложности его

использования для рассматриваемого класса ПП. Обосновано, что для эффективной реализации процессного управления ПП следует разработать новый метод процессного управления.

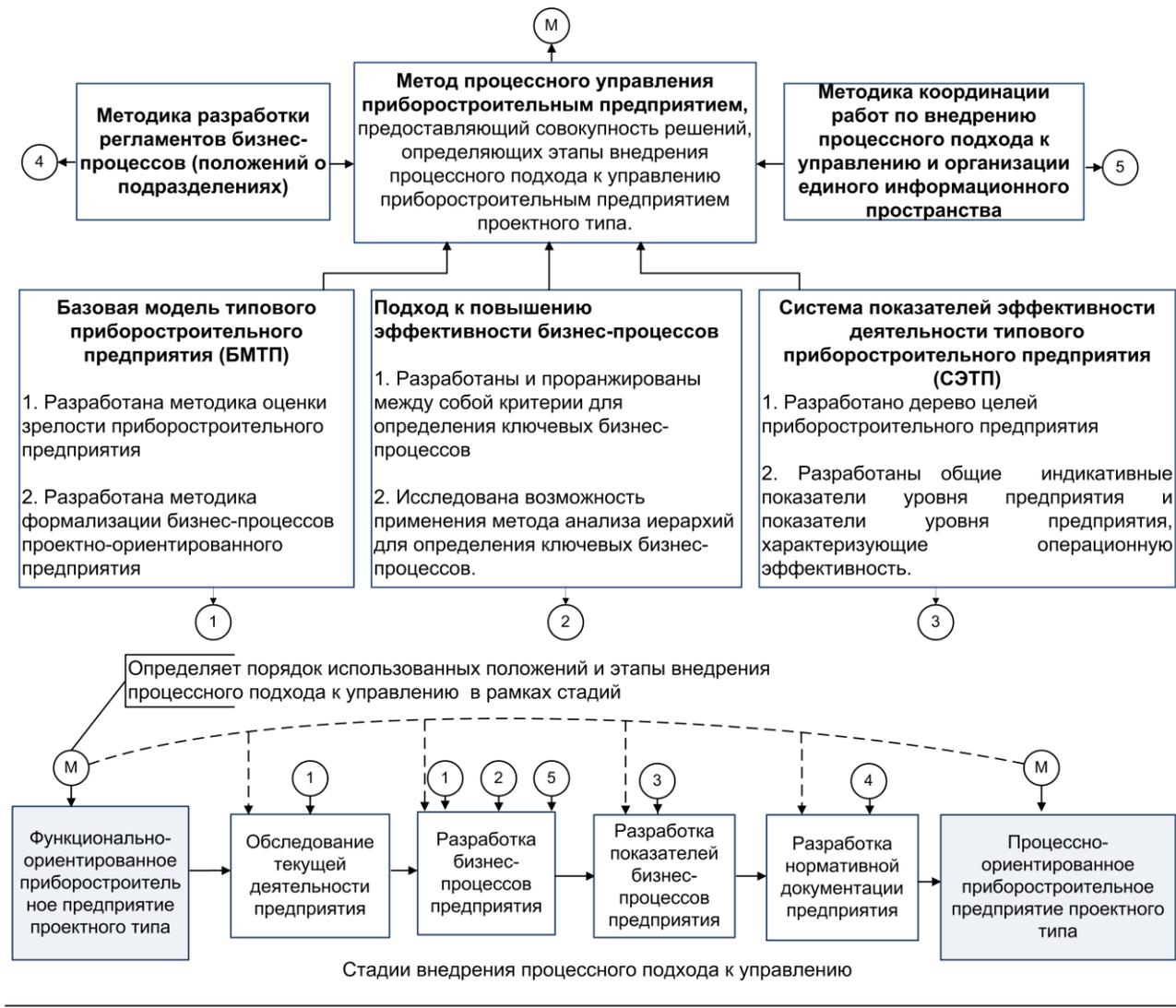


Рис. 1. Структура разработанных положений

Анализ существующих в литературе представлений о реализации процессного подхода показал, что использование референтных моделей бизнес-процессов предприятия обеспечивает эффективное проведение стадий обследования, анализа и разработки бизнес-процессов предприятия. Применение зарубежных референтных моделей для отечественных ПП оборонного и космического назначения связано с трудностями в силу специфики таких предприятий. В отечественных публикациях тематика референтных моделей только начинает подниматься и, по большей части, касается описания референтных моделей другой отраслевой направленности. Исходя из этого, обоснована необходимость разработки базовой модели типового приборостроительного предприятия (БМТП), описывающей его бизнес-архитектуру и представляющей собой основу для развития процессного управления типовым ПП проектного типа, а также для организации единого

информационного пространства разработки и производства конечного продукта предприятия.

Анализ литературы, посвященной проектной деятельности (М.Ф. Разу, И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Г. Керцнер, Д. Харингтон, А.С. Товб и др.), показал, что проектную деятельность можно разделить на два вида:

- управление проектами предприятия;
- создание продукта проекта.

Показано, что систематизация и формализация деятельности по управлению проектами осуществляется в соответствии с устоявшимися правилами процессного подхода; наиболее рационально для этого использовать руководство, описывающее универсальную процессную модель для управления проектами (далее РМВОК). Деятельность, направленная на создание продукта проекта, носит временный характер, что не позволяет заранее детально определить технологию ее выполнения. Для ее систематизации и формализации было предложено разработать специальную методику.

Функционирование отечественных ПП связано с трудностями и «узкими местами», которые зависят от уровня развития предприятия. Реализация в рамках ПП определенных видов деятельности позволит устранить данные трудности, а также позволит перейти предприятию на новый уровень развития, который в литературе называется «уровнем зрелости предприятия». Для выявления видов деятельности (или практик), позволяющих устранить типовые «узкие места» отечественного ПП было предложено разработать методику оценки зрелости ПП на основе существующей модели технологической зрелости Capability Maturity Model (СММ), разработанную Питтсбургским институтом программной инженерии.

Управление современным ПП не представляется возможным без оценки эффективности его деятельности, которая напрямую связана с оценкой достижения как долгосрочных, так и краткосрочных целей его развития. Для объективной оценки эффективности деятельности следует разработать систему показателей эффективности деятельности типового приборостроительного предприятия.

Анализ литературы (Э. Деминг, Ю.П. Адлер, Б. Андерсен и др.) показал, что любые методы повышения эффективности бизнес-процесса в режиме его реальной работы ограничены возможностями технологии выполнения системы бизнес-процесса и не позволяют устранить его внутренние недостатки, учесть внешние условия, переопределить технологию его выполнения или его внутренние параметры. Показано, что на этапе разработки бизнес-процесса существуют более гибкие инструменты, к которым относится метод робастного проектирования Тагути, ранее применяемый для совершенствования технологических систем.

Вторая глава посвящена разработке метода процессного управления приборостроительным предприятием, методике разработки системы бизнес-процессов проектно-ориентированного приборостроительного предприятия,

методике оценки зрелости приборостроительного предприятия, разработке базовой модели типового приборостроительного предприятия.

Разработанный метод процессного управления ПП предоставляет совокупность решений, определяющих этапы внедрения процессного подхода к управлению ПП проектного типа. Главные отличия положений разработанного метода от положений классического метода процессного управления заключаются в том, что разработанный метод позволяет:

- до начала обследования предприятия осуществить разработку предварительной бизнес-модели предприятия на основе БМТП, что позволяет более эффективно использовать временные и человеческие ресурсы при анализе и разработке процессной системы предприятия;
- обеспечить формализацию, моделирование и детализацию только необходимых для анализа бизнес-процессов предприятия;
- проанализировать деятельность предприятия с позиции бизнес-процессов управления предприятием, управления проектами предприятия и бизнес-процессов выполнения профильной деятельности предприятия;
- обеспечить разработку системы бизнес-процессов предприятия на основе БМТП в контурах деятельности по управлению предприятием, по управлению проектами профильной деятельности предприятия, по выполнению профильной деятельности предприятия;
- обеспечить разработку системы показателей приборостроительного предприятия на основе СЭТП;
- организовать деятельность приборостроительного предприятия, в том числе деятельность по управлению проектами предприятия в соответствии с правилами процессного управления в условиях организации единого информационного пространства.

Таким образом, разработанный метод процессного управления типовым приборостроительным предприятием можно представить в виде блок-схемы (рис. 2).

Для систематизации и формализации деятельности по выполнению проектов разработана специальная методика, позволяющая формализовать деятельность по выполнению проекта при помощи функционально-событийной модели ARIS.

Разработанная методика оценки уровня зрелости ПП базируется на пятиступенчатой системе уровней зрелости, заимствованной из СММ. Результаты оценки ПП по разработанной методике показали, что для повышения эффективности деятельности рассматриваемого класса ПП следует руководствоваться следующими практиками: развивать бизнес-процессы, позволяющие контролировать затраты на разработку изделий и соответствие выполняемых работ плановому графику, непрерывно отслеживать качество создаваемых изделий. Деятельность предприятия должна быть документирована и выполняться строго в соответствии с нормативной документацией. Исходя из этого, при разработке БМТП следует формализовать бизнес-процессы управления

предприятием, бизнес-процессы управления проектами, унифицировать и формализовать бизнес-процессы разработки изделия.

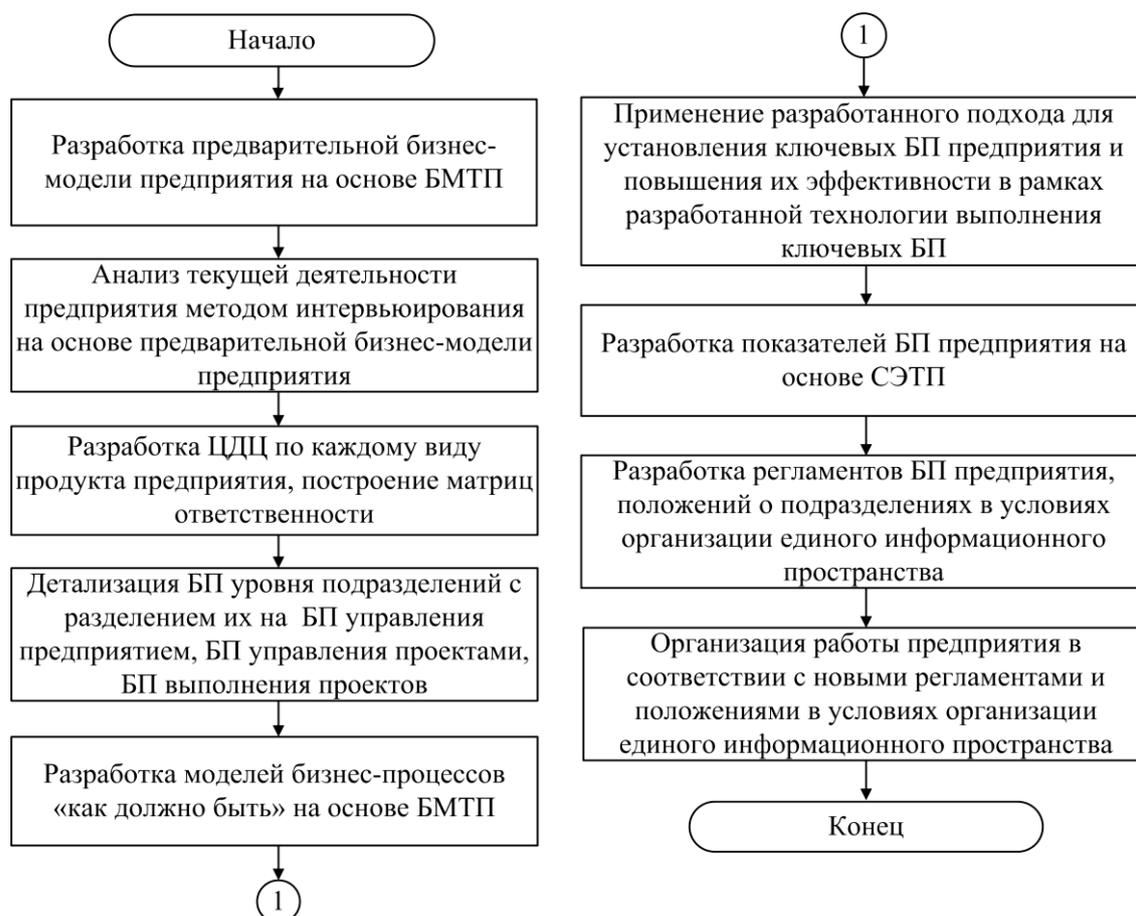


Рис. 2 Блок схема разработанного метода процессного управления
БП – бизнес-процесс; ЦДЦ – цепочка добавленной ценности.

В соответствии с этими направлениями была разработана БМТП, которая состоит из трех уровней (рис.3), каждый из которых решает определенные задачи:

1. *Уровень управления (предприятием)* содержит модели бизнес-процессов, связанных с управлением деятельностью всего предприятия, в том числе позволяющих планировать, учитывать, анализировать, вырабатывать корректирующие действия на основе количественных показателей эффективности деятельности предприятия.
2. *Уровень управления проектами* содержит модели бизнес-процессов, выполнение которых связано с управлением профильной проектной деятельностью предприятия.
3. *Продуктовый уровень* содержит модели бизнес-процессов, направленных на непосредственное создание продукта (продуктовые бизнес-процессы).

Несмотря на то, что разработка системы бизнес-процессов управления предприятием осуществлялась для многих промышленных и приборостроительных предприятий, разработка моделей бизнес-процессов уровня управления БМТП позволяет систематизировать, формализовать и «узаконить» бизнес-процессы управления приборостроительным предприятием. Для рассматриваемого класса ПП были выделены следующие бизнес-процессы уровня

управления: «Стратегическое управление»; «Управление внешними связями»; «Управление ресурсами предприятия»; «Управление договорной деятельностью»; «Управление производством».

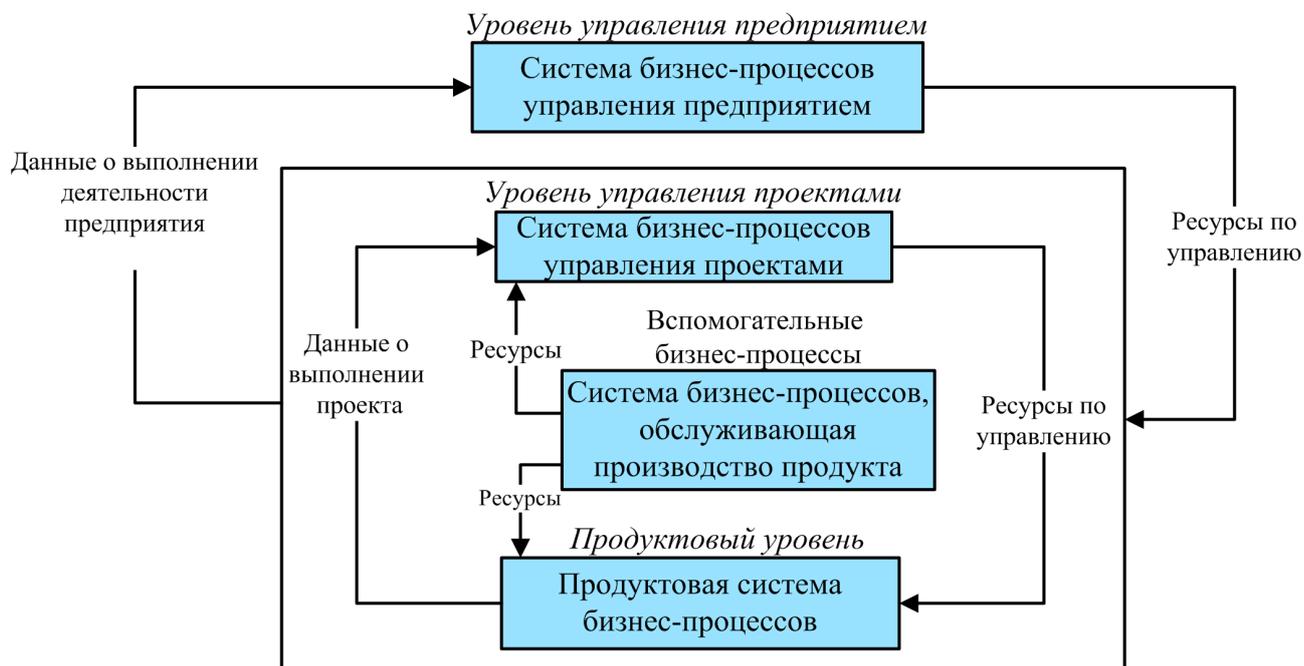


Рис. 3. Структура базовой модели типового приборостроительного предприятия

Для эффективного выполнения данных бизнес-процессов были установлены их основные выходные результаты, ответственность за которые распределяется между менеджерами верхнего уровня, а также были разработаны матрицы ответственности.

Учитывая, что необходимым условием эффективной деятельности приборостроительного предприятия является своевременное снабжение всех бизнес-процессов предприятия ресурсами, проведена детализация бизнес-процесса «Управление ресурсами предприятия». Аналогично была разработана и формализована технология управляющего бизнес-процесса «Управление договорной деятельностью». Обследование ПП позволило определить и разработать процессы управления проектами, которые частично или полностью отсутствуют на данных предприятиях, а также выявить трудности, которые не позволяют эффективно управлять проектной деятельностью.

В продуктовый уровень БМТП вошли следующие бизнес-процессы: «Схемотехническое проектирование»; «Топологическое проектирование»; «Конструкторское проектирование»; «Проектирование программируемых логических интегральных схем»; «Разработка программного обеспечения для центрального процессорного модуля»; «Разработка программ и методик испытаний»; «Проведение испытаний образца прибора»; «Технологическая подготовка производства». При разработке бизнес-процессов данного уровня БМТП были проанализированы основные «узкие места», установлены их причины и определены общие принципы разработки продуктовых бизнес-процессов. В качестве примера на рис. 4 приведена модель «как есть» бизнес-процесса «Схемотехническое проектирование».



Рис. 4. Модель «как есть» бизнес-процесса
«Схемотехническое проектирование»

ЭЗ – документ, созданный на основе схемы электрической принципиальной; ПЭЗ – документ, содержащий перечень элементов прибора (блока); ВП – ведомость покупных изделий; ИД – исходные данные; ПЛИС – программируемая логическая интегральная схема; ЦПМ – центральный процессорный модуль.

Изменения при разработке данного бизнес-процесса показаны на модели «как должно быть» данного бизнес-процесса (рис.5).

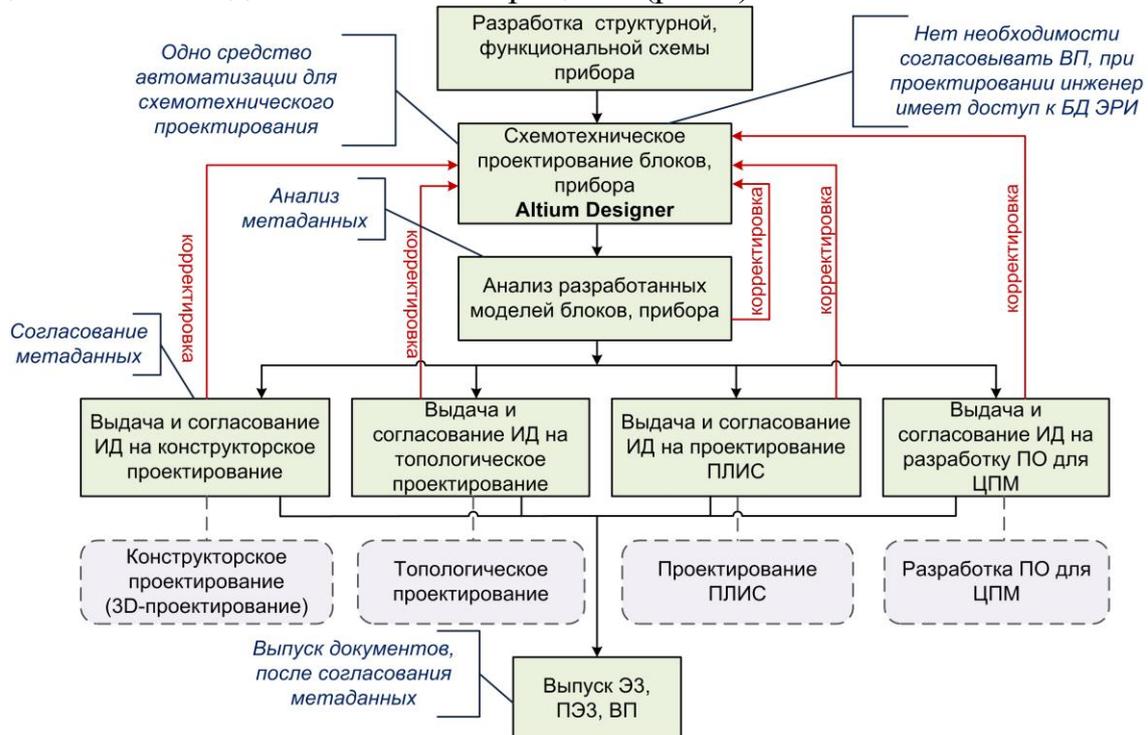


Рис. 5. Модель «как должно быть» бизнес-процесса
«Схемотехническое проектирование»

При разработке данного бизнес-процесса было выбрано одно средство автоматизации данного бизнес-процесса (например, Altium Designer). Инженерам-схемотехникам вменено в обязанность проведение схемотехнических анализов разработанных электронных моделей блоков и прибора, что позволило сократить количество ошибок и возвратов при согласовании на следующих этапах и натурных испытаниях. Только после согласования метаданных осуществляется выпуск конструкторской документации. При этом все необходимые согласования уже проведены и поэтому нет необходимости корректировать данную документацию.

Третья глава представляет собой описание подхода к повышению эффективности бизнес-процессов на этапе их разработки, основанного на методе робастного проектирования Тагути. Также глава посвящена разработке средства оценки эффективности приборостроительного предприятия, которым является СЭТП.

Качество продукта бизнес-процесса (далее продукта) является одной из наиболее важных характеристик его эффективности. Положение Тагути о том, что разброс характеристик качества вокруг заданного значения параметра продукта вызывает потери, справедливо также и для случая, когда продуктом является результат выполнения бизнес-процесса. Метод Тагути предполагает работу с системой, которую можно представить, как показано на рис. 6.

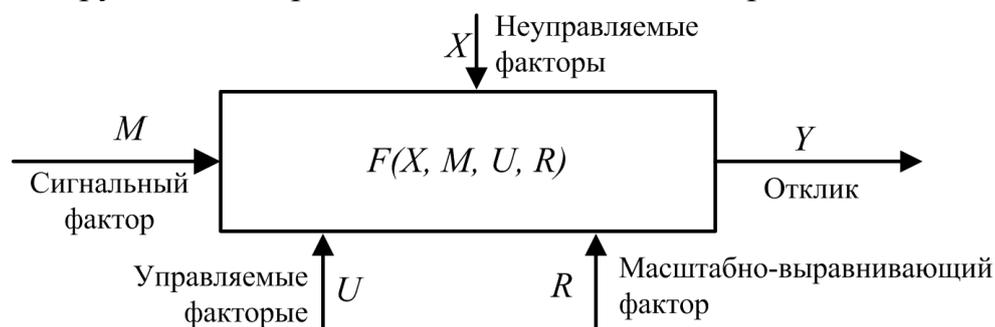


Рис. 6. Схема процесса с точки зрения метода Тагути

В случае если системой является бизнес-процесс, то в качестве выходной характеристики выбирается значимая характеристика его продукта. Тагути предполагает, что зависимость отклика от всех перечисленных выше параметров M , U , R , X имеет вид:

$$Y = g(M, U, R) + e(X, M, U, R),$$

где $g(M, U, R)$ – прогнозируемое и желаемое функциональное соотношение между Y и M ; $e(X, M, U, R)$ – непрогнозируемая и нежелательная часть.

Целью применения метода робастного проектирования является достижение максимального значения прогнозируемой части и минимизация непрогнозируемой. Данная задача решается путем выбора значений (уровней) U и R . Основой метода Тагути является использование особого вида выходных статистик, которые позволяют оценить влияние неуправляемых факторов на выходную характеристику бизнес-процесса и выбрать такие управляемые параметры бизнес-процессов, при которых процесс будет наименее чувствительным к значениям всех прочих неуправляемых параметров. Чем

больше значение выходной статистики, тем лучше значение характеристики качества. На основе установленных способов определения характеристик бизнес-процесса, способа выбора выходной статистики для оценки выходной характеристики бизнес-процесса, а также вида решаемой задачи был выработан алгоритм применения метода робастного проектирования к бизнес-процессам (рис. 7).

Далее была проведена «пилотная» разработка одного из бизнес-процессов приборостроительного предприятия «Формирование предварительных плановых данных по выполнению заказа». Выполнение данного процесса на предприятии было затруднено периодическим возникновением ошибок в формируемых плановых данных. Анализ показал, что характер ошибок может быть связан с загруженностью сотрудников-экономистов, сотрудников профильных отделов, ошибок при вводе данных из-за необходимости внесения их вручную. Требовалось подобрать такие параметры данного процесса, чтобы число обнаруженных ошибочных данных в отчетах было минимально. Характеристикой качества является процент обнаруженных ошибочных данных в отчете. Желательно, чтобы данная характеристика была минимальной, т.е. стремилась к 0 %, поэтому в качестве выходной статистики (Z) выбирается:

$$Z(Y) = -10 \lg \left[\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k y_i^2 \right]$$

Здесь k – количество опытов по каждой реализации эксперимента, а y_i – полученный в результате эксперимента отклик. В табл. 1 представлены управляемые факторы процесса. Анализ влияния неуправляемых факторов на отклик требует проведения эксперимента (Э1). На основе данных эксперимента Э1 проводится основной эксперимент, по результатам которого определяются уровни управляемых факторов, при которых отклик является наилучшим. Эксперимент проводился при фиксированных уровнях управляемых параметров.

Результаты экспериментов были проанализированы путем проведения дисперсионного анализа (ANOVA). При проведении дисперсионного анализа подразумевается, что функция отклика для каждого испытания, в данном случае Z , имеет нормальное распределение с постоянной дисперсией. Дисперсионный анализ проведен на основе следующей линейной модели:

$$Z_i = \mu + x_i + e_i,$$

где $i = 1 \dots 8$ – номер испытания; μ – общее среднее значение; x_i – фиксированное воздействие комбинации уровней факторов в i -ом испытании; e_i – случайная ошибка для i -ого испытания; Z_i – значение выходной статистики $Z(Y)$ для i -ого испытания.

Для каждого из факторов учитывается только главный эффект и поэтому x_i – представляет собой сумму эффектов рассматриваемых факторов. Общая дисперсия для используемой линейной модели выглядит следующим образом:

$$S_T = S_e + S_{\Phi_1} + S_{\Phi_2} + S_{\Phi_3},$$

где S_{Φ_1} , S_{Φ_2} , S_{Φ_3} – дисперсии, вызванные факторами Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 соответственно; S_e – дисперсия, вызванная случайными факторами.

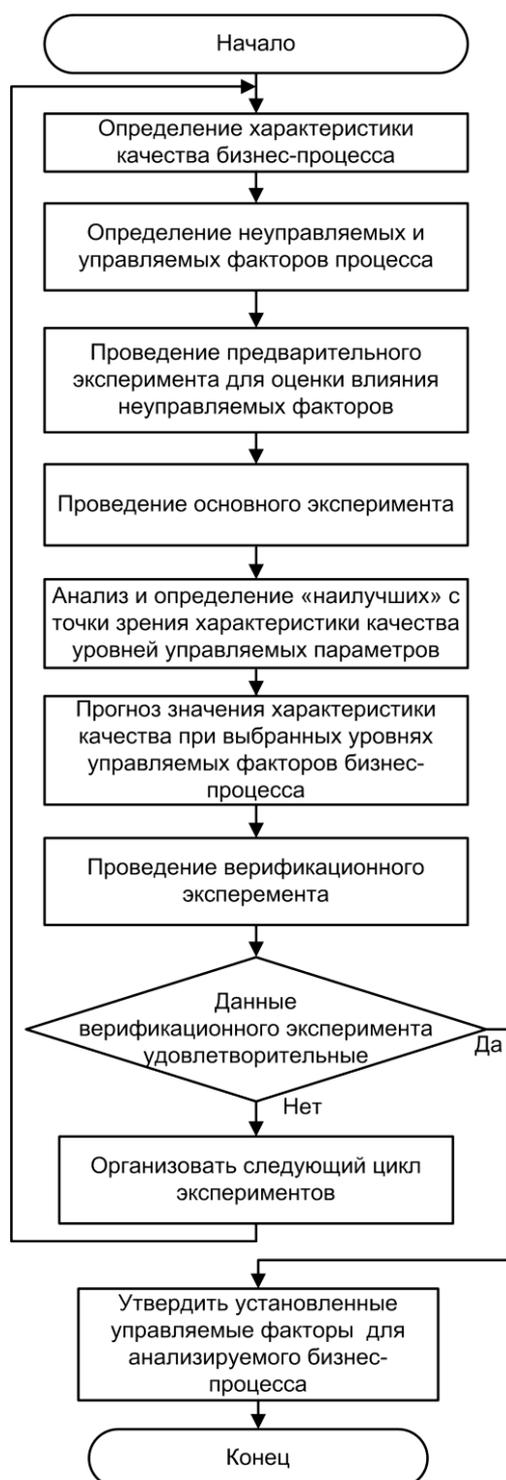


Рис. 7. Алгоритм применения метода робастного проектирования Тагути к бизнес-процессам

С другой стороны, общую дисперсию и дисперсию факторов можно вычислить следующим образом:

$$S_T = \sum_{i=1}^n (Z_i)^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n Z_i \right)^2}{n},$$

где n – количество испытаний;

$$S_\Phi = \sum_{i=1}^k \frac{\left(\sum_{j=1}^M m_j \right)^2}{M_j},$$

где k – количество уровней фактора; M – количество экспериментов с i -ым уровнем фактора; m_j – значение выходной статистики Z , когда фактор находится на j -ом уровне.

Процентный вклад каждого фактора (ПВФ) рассчитывается следующим образом:

$$\frac{S_\Phi - (d_\Phi) \cdot \frac{S_e}{d_e}}{S_T},$$

где S_Φ – дисперсия, вызванная соответствующим фактором; d_Φ – число степеней свободы, приходящихся на фактор; d_e – число степеней свободы, приходящихся на ошибку.

Значимость факторов проверяется на основе проверки по F критерию на 95 % уровне значимости. В табл. 2 представлены результаты основного эксперимента.

Таблица 1. Управляемые факторы бизнес-процесса

Фактор	Описание	Значение уровней фактора	Обозначение
У1	Квалификация сотрудника-экономиста	Высшая категория / Первая категория	ВК, 1К
У2	Процент ввода данных в ручном виде	64/75/86	64,75,86
У3	Срок сбора заявок	3,25/4/4,75	3, 4, 5

Таблица 2. Результаты анализа основного эксперимента

Фактор	Уровень	Z	Сумма квадратов	Ч.С.С.	F	Процентный вклад, %
У1	1К	-18,98	8,60	1	13,22	23,80
	ВК	-20,94				
У2	64	-18,49	15,40	2	25,16	42,50
	75	-20,22				
	86	-21,51				
У3	3	-18,17	10,00	2	17,23	28,69
	4	-21,15				
	5	-20,90				
Ошибка	–	–	0,88	3	–	6,72
Всего	–	–	34,88	8	–	100

$$F_{1,3} = 10,13; F_{2,3} = 9,55$$

Таким образом, лучшей комбинацией являются управляемые факторы, находящиеся на следующих уровнях: У1 – 1К, У2 – 64, У3 – 3. Полученная комбинация была проверена с помощью дополнительного верификационного эксперимента, чтобы застраховаться от негативных последствий игнорирования взаимодействия между управляющими факторами процесса. Результаты верификационного эксперимента получились сравнимыми с прогнозным значением. Положительные результаты, полученные в ходе «пилотной» разработки процесса, позволили сделать вывод о возможности его применения к ключевым бизнес-процессам приборостроительного предприятия.

Ключевые бизнес-процессы выявляются на основе их оценки по следующим разработанным критериям: объем потерь при возврате к процессу (K_1); трудоемкость выполнения процесса (K_2); степень использования наукоемких технологий бизнес-процесса (K_3); доля стоимости в себестоимости конечного изделия (K_4); значимость данных, вырабатываемых процессом для принятия управленческих решений (K_5).

Учитывая трудоемкость определения количественных характеристик по бизнес-процессам относительно критериев и то, что более доступными данными являются мнения и характеристики на основе экспертной оценки, задача ранжирования бизнес-процессов решена на основе метода анализа иерархий (МАИ). В ходе обследования ПП были установлены сравнительные суждения между всеми критериями, которые представлены в виде матрицы сравнительных суждений (M).

На основании данной матрицы были проранжированы разработанные критерии путем вычисления вектора приоритетов (ВП), каждый элемент которого вычисляется следующим образом:

$$ВП_i = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{M_{i,k}}{\sum_{p=1}^n M_{p,k}}}{n},$$

где $i \in [1 \dots n]$, n – количество критериев в матрице суждений (M).

Полученный вектор приоритетов используется для ранжирования бизнес-процессов следующим образом:

$$ПБП = \sum_{i=1}^n ВП_i \cdot ВБП_i,$$

где ПБП – приоритет бизнес-процесса; n – количество критериев; ВП – собственный вектор приоритетов критериев; ВБП – вес процесса бизнес-процесса относительно соответствующего критерия. ВБП рассчитывается при разработке бизнес-процессов.

Анализ исследований посвященных российским промышленным предприятиям, к которым также относятся и приборостроительные предприятия, позволил сформулировать цель функционирования рассматриваемого класса приборостроительных предприятий. Это позволило разработать дерево целей и на его основе создать СЭТП. Пример показателей эффективности бизнес-процесса «Схемотехническое проектирование» приведен в табл. 4.

Таблица 4. Пример показателей процесса «Схемотехническое проектирование»

Показатель	Единицы измерения
Отношение фактического времени выполнения процесса к плановому	%
Затраты на процесс	Руб.
Отношение времени выполнения процесса к количеству сотрудников	День/ Количество
Время, затраченное на доработку продукта процесса	Дни
Использование ресурсов на единицу продукта	Руб.
Затраты на исправление брака (недоработок)	Руб.

Четвертая глава посвящена апробации разработанных теоретических и практических положений при выполнении проекта разработки единого информационного пространства (ЕИП) в рамках отделения проектирования и испытания бортовой радиоэлектронной аппаратуры (БРЭА) ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева».

В соответствии с разработанным методом процессного управления на основе предварительной бизнес-модели отделения проектирования и испытания

БРЭА, разработанной на основе БМТП, были выявлены и разработаны бизнес-процессы (продуктовые и управления проектами) отделения. Разработанная система бизнес-процессов была привязана к организационной структуре предприятия.

На основе разработанного подхода к повышению эффективности бизнес-процессов были выявлены ключевые бизнес-процессы отделения, наиболее важным из которых оказался процесс «Конструкторское проектирование». К данному бизнес-процессу был применен метод робастного проектирования Тагути. Повышение эффективности бизнес-процесса «Конструкторское проектирование» произошло благодаря изменению технологии его выполнения, а также благодаря применению разработанного подхода.

Для того, чтобы оценить насколько повысилась эффективность выполнения бизнес-процесса благодаря применению разработанного подхода, было определено наиболее вероятное значение характеристики качества продукта процесса, полученное без применения подхода. Далее, была рассчитана разница между эталонным значением характеристики качества и средним значением характеристики качества, полученным в ходе верификационного эксперимента. Эталонное значение характеристики качества определяется на основе расчета первого квартиля. Это означает, что 75 % значений характеристики качества полученных в ходе проведенных экспериментов «хуже» нежели эталонное значение.

Разница между двумя значениями характеристики качества, выраженная в процентах, отражает эффект, полученный благодаря применению разработанного подхода. Таким образом, по данному бизнес-процессу дополнительно характеристика качества улучшилась на 14,5 %. Кроме этого, полученное в ходе экспериментов итоговое значение характеристики качества оказалось лучше, чем 93% всех возможных ее значений.

Работы по внедрению процессного управления отделением проектирования и испытаний БРЭА и работы по созданию ЕИП разработки изделия на базе PDM системы (система управления данными об изделии) Enovia Smarteam выполнялись в рамках одного проекта, поэтому была разработана методика, позволяющая координировать работы по организации ЕИП и работы по реализации процессного подхода к управлению. На основе разработанной структуры бизнес-процессов разработаны концептуальные workflow-модели, позволяющие автоматизировать передачу данных в ходе выполнения проекта в PDM системе Enovia Smarteam.

Ниже перечислены наиболее значимые качественные результаты, которые были достигнуты в отделении проектирования и испытания БРЭА в ходе проведения апробации:

1. Нормативная документация приведена в соответствие с деятельностью отделения проектирования и испытания БРЭА предприятия за счет разработки регламентов бизнес-процессов отделения и обновления положений о подразделениях (отделения).

2. Устранены «узкие места» при выполнении деятельности отделения, существовавшие на момент его обследования, за счет совершенствования системы бизнес-процессов в соответствии с БМТП, унификации единой справочной информации, автоматизации передачи данных между бизнес-процессами, проведения политики унификации используемых автоматизированных систем на предприятии, развития технологии процессов с учетом дальнейшей организации единого конструкторского документооборота на базе PDM-системы.

3. Налажено взаимодействие между подразделениями предприятия за счет выявления и разработки бизнес-процессов, а также за счет применения правил процессного подхода к управлению.

4. Однозначно распределена и закреплена ответственность за управление проектами разработки БРЭА за счет выделения бизнес-процессов управления проектами и «привязки» их к организационной структуре отделения.

5. Однозначно распределена и документально закреплена ответственность между руководителями отделения и проектировщиками приборов и блоков за разработку моделей блоков и приборов. В результате, проектировщики блоков и приборов получили достаточные полномочия для решения локальных вопросов, что позволило снизить сроки согласования документов с учетом необходимости их корректировки, а также позволило снизить нагрузку руководителей отделения.

6. При разработке бизнес-процессов отделения реализован основной принцип информационной поддержки разработки изделия, заключающийся в организации работы с электронными моделями изделия, а не документами, формирующимися на их основе.

7. Обеспечена основа для дальнейшего развития предприятия путем анализа и совершенствования текущей деятельности отделения, ее формализации, систематизации и документирования.

Таким образом, полученные в ходе апробации отделением проектирования и испытания БРЭА качественные характеристики доказывают, что созданные в настоящей работе теоретические и практические положения приводят к:

- ожидаемым положительным результатам с точки зрения реализации процессного подхода;
- результатам, обеспечивающим дальнейшую комплексную автоматизацию, направленную на создание единого информационного пространства разработки и производства изделий предприятия.

Основные результаты работы

1. Сформулирована и проанализирована проблема применения к приборостроительному предприятию проектного типа существующих методов реализации процессного подхода к управлению. Показано, что проектная деятельность приборостроительного предприятия требует особых приемов ее систематизации, формализации и управления. Предложено обеспечить

реализацию процессного подхода к управлению приборостроительным предприятием на основе разработки БМТП, СЭТП, нового подхода к повышению эффективности бизнес-процессов приборостроительного предприятия, нового метода процессного управления приборостроительным предприятием.

2. Разработана базовая модель, описывающая бизнес-архитектуру типового отечественного приборостроительного предприятия проектного типа. Использование моделей, входящих в состав БМТП, позволяет повысить эффективность работ, проводимых на этапе анализа и разработки бизнес-процессов предприятия.

3. Разработан новый подход к повышению эффективности бизнес-процессов приборостроительного предприятия на основе метода робастного проектирования Тагути. Данный подход является дополнительным инструментом, применяемым к ключевым бизнес-процессам при их разработке, что позволяет значительно повысить эффективность деятельности всего предприятия путем расчета значений внутренних характеристик бизнес-процессов (таких как сроки выполнения задания, квалификация сотрудника выполняющего работу, формат данных и т.д.).

4. Разработана система показателей эффективности деятельности типового приборостроительного предприятия, содержащая иерархическую структуру показателей, предназначенных для различных уровней управления предприятием, а также для оценки эффективности выполнения бизнес-процессов и проектов предприятия.

5. Разработан новый метод процессного управления приборостроительным предприятием, основанный на использовании БМТП, СЭТП, разработанного подхода к повышению эффективности ключевых бизнес-процессов и предоставляющий совокупность решений, определяющих этапы внедрения процессного подхода к управлению приборостроительным предприятием проектного типа. Использование метода также позволяет эффективно использовать временные и человеческие ресурсы при внедрении процессного управления предприятием.

6. Проведена апробация и подтверждена работоспособность созданных в настоящей работе теоретических и практических положений (в числе которых разработанный метод процессного управления, БМТП, СЭТП, подход к повышению эффективности бизнес-процессов приборостроительного предприятия) при выполнении проекта разработки единого информационного пространства в рамках отделения проектирования и испытания БРЭА ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева».

Перечень публикаций по теме диссертации

1. Лунева Е.Е. Выявление приоритетных бизнес-процессов и их оценка на приборостроительном предприятии // Известия Томского Политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – № 5. – С. 220-225.
2. Лунева Е.Е., Куренков И.Н., Дмитриева Е.А., Цапко Г.П. Адаптация метода робастного проектирования Тагути для оптимизации бизнес-процессов // Системы управления и информационные технологии, №2(44), 2011. –С.91-95.

3. Лунева Е.Е., Дмитриева, Цапко Г.П. Использование метода робастного проектирования Тагути для оптимизации бизнес-процессов // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО, №3, 2011. – С. 193-197.
4. Лунева Е.Е. Использование количественной оценки деятельности организации (бизнес-процессов) в зависимости от уровня ее зрелости // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, 24-27 февраля 2009 г. Труды в 2-х т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – С. 187-189.
5. Лунева Е.Е., Цапко Г.П. Иерархия бизнес-процессов приборостроительного предприятия позаказного типа и их приоритет при внедрении процессного подхода // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, 3-5 марта 2010 г. Труды в 2-х т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – С. 198-200.
6. Лунева Е.Е. Этапы совершенствования приборостроительного предприятия // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, 3-5 марта 2010 г. Труды в 2-х т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – С. 192-194.
7. Лунева Е.Е., Куренков И.Н. Информационная поддержка деятельности предприятия с холдинговой структурой // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, 3-5 марта 2010 г. Труды в 2-х т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – С. 184-186.
8. Лунева Е.Е., Белов М.Г., Шифанов Д.А. Проектирование модулей корпоративной информационной системы // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, 3-5 марта 2010 г. Труды в 2-х т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – С. 112-114.
9. Лунева Е.Е., Куренков И.Н., Суханова ЮА. Применение метода робастного проектирования для оптимизации бизнес-процессов приборостроительного предприятия // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, 11-13 мая 2011 г. Труды в 2-х т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – С. 182-184.
10. Лунева Е.Е., Куренков И.Н., Суханова ЮА. Совмещение процессного управления и проектной деятельности на приборостроительном предприятии // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, 11-13 мая 2011 г. Труды в 2-х т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – С. 180-182.