

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Ульяновский государственный университет»

**Ю. В. Полянсков, И. В. Лутошкин, С. В. Липатова,
М. Н. Ярдаева, О. В. Железнов, И. А. Санников, А. А. Блюменштейн**

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ
ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ
НА БАЗЕ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Монография

Ульяновск
2021

УДК 658.5:004.9
ББК 30.606-5-05
С34

*Печатается по решению Ученого совета
факультета гуманитарных наук и социальных технологий
Ульяновского государственного университета*

Рецензенты:

Постнов Вячеслав Иванович, д.т.н., профессор, начальник филиала
Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов
«Ульяновский научно-технологический центр»;

Пустынникова Екатерина Васильевна, д.э.н., доцент, профессор кафедры экономики
и организации производства УлГУ

С34 Система управления процессами цифрового производства высокотехнологичных изделий на базе комплексной модели оценки деятельности предприятия : монография / Ю. В. Полянсков, И. В. Лутошкин, С. В. Липатова, М. Н. Ярдаева, О. В. Железнов, И. А. Санников, А. А. Блюменштейн. — Ульяновск : УлГУ, 2021. — 259 с.

ISBN 978-5-88866-848-1

Монография посвящена проблемам интегрированного автоматизированного управления производственно-технологическими процессами на основе принципов, механизмов, процедур, моделей и методов оценки производственно-технологической деятельности авиастроительного предприятия. Рассмотрены сущность, назначение, задачи и функции, тактика при управлении производством, планировании и распределении ресурсов. Представлен обзор моделей существующих методологий управления производством. Подробно изложено математическое описание механизмов влияния факторов на ключевые параметры производственно-технологических процессов, разработана комплексная модель управления производственно-технологической деятельностью предприятия. Представлена структура, алгоритмы и программные модули интегрированной автоматизированной системы управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия на базе современных цифровых технологий, формализован комплексный комбинаторный метод оценки ключевых показателей эффективности.

Монография рекомендована специалистам планово-экономических, логистических, производственных и других служб предприятий различных отраслей промышленности, а также аспирантам и соискателям, обучающимся по специальности 05.02.22 «Организация производства (промышленность)» и изучающим методы производственно-технологического и логистического менеджмента в промышленности.

УДК 658.5:004.9
ББК 30.606-5-05

ISBN 978-5-88866-848-1

© Полянсков Ю. В., Лутошкин И. В., Липатова С. В., Ярдаева М. Н.,
Железнов О. В., Санников И. А., Блюменштейн А. А., 2021

© Ульяновский государственный университет, 2021

Оглавление

Введение	5
Раздел 1. Особенности производственно-технологической деятельности авиастроительного предприятия	7
1.1. Организационная структура предприятия	7
1.2. Направления деятельности авиастроительного предприятия	12
1.3. Типовые бизнес-процессы ПТД.....	14
1.4. Определение ключевых параметров, характеризующих ПТД.....	18
1.5. Определение набора независимых и зависимых факторов, влияющих на ПТД.....	22
1.5.1. Факторы внешней среды	22
1.5.2. Общесистемные внутренние факторы	26
1.5.3. Факторы, связанные с ТП.....	26
1.6. Производственно-технологические процессы авиастроительного предприятия.....	27
1.7. Электронные технологические процессы авиастроительного предприятия	28
1.7.1. Особенности проектирования электронных технологических процессов изготовления деталей.....	28
1.7.1.1. Основные задачи технической подготовки производства	28
1.7.1.2. Виды технологических процессов изготовления деталей.....	29
1.7.1.3. Функциональное описание процесса проектирования технологических процессов изготовления деталей	32
1.7.2. Особенности нормирования электронных технологических процессов изготовления деталей.....	35
1.7.2.1. Основные виды норм времени выполнения работ.....	35
1.7.2.2. Определение набора параметров, характеризующих ЭТП	42
1.7.2.3. Определение ключевых факторов, влияющих на производственно-технологическое планирование	49
1.8. Математическое описание механизмов влияния факторов на ключевые параметры производственно-технологических процессов.....	51
1.8.1. Математическая модель управления.....	51
1.8.2. Анализ существующих методологий управления предприятием	52

**Раздел 2. Разработка комплексной модели для управления
производственно-технологическими процессами цифрового предприятия.....55**

2.1. Понятие методологии управления предприятием и комплексной модели.....	55
2.2. Концепция комплексной модели	56
2.2.1. Математическая модель методологий «точно в срок, под заданную себестоимость, с учётом рисков»	56
2.2.2. Инфологическая модель комплексной модели	62
2.2.3. Компонентная (информационная) модель.....	63
2.2.4. Информационная система для комплексной модели.....	67
2.2.5. Регламент	69
2.3. Детерминирование деятельности предприятия для построения комплексной модели.....	70
2.4. Построение комплексной модели.....	102
2.5. Функции системы оценки производственно-технологической деятельности авиастроительного предприятия.....	151
2.6. Описание вариантов использования КМ	197

**Раздел 3. Интегрированная автоматизированная система управления
производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия
на базе цифровых технологий.....218**

3.1. Определение интегрированной автоматизированной системы управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия на базе цифровых технологий.....	218
3.2. Структура программных модулей ИАС ПТП АП.....	223
3.3. Реализация программных модулей ИАС ПТП АП	226
3.3.1. Модули реализации элементов комплексной модели	226
3.4. Методика оценки производственно-технологической деятельности предприятия на базе КМ	243
3.4.1. Описание методики оценки производственно-технологической деятельности предприятия на базе КМ.....	243
3.4.2. Сравнение методики с аналогичными методиками оценки.....	245

Заключение.....252

Список использованных источников.....253

Введение

В современном мире очень высок темп технического и технологического прогресса. Необходимость преобразований, продиктованная им, затрагивает в том числе и социально-экономическую сферу: происходит так называемая четвертая промышленная революция, динамично меняются условия функционирования экономических субъектов. В такой ситуации для обеспечения устойчивого развития и эффективности производственной системы требуется новый подход к организации всех её процессов (как внутренних, так и обеспечивающих взаимодействие с внешней средой), подразумевающий отказ от существующих моделей управления, основанных на индустриальном укладе, и переход к использованию принципиально иных бизнес-моделей и способов распределения благ. Реализация данного подхода заключается в построении производственной деятельности на основе технологий больших данных, интернета вещей, искусственного интеллекта, виртуальной реальности, умного производства и т.д., — иными словами, в её цифровизации на принципиально иных технологических и организационных концептах.

Перевод всех видов деятельности предприятия в цифровой формат сейчас находит отражение в первую очередь в непосредственном переводе информационных потоков в цифровое представление. К этим видам деятельности можно отнести документооборот, проектирование, конструирование, виртуальное прототипирование, управление всеми процессами на предприятии. Однако это всё уровни первичной автоматизации производства и процессов, обеспечивающих производство.

При переходе к полному цифровому сопровождению абсолютно всех видов деятельности производства и вспомогательных видов деятельности, в том числе и во внешней среде, появляется возможность построить новый вид производства. В этом случае предприятие будет иметь своего виртуального двойника в цифровом пространстве, с помощью которого сможет на основе интеллектуальных технологий быстро находить варианты для оптимизации производства, разрабатывать и выпускать новый вид продукции в несравнимо короткие сроки как для массового потребителя, так и для индивидуальных заказчиков.

Включение в цифровое пространство (цифровую платформу) поставщиков, потребителей, причем не только действующих, но и потенциальных, позволит предприятию выбирать оптимальным образом материалы и ресурсы, оперативно реагировать на изменение спроса на рынке.

В настоящее время цифровизация наглядно представлена в деятельности таких компаний, как Siemens, PTC, Dassault Systemes. Однако при использовании готовых решений мировых лидеров в российском машиностроении требуется учитывать ряд факторов:

- объективная необходимость импортозамещения;
- высокая стоимость внедрения технологий/разработок, обусловленная необходимостью приобретения лицензии на их использование;
- высокая стоимость адаптации под условия предприятия внедрения;
- невысокий уровень автоматизации российских предприятий;
- разнородность уже используемых программных средств;
- низкий уровень цифровой культуры на производстве.

Таким образом, при трансформации производства в цифровое пространство и последующем управлении им, необходимо учитывать указанные особенности и использовать инструмент, адаптируемый к условиям конкретного предприятия (в частности, к разнородности информационной среды), а также способный функционировать в условиях неполной автоматизации.

В качестве данного инструмента нами предлагается комплексная модель управления производственно-технологической деятельностью предприятия, обеспечивающая выпуск и изготовление продукции в соответствии с определенными методологиями управления, принятыми в мировой практике («точно в срок», «под заданную себестоимость», «с учетом рисков»). В модель включаются уровни представления данных, методика управления производством, подмодели для производственно-технических процессов, сценарии решения различных производственно-технологических задач.

Процесс реализации комплексной модели в части информационной системы является трудоемкой и долговременной задачей, требующей значительных инвестиционных вложений. А если принимать во внимание постоянные изменения внешней среды, то полная реализация комплексной модели принимает перманентный характер. В связи с этим в монографии предлагаются некоторые частные решения для производственного предприятия.

Раздел 1

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

1.1. Организационная структура предприятия

Организационная структура (англ. Organizational structure) — документ, схематически отражающий состав и иерархию подразделений предприятия. Организационная структура устанавливается исходя из целей деятельности и необходимых для достижения этих целей подразделений, выполняющих функции, составляющие бизнес-процессы организации [7].

Анализ [8-10] и др. показал, что в настоящее время выделяют следующие основные виды организационных структур предприятия:

Линейная структура управления — каждый руководитель управляет нижестоящими подразделениями по всем направлениям деятельности. Основными достоинствами такого принципа организации являются: её простота, экономичность, чёткая система единоначалия, чётко установленные взаимосвязи подразделений.

Функциональная структура управления — создание функциональных управленческих подразделений, то есть, отвечающих за отдельные виды управленческой деятельности. Функциональная структура управления предприятием основана на принципе полного распорядительства — функциональный руководитель может давать прямые распоряжения всем звеньям нижестоящих уровней в пределах его компетенции.

Линейно-функциональная структура управления — линейные руководители осуществляют основную управленческую деятельность при поддержке и обслуживании функциональных подразделений. Функциональные службы осуществляют производственное и финансовое планирование, подбор кадров, материально-техническое обеспечение производства, ведут работу по стандартизации процессов и пр.

Дивизиональная структура управления — выделение автономных подразделений по управлению производством отдельных продуктов и отдельными функциями производственного процесса.

Бригадная структура управления — основана на организации деятельности по рабочим группам. Основными принципами такого типа организации производственного процесса являются: автономная работа выделенных бригад; горизонтальная координация деятельности, привлечение специалистов разных подразделений для разработки и решения задач.

Проектная структура управления — временная форма организации управленческого процесса, создаваемая в рамках решения конкретной задачи. По завершении проекта, привлечённые для его выполнения специалисты, как правило, возвращаются к постоянной работе в свои подразделения.

Матричная структура управления — предполагает подчинение членов проектных команд не только руководителям проектов, но и руководителям функциональных подразделений, в штате которых они постоянно числятся.

Проектно-целевая структура управления — возникает в случае, когда вся деятельность организации концентрируется на выполнении определенного проекта (или программы как совокупности проектов), достижении определенной цели. При этом все другие структурные образования либо отсутствуют, либо имеют вспомогательное значение.

Конгломератная структура управления — характеризуется сочетанием различных типов организационных структур в пределах одного предприятия.

Свободная структура управления — не имеет какой-либо жёсткой организации, а приобретает ту или иную структуру в зависимости от изменения условий внешней среды или стоящих на данный момент задач.

В России в машиностроении наибольшее распространение получил функциональный (в некоторых источниках, например, [9], назван линейно-функциональным) подход к построению организационной структуры производственных предприятий, в основе которого лежит определение и структуризация системы функций, необходимых для нормального осуществления производственно-хозяйственной деятельности [11].

В ГОСТ 24525.2—80 приведен перечень структурных подразделений предприятия, являющийся базовым для производственных предприятий. Серия стандартов ГОСТ 24525—80 в настоящее время отменена, но для многих предприятий машиностроения, созданных в советский период, организационные структуры, заложенные в этих стандартах, являются актуальными. Отличия присутствуют в группировке подразделений, их точных названиях, специальных подразделениях, отражающих особенности работы каждого завода. Также, в зависимости от масштабов промышленного предприятия, органы управления могут быть представлены управлениями, отделами, бюро, группами, отдельными специалистами.

Элементы обобщённой организационной структуры, отражающей типовые особенности машиностроения, были определены, исходя из своего опыта, компаниями, внедряющими компоненты программно-методического комплекса 1С:Машиностроение 8 на средних и крупных машиностроительных и приборостроительных предприятиях [12].

Также была изучена реальная организационная структура крупного самолетостроительного предприятия АО «Авиастар-СП».

В таблице 1 приведено сравнение элементов организационной структуры АО «Авиастар-СП», обобщённой оргструктуры для ПМК 1С:Машиностроение и рекомендаций ГОСТ 24525—80.

Таблица 1 — Сравнение элементов организационной структуры

АО «Авиастар-СП»	1С:Машиностроение	ГОСТ 24525—80
Генеральный директор	Дирекция	-
Техническая дирекция, включая управление информационных технологий, службу главного металлурга, управление главного конструктора, управление главного технолога, отдел главного метролога, службу главного инженера	Отдел ИТ (информационные технологии) Отдел главного инженера Отдел главного конструктора Отдел главного технолога Бюро конструкторско-технологической документации Отдел главного механика Служба главного метролога Отдел АСУ ТП (автоматизированные системы управления технологическими процессами) Служба КИПиА (контрольно-измерительные приборы и аппаратура)	Информационно-вычислительный центр Отдел автоматизации и механизации производственных процессов Отдел главного конструктора Отдел главного металлурга Отдел главного метролога Отдел главного механика Отдел главного технолога Отдел главного энергетика Исследовательская лаборатория Отдел научно-технической информации
Управление инвестиционных проектов — проектный офис	-	-
Служба бухгалтерского учета	Бухгалтерия	Отдел главного бухгалтера
Дирекция по производству, включая производственно — диспетчерское управление, производственные подразделения предприятия (цеха)	Производственные цеха Заготовительный цех Производственно- диспетчерский отдел	Производственно-технический отдел Инструментальный цех
Летно-испытательная служба	-	-
Дирекция по качеству	Служба качества	Отдел качества продукции Отдел технического контроля (отдел контроля качества) Отдел стандартизации Патентно-лицензионный отдел
Дирекция по бережливому производству	-	Отдел рационализации и изобретательства
Коммерческая дирекция, включая управление продаж, управление материально-технического снабжения, управление внешней кооперации	Коммерческий отдел Отдел сбыта Отдел продаж Отдел материально технического обеспечения (снабжения) Отдел маркетинга Договорной отдел Склады материалов и готовой продукции Транспортный цех Отдел учета ГСМ	Отдел материально-технического снабжения Отдел сбыта Цех упаковки и отгрузки

АО «Авиастар-СП»	1С:Машиностроение	ГОСТ 24525—80
Управление правового обеспечения	Юридическая служба	Юридический отдел
Дирекция по персоналу	Отдел кадров Отдел организации труда и занятости	Отдел кадров Отдел технического обучения
Дирекция по административно-хозяйственному обеспечению	Административно хозяйственный отдел Отдел капитального строительства	Отдел капитального строительства
Дирекция по экономике и финансам	Финансовый отдел Бюро материального и трудового нормирования Планово-экономический отдел	Отдел организации труда и заработной платы Планово-экономический отдел Финансовый отдел Лаборатория научной организации труда и управления производством
Прочие специальные подразделения предприятия	Служба внутренней безопасности Отдел стратегического развития Кредитная служба Информационно аналитический отдел	Отдел охраны труда и техники безопасности

Сравнительный анализ показал, что все приведённые структуры имеют одинаковую базовую составляющую, которая может быть выделена в качестве типовой организационной структуры машиностроительного предприятия:

- а) Дирекция
- б) Конструкторское бюро
- в) Техническая дирекция
 - 1) Отдел информационных технологий
 - 2) Отдел автоматизации производственных процессов
 - 3) Отдел главного конструктора
 - 4) Отдел главного технолога
 - 5) Отдел главного металлурга
 - 6) Отдел главного метролога
 - 7) Отдел научно-технической информации
- г) Отдел главного бухгалтера
- д) Дирекция по производству
 - 1) Производственно-диспетчерское управление
 - 2) Производственные подразделения предприятия (цеха).
- е) Летно-испытательная служба (для самолетостроительного предприятия)
- ж) Служба качества
 - 1) Отдел технического контроля
 - 2) Отдел контроля качества
 - 3) Отдел СМК
 - 4) Отдел сертификации продукции

- и) Отдел стратегического развития
- к) Коммерческая дирекция
 - 1) Отдел сбыта
 - 2) Отдел продаж
 - 3) Отдел материально технического обеспечения (снабжения)
 - 4) Отдел внешней кооперации
 - 5) Отдел маркетинга
 - 6) Склады материалов и готовой продукции
- л) Юридический отдел
- м) Дирекция по персоналу
 - 1) Отдел кадров;
 - 2) Отдел организации труда и занятости
 - 3) Отдел социального развития предприятия
- н) Административно хозяйственный отдел
- п) Отдел режима и безопасности
- р) Отдел охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности
- с) Отдел капитального строительства и ремонта
- т) Отдел главного механика
- у) Отдел главного энергетика
- ф) Дирекция по экономике и финансам
 - 1) Отдел организации труда и заработной платы
 - 2) Планово-экономический отдел
 - 3) Финансовый отдел

Рассмотренной выше функциональной структуре управления противопоставляется проектная структура.

Согласно [13] под проектной структурой управления понимается временная структура, создаваемая для решения конкретной комплексной задачи (разработки проекта и его реализации). Смысл проектной структуры управления состоит в том, чтобы собрать в одну команду самых квалифицированных сотрудников разных профессий для осуществления сложного проекта в установленные сроки с заданным уровнем качества и в рамках выделенных для этой цели материальных, финансовых и трудовых ресурсов. Проектная структура управления предполагает обеспечение централизованного управления всем ходом работ по каждому крупному проекту.

Для крупных машиностроительных и, в частности, авиастроительных предприятий характерно параллельное ведение работ над несколькими заказами, опытное производство новых изделий, осуществление ремонтных работ и доработок серийной продукции. При этом при единичном и мелкосерийном производстве технически сложных изделий разделить опытное и серийное производство практически невозможно.

В рассматриваемых условиях проектная структура управления накладывается на основную — функциональную, и формируются разные формы матричного управления. Перечень функциональных подразделений при этом остаётся прежним. Меняются регламенты взаимодействия и функциональные обязанности элементов оргструктуры.

Наибольшая сложность при этом заключается в координации управлений и расстановке приоритетов выполнения деятельности исполнителями под управлением более чем одного руководителя.

Конкретные решения данной проблемы могут отличаться и выходят за рамки настоящего исследования. Так, например, на крупном самолётостроительном предприятии АО «Авиастар-СП» работы по различным проектам координируются на этапе формирования общего плана предприятия по выпуску продукции и задания по всем направлениям деятельности выдаются конечным исполнителям централизованно.

1.2. Направления деятельности авиастроительного предприятия

Деятельность авиастроительного предприятия, как любого промышленного предприятия, можно разделить:

- а) по бизнес-процессам на:
 - логистическую (закупочную, складскую, транспортировочную, снабженческую);
 - производственную;
 - подготовительную к производству (конструкторско-технологическую, обеспечивающую необходимыми ресурсами);
 - сбываемую продукцию;
 - утилизирующую;
- б) по зонам ответственности на:
 - планово-учетную;
 - координирующую;
 - экспертную;
 - принимающую решения ЛПР;
- в) по потокам данных на:
 - информационную;
 - материальную;
 - финансовую.

Специфика авиастроительных предприятий проявляется в особенностях жизненного цикла изготавливаемых изделий и реализуемых проектах.

По данным сайта ПАО «ОАК» [14] основными проектами, над которыми работают авиастроительные предприятия России, в настоящее время являются:

- Серийное производство военных и гражданских самолетов;
- Модернизация, ремонт и продление ресурса самолетов;
- Производство военной авиационной техники;
- Проектирование и производство гражданской авиационной техники;
- Разработка и модернизация БРЭО самолетов и вертолетов;
- Послепродажная поддержка, включая поставку запасных частей, гарантийное и послегарантийное техническое обслуживание и ремонт, обучение обслуживающего персонала и т.д.;
- Создание гидросамолетов и самолетов-амфибий;

- Изготовление опытных экземпляров авиационной техники, их испытание и внедрение в серийное производство;
- Создание летательных аппаратов различного назначения, в том числе интеграция систем РЛДН (включая окончательную сборку, отработку и поставку заказчику самолетов РЛДН);
- Ремонт, модернизация и модификация существующих образцов авиационной техники;
- Обучение и подготовка летного и технического персонала;
- Изготовление и ремонт авиационных средств десантирования техники и грузов;
- Осуществление научно-технического сопровождения, эксплуатации и послепродажной поддержки изделий у заказчика;
- Разработка, испытания и производство новых видов гражданской и военной авиационной техники;
- Проведение научно-исследовательских работ;
- Производство самолетов военного и гражданского назначения для внутренних и экспортных поставок;
- Производство технических комплектов для лицензионного производства;
- Ремонт, модернизация и послепродажное обслуживание авиационной техники;
- Производство гражданской продукции, товаров народного потребления;
- Оказание услуг по выполнению воздушных перевозок.

На самолетостроительном предприятии АО «Авиастар-СП» основными проектами являются:

- Производство транспортных самолетов Ил-76МД-90А;
- Производство пассажирских и грузовых самолетов семейства Ту-204;
- Сервисное обслуживание транспортных самолетов Ан-124 «Руслан»;
- Гарантийное и послегарантийное обслуживание авиационной техники;
- Монтаж интерьеров и отработка систем самолетов семейства Sukhoi Superjet 100;
- Участие в кооперации по производству нового ближнесреднемагистрального пассажирского самолета МС-21.

Характерными для всех авиастроительных предприятий направлениями деятельности являются:

- Изготовление опытных экземпляров авиационной техники, их испытание и внедрение в серийное производство;
- Одновременное ведение работ по нескольким крупным проектам производства авиационной техники военного и гражданского назначения, включая участие в кооперации;
- Послепродажная поддержка, включая поставку запасных частей, гарантийное и послегарантийное техническое обслуживание;
- Ремонт, модернизация и модификация существующих образцов авиационной техники;

Деятельность некоторых предприятий дополнительно включает проведение НИР, проектирование изделий АТ, производство товаров народного потребления.

Приведённая выше классификация видов деятельности и перечни реализуемых проектов определяют типовые бизнес процессы предприятий авиастроения.

1.3. Типовые бизнес-процессы ПТД

Направления деятельности машиностроительного и, в частности, авиастроительного предприятия определяется стадиями жизненного цикла продукции, которые реализованы на конкретном предприятии. В общем случае, согласно [15], для промышленной продукции гражданского назначения выделяются следующие стадии: исследование и проектирование; изготовление; обращение и реализация; эксплуатация или потребление.

Для промышленной продукции военного назначения выделяются стадии: исследование и обоснование разработки; разработка; производство; эксплуатация; капитальный ремонт.

Аналогичные перечни этапов жизненного цикла продукции приведены в документах ГОСТ Р 53791—2010 и ГОСТ Р 15.000—2016.

Для многих крупных производственных предприятий России характерно изготовление изделий как гражданского, так и военного назначения. Процессы исследования и разработки могут выполняться в специализированных КБ (конструкторских бюро) вне завода, а процессы эксплуатации и потребления являются внешними и не включаются в перечень типовых процессов предприятия.

В [16], наряду с перечисленными выше процессами, обозначены процессы технологической подготовки производства, материально-техническое и экономическое освоение производства (эффективные методы организации производства), планирование производственных процессов, техническое обслуживание и ремонт (ТОиР).

В [6] в качестве функциональных систем предприятия, как объекта управления, на верхнем уровне приведены функциональные системы: закупки, производство (изготовление, сборка), логистика (складское хранение, транспортировка), продажи, утилизация, вспомогательные и дополнительные процессы, прочие внутренние функциональные области, определяемые особенностями предприятия.

Анализ существующей системы процессов одного из крупных производственных предприятий России показал наличие следующих элементов:

- Продажи продукции и услуг;
- Технологическая подготовка производства;
- Закупки материалов, комплектующих изделий, инструмента (материально-техническое обеспечение);
- Производство (изготовление, сборка) продукции;
- Обслуживание и ремонт продукции;
- Обеспечивающие процессы (управление персоналом, обслуживание и ремонт оборудования, финансовое обеспечение);
- Процессы управления.

Все перечисленные процессы можно отнести к процессам верхнего уровня системы процессов производственного предприятия, но их сложность и значимость в системе существенно отличаются.

Наиболее ресурсоёмким является процесс производства (изготовления) продукции, в результате выполнения которого материалы и заготовки преобразуются в готовое изделие.

Предшествующим по отношению к производству процессом является технологическая подготовка производства, обеспечивающая оптимальную по срокам и ресурсам технологическую готовность производства к изготовлению изделий в соответствии с требованиями заказчика или рынка.

Процессы материально-технического обеспечения также являются неотъемлемой частью деятельности машиностроительного предприятия, и их содержание определяется потребностями технологической подготовки производства и производства (изготовления, сборки).

Для производства сложной наукоёмкой продукции целесообразно выносить процесс обслуживания и ремонта в самостоятельный процесс верхнего уровня, поскольку он сопряжен с выполнением технологической подготовки, закупкой материальных ресурсов, изготовлением подлежащих замене деталей и узлов и т.д., т.е. содержит в своём составе элементы процессов технологического планирования, материально-технического обеспечения и производства.

Анализ [17-20] позволил выделить следующий перечень типовых производственно-технологических процессов производственного предприятия:

- Процессы управления (деятельность руководства).
- Проектирование и разработка продукции.
- Управление информационными технологиями.
- Разработка технологии изготовления и подготовка производства.
- Управление производственной инфраструктурой.
- Бухгалтерский учёт.
- Планирование и диспетчирование производства.
- Производство (изготовление, сборка).
- Испытания и контроль.
- Управление качеством и сертификация.
- Управление изменениями и улучшениями.
- Продажа готовой продукции.
- Закупки материалов и комплектующих.
- Правовое обеспечение деятельности.
- Управление персоналом.
- Административное-хозяйственное обеспечение.
- Обеспечение безопасности предприятия.
- Управление инфраструктурой предприятия и производственной средой.
- Охрана труда на предприятии.
- Экономика и финансы.

Сопоставление приведённого перечня процессов с типовой организационной структурой показало (таблица 2), что группы процессов имеют прямое соответствие с деятельностью структурных подразделений типового предприятия машиностроения. Это обусловлено функционально-ориентированной структурой крупных производств, исключение могут составлять функции управления.

В [21] производственно-технологический процесс определяется как процесс получения готовой продукции и её реализации. В [22] к производственно-технологическим процессам относятся процессы производства от подготовки сырья до завершения производства.

Таблица 2 — Соответствие типовых производственно-технологических процессов
и элементов организационной структуры

Типовая организационная структура машиностроительного предприятия	Функции предприятия, реализуемые в соответствии с типовой организационной структурой	Деятельности структурных подразделений предприятия
Дирекция	Процессы управления (деятельность руководства)	Деятельности управленческого аппарата предприятия
Конструкторское бюро	Проектирование и разработка продукции	Деятельность конструкторского бюро (при наличии на предприятии)
Техническая дирекция Отдел информационных технологий Отдел автоматизации производственных процессов Отдел главного конструктора Отдел главного технолога Отдел главного металлурга Отдел главного метролога Отдел научно-технической информации	Управление информационными технологиями Разработка технологии изготовления и подготовка производства Управление производственной инфраструктурой	Деятельность отдела информационных технологий Деятельность отдела автоматизации производственных процессов Деятельность отдела главного конструктора Деятельность отдела главного технолога Деятельность отдела главного металлурга Деятельность отдела главного метролога Деятельность отдела научно-технической информации
Отдел главного бухгалтера	Бухгалтерский учёт	Отдел главного бухгалтера
Дирекция по производству Производственно-диспетчерское управление Производственные подразделения предприятия (цеха)	Планирование и диспетчирование производства Производство (изготовление, сборка)	Деятельность производственно-диспетчерского управления Деятельность производственных подразделений предприятия (цехов)
Летно-испытательная служба (для самолетостроительного предприятия)	Испытания и контроль	Деятельность летно-испытательной службы (для самолетостроительного предприятия)
Служба качества Отдел технического контроля Отдел контроля качества Отдел СМК Отдел сертификации продукции	Управление качеством и сертификация	Деятельность отдела технического контроля Деятельность отдела контроля качества Деятельность отдела СМК Деятельность отдела сертификации продукции
Отдел стратегического развития	Управление изменениями и улучшениями	Деятельность отдела стратегического развития
Коммерческая дирекция Отдел сбыта Отдел продаж	Продажа готовой продукции Закупки материалов и комплектующих	Деятельность отдела сбыта Деятельность отдела продаж Деятельность отдела матери-

Типовая организационная структура машиностроительного предприятия	Функции предприятия, реализуемые в соответствии с типовой организационной структурой	Деятельности структурных подразделений предприятия
Отдел материально технического обеспечения (снабжения) Отдел внешней кооперации Отдел маркетинга Склады материалов и готовой продукции		Деятельность по обеспечению (снабжению) Деятельность отдела внешней кооперации Деятельность отдела маркетинга Деятельность складов материалов и готовой продукции
Юридический отдел	Правовое обеспечение деятельности	Деятельность юридического отдела
Дирекция по персоналу Отдел кадров Отдел организации труда и занятости Отдел социального развития предприятия	Управление персоналом.	Деятельность отдела кадров Деятельность отдела организации труда и занятости Деятельность отдела социального развития предприятия
Административно хозяйственный отдел	Административно-хозяйственное обеспечение	Деятельность административно-хозяйственного отдела
Отдел режима и безопасности	Обеспечение безопасности предприятия	Деятельность отдела режима и безопасности
Отдел охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности Отдел капитального строительства и ремонта Отдел главного механика Отдел главного энергетика	Управление инфраструктурой предприятия и производственной средой Охрана труда на предприятии	Деятельность отдела охраны труда, экологической, промышленной и пожарной безопасности Деятельность отдела капитального строительства и ремонта Деятельность отдела главного механика Деятельность отдела главного энергетика
Дирекция по экономике и финансам Отдел организации труда и заработной платы Планово-экономический отдел Финансовый отдел	Экономика и финансы.	Деятельность отдела организации труда и заработной платы Деятельность планово-экономического отдела Деятельность финансового отдела

Под производственно-технологической деятельностью авиастроительного предприятия будем понимать деятельность производственных рабочих, направленных на изготовление продукции и сборки готового изделия с применением всех необходимых ресурсов под актуальную технологию производства (ЭТП, ЭТД).

Для функционирования самолетостроительного предприятия (завода-изготовителя) в качестве производственно-технологической деятельности можно выделить совокупность следующих этапов ЖЦ авиационного изделия:

- Технологическая подготовка производства.
- Производство продукции и оперативное управление производством.
- Техническое обслуживание и ремонт продукции (содержит в себе все предыдущие этапы).

В терминах выделения типовых процессов деятельности производственного предприятия к производственно-технологической деятельности относятся:

- Разработка технологии изготовления и подготовка производства.
- Планирование и диспетчирование производства.
- Производство (изготовление, сборка).

1.4. Определение ключевых параметров, характеризующих ПТД

В рамках процессов производственно-технологической деятельности (согласно п. 1.3): планирование и диспетчирование производства, разработка технологии изготовления и подготовка производства, производство (изготовление, сборка) на примере авиастроительного предприятия, были структурированы показатели, характеризующие данные процессы.

Показатели процесса разделены на четыре группы:

1. Персонал (Как работают сотрудники?).
2. Бизнес-процессы (Какие процессы выполняет персонал?).
3. Продукт (Результат выполнения процессов?).
4. Финансы (Финансовый результат выполнения процессов?).

Знаком «» обозначена входимость одних показателей в другие. Знак «» характеризует показатель, как состоящий из показателей уровня ниже (см. рисунок 1).

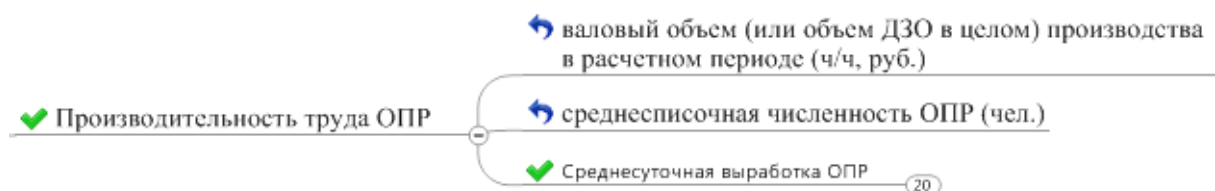


Рисунок 1 — Структура показателя «Производительность труда»

Так, например, показатель «производительность труда основных производственных рабочих», согласно формуле (1) состоит из показателей «валовый объем производства в расчетном периоде (ч/ч, руб.)» и «среднесписочная численность основных производственных рабочих (чел.)».

$$\text{Производительность труда ОНР} = \frac{\text{Валовый объем производства в расчетном периоде (руб.)}}{\text{среднесписочная численность ОНР (чел.)}} \quad (1)$$

По степени важности контроля показателей для руководителей высшего звена показатели представлены «слева на право». Например, на рисунке 1 показатель «среднесуточная выработка основных производственных рабочих» находится на один уровень ниже показателя «производительность труда основных производственных рабочих».

На рисунке 2 представлены показатели процесса «Планирование и диспетчирование производства».

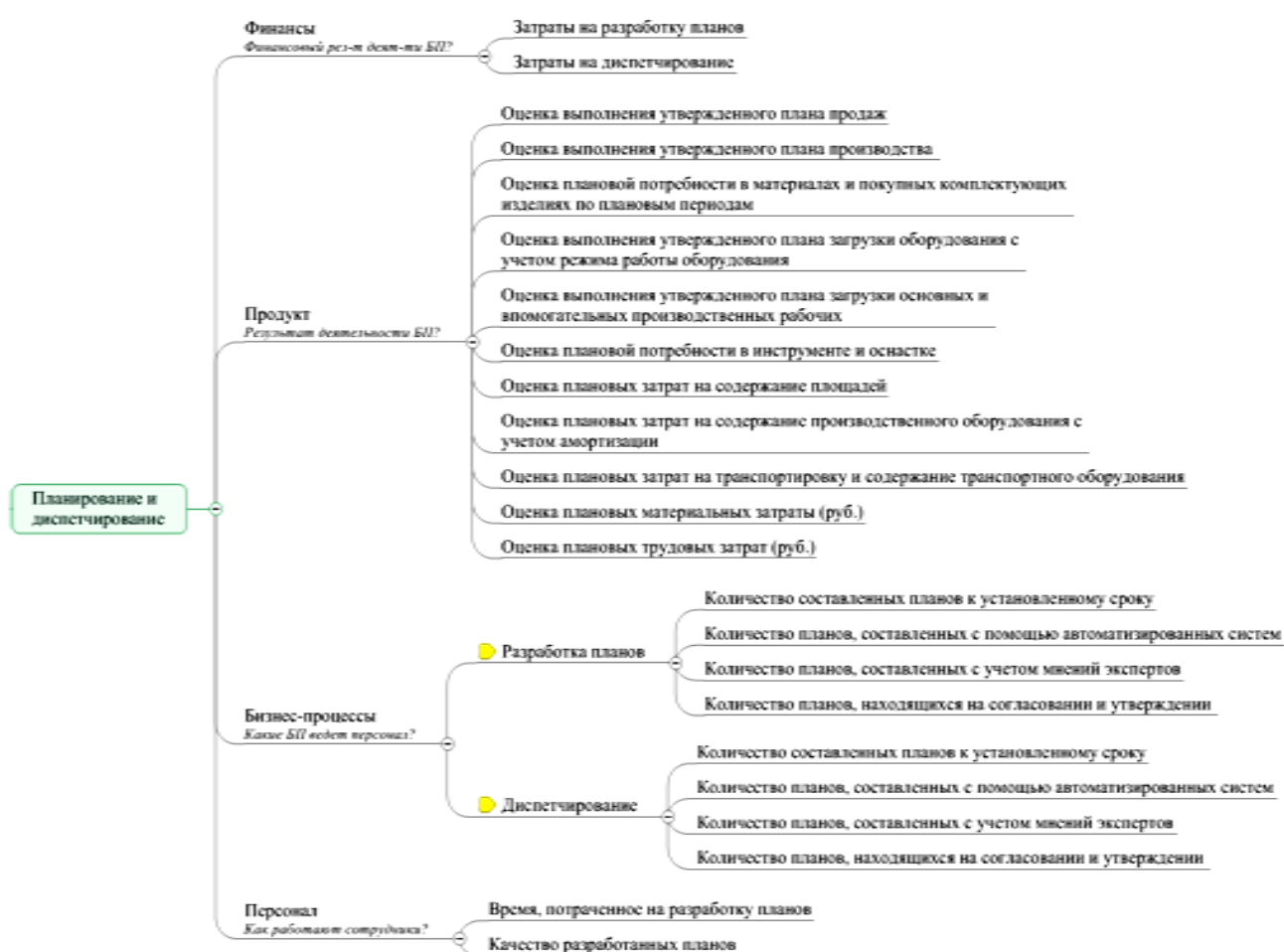


Рисунок 2 — Показатели процесса «Планирование и диспетчирование»

На рисунке 3 представлены показатели процесса «Разработка технологии изготовления и подготовка производства».

На рисунке 4 представлены показатели процесса «Производство (изготовление, сборка)».

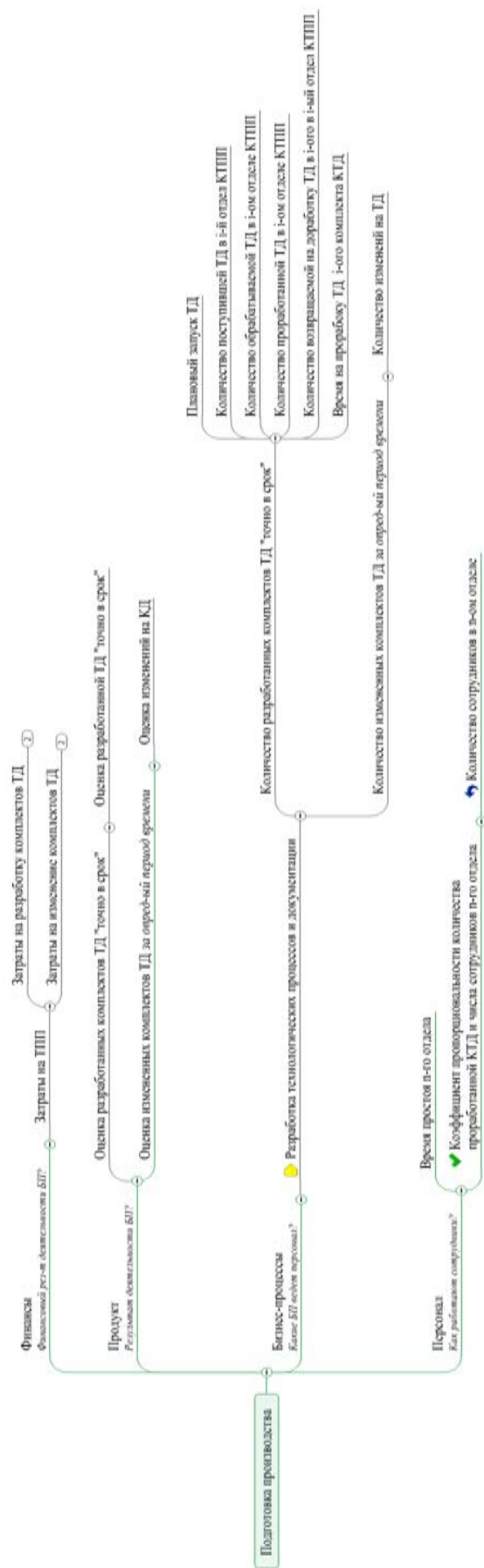


Рисунок 3 — Показатели процесса «Разработка технологии изготовления и подготовка производства»

Система управления процессами цифрового производства высокотехнологичных изделий
на базе комплексной модели оценки деятельности предприятия



Рисунок 4 — Показатели процесса «Производство (изготовление и сборка)»

В таблице 3 определен набор ключевых показателей в зависимости от целей производства.

Таблица 3 — Ключевые параметры, характеризующие ПТД

№ п/п	Цели	Показатели
1.	Снижение издержек производства продуктов/ услуг	Издержки ключевых операционных процессов по видам деятельности Себестоимость единицы выпускаемых товаров (для организаций, производящих однородную продукцию) Затраты на маркетинг, продажу и распределение, а также административные издержки как процент от общей суммы издержек
2.	Постоянное совершенствование процессов	Число процессов, которые были значительно улучшены Число неэффективных или не приносящих добавленной стоимости процессов, исключенных из производства Доля брака (ед. на млн) Процент производимой продукции Процент отхода и брака Затраты на проверки и инспекционный контроль Общие затраты на обеспечение качества (профилактические меры, оценка, внутренние и внешние причины плохого качества)
3.	Повышение гибкости производственных процессов	Временной цикл (от начала производства продукта до его окончания) Период технологического процесса (время, фактически затраченное на технологический процесс) Эффективность процесса (отношение технологического времени к продолжительности цикла)

№ п/п	Цели	Показатели
4.	Совершенствование использования основных средств	Процент использования производственных мощностей Надежность оборудования (процент времени, затраченного непосредственно на производство) Число случаев и процент выхода из строя оборудования Гибкость производственного процесса (ассортимент продуктов/услуг, которые позволяет производить и доставлять данный процесс)
5.	Повышение эффективности использования оборотного капитала	Ежедневный запас товарно-материальных ценностей, оборот запасов Ежегодный объем продаж Ежемесячное предоставление услуг Процент нехватки материалов Денежный цикл (расчетный период по дебиторской задолженности, дни, плюс период хранения запасов, дни, минус расчетный период по кредиторской задолженности, дни)

1.5. Определение набора независимых и зависимых факторов, влияющих на ПТД

1.5.1. Факторы внешней среды

Внешняя среда предприятия представляет собой ее институциональную среду, включающую совокупность законодательных актов, норм, правил и стандартов и непосредственное воздействие государственных органов. Учитывая огромную значимость авиастроения для национальной экономики и безопасности страны, влияние данного фактора крайне велико.

Кроме того, важными факторами внешней среды являются деятельность конкурентов (в первую очередь, иностранных, формирующих основные направления развития отрасли), требования потребителей, определяющие параметры каждого конкретного продукта, развитие научно-технического прогресса в авиастроении и смежных отраслях, политические, экономические и социальные факторы.

К факторам, определяющим развитие и производство авиастроения можно отнести [23, 24]:

- Основные факторы ВНЕШНЕЙ среды ПРЯМОГО воздействия:

- а) Институциональная среда, формируемая и формализуемая органами государственного управления;
- б) Деятельность поставщиков и финансовых органов;
- в) Требования потребителей (авиакомпаний);
- г) Деятельность конкурентов;
- д) Трудовые ресурсы;
- е) Научные технологии в авиастроении.

• *Основные факторы ВНЕШНЕЙ среды КОСВЕННОГО воздействия:*

- ж) Экономические факторы;
- з) Социокультурные факторы;
- и) Политические факторы.

На построение системы оценки деятельности предприятия влияет *институциональная среда, формируемая и формализуемая органами государственного управления* (деятельность государственных учреждений, трудовое законодательство).

На деятельность самолетостроительных предприятий со стороны государства по данным источника [45] оказывают влияние главным образом следующие факторы:

- одобрение государством всех крупных экспортно-импортных контрактов;
- выделение бюджетных средств на разработку и освоение новых видов продукции;
- таможенная политика (необходимость сохранения жесткой политики государства в отношении запретительных пошлин на ввоз иностранной авиационной техники, аналога которой производятся внутри страны);
- налоговая политика (снижение налоговой нагрузки предприятий за счет изменения налоговых ставок).

Деятельность поставщиков и финансовых органов. У авиастроительных предприятий поставщиков: по основным материалам и полуфабрикатам их насчитывается порядка 150, по покупным комплектующим изделиям — порядка 170, кроме того, имеются поставщики оборудования, инструментов, энергоресурсов, различного рода услуг, трудовых ресурсов, капитала и пр. Закупки материально-технических ресурсов и услуг составляют значительную долю расходов авиастроительных предприятий, а именно — до 50 % всех затрат на производство и реализацию. В связи с большой капиталоемкостью производства авиастроительные предприятия вынуждены привлекать значительные заемные средства из различных финансовых институтов. Затраты на обслуживание долговых обязательств — важная статья прочих расходов предприятий авиастроения, поэтому на конечный финансовый результат оказывают влияние и колебания процентных ставок, и курсовая разница валют (при заимствовании в валютном эквиваленте) [45].

Требования потребителей. При изготовлении продукции и предоставлении услуг по ремонту и модернизации изделий авиастроительные предприятия в специфике конструкции ориентируются прежде всего на потребности заказчиков. Необходимость удовлетворить их пожелания влияет как на изменение электронных моделей изделий, конструкторско-технологической документации, так и на последующее взаимодействие предприятия с поставщиками материальных ресурсов. Изменения в конструкции могут привести к необходимости: 1) покупки нового оборудования, инструмента; 2) изготовления оснастки; 3) уточнения требований заказчиков по уровню комплектации и 4) возникновению непредвиденных затрат на ввод и реализацию изменений.

Деятельность конкурентов. В авиастроении во многих случаях не потребители, а конкуренты определяют, какого рода и качества результат деятельности можно продать и за какую цену. Конкуренты ведут борьбу за трудовые ресурсы, знания, опыт, профессиональные навыки, материалы, капитал, право использовать новые технологии, (интеллектуальные системы). Конкуренция определяет значения внутренних факторов: условия работы, оплату труда, характер отношений руководителей с подчиненными и др.

Трудовые ресурсы. Данный фактор является и внутренним, и внешним одновременно. Трудовые возможности индивида формируются вследствие тенденций уровня образования, медицинского обслуживания, возможностей развития. Наличие необходимого количества, специальностей, уровня подготовки трудовых ресурсов для обеспечения достижения поставленных перед предприятием целей является одним из наиболее весомых факторов, воздействующих как конкурентоспособность. Важно учесть, что авиастроение — это высокотехнологичное производство со сложными техническими, технологическими, коммуникационными и экономическими процессами. Человеческий фактор является основополагающим для предприятия и, следовательно, для всех его механизмов, так как без людей, способных оптимально, рационально, производительно, результативно, эффективно использовать сложную технологию, капитал, материалы, информационные и энергоресурсы, оно обречено на прекращение своей деятельности. В настоящее время развитие российских авиапредприятий сдерживается нехваткой нужных специалистов, поскольку в условиях кризиса не пользовались спросом самолетостроительные направления подготовки вузов страны [45].

Наукоемкие технологии в авиастроении. Развитие новых научных технологий, интеллектуальных систем управления производственной деятельностью влияет на эффективность изготовления и продажи продукции, на ожидания потребителей от авиастроительных предприятий. Необходимость использования современных технологий влияет на экономический механизм управления затратами. В настоящее время отечественное самолетостроение отличается высокими издержками производства продукции и высоким уровнем трудоемкости, что свидетельствует о низкой производительности труда по сравнению с ведущими мировыми производителями авиатехники и, соответственно, о применении устаревших технологий [45].

Далее рассмотрены основные факторы внешней среды косвенного воздействия, специфичные для авиастроительной отрасли.

К ним относятся: состояние экономики, социокультурные и политические факторы. Факторы среды косвенного воздействия влияют в меньшей степени на систему оценки деятельности предприятия по сравнению с факторами среды прямого воздействия. Но их также необходимо учитывать для повышения эффективности управления предприятием. Среда косвенного воздействия сложнее, чем среда прямого воздействия. Руководители зачастую вынуждены опираться лишь на предположения о такой среде, основываясь на неполной информации, в попытках спрогнозировать возможные последствия для организации.

Состояние экономики. Состояние мировой экономики влияет на стоимость всех ввозимых ресурсов и способность потребителей покупать определенные товары и услуги, в том числе и продукцию отрасли авиастроения. Цены на топливо относятся к одним из определяющих характеристик производственных затрат. Факторы экономической среды влияют на стоимостно-технологические параметры деятельности авиастроительных предприятий.

Социокультурные и политические факторы. Авиастроение как отрасль, формирующая конкурентные преимущества страны на мировом рынке, является предметом пристального политического интереса. От расстановки сил на политической арене как внутри страны, так и за рубежом зависит и выбор государственной экономической политики — от протекционизма до либерализации, и величина госрасходов на оборону, и, соответственно, наличие контрактов на изготовление самолетной продукции [45].

Примеры факторов внешней среды структурированы в таблице 4.

Таблица 4 — Примеры факторов внешней среды

Факторы	Примеры
Основные факторы ВНЕШНЕЙ среды ПРЯМОГО воздействия:	
Институциональная среда, формируемая и формализуемая органами государственного управления	Стратегическое значение авиационной отрасли; Длительный инвестиционный цикл и большие объемы средств; Одобрение государством всех крупных экспортно-импортных контактов; Выделение бюджетных средств на разработку и освоение новых видов продукции; Таможенная политика (необходимость сохранения жесткой политики государства в отношении запретительных пошлин на ввоз иностранной авиационной техники, аналоги которой производятся внутри страны); Налоговая политика (снижение налоговой нагрузки предприятий за счет изменения налоговых ставок) и др.
Деятельность поставщиков и финансовых органов	Зависимость от конкретного поставщика; Курсовая разница валют; Колебания процентных ставок и др.
Требования потребителей (авиакомпаний)	По уровню комплектации; По уровню интерьера и др.
Деятельность конкурентов:	Характер отношений руководителей с подчиненными; Оплата и условия труда; Опыт, знания, профессиональные навыки; Право использовать определенные технические нововведения и др.
Трудовые ресурсы	Наличие необходимых компетенций; Наличие необходимого количества специальностей; Уровень подготовки трудовых ресурсов и др.
Наукоемкие технологии в авиастроении	Технологические нововведения; Современные технологии и др.
Основные факторы ВНЕШНЕЙ среды КОСВЕННОГО воздействия:	
Экономические факторы	Состояние российской и мировой экономики и пр.
Социокультурные факторы	Жизненный уровень; Уровень образования; Работающее население; Соотношение городского и сельского населения; Миграция населения; Демография; Уровень здравоохранения
Политические факторы	Введение экономических санкций в отношении России; Политическая стабильность

1.5.2. Общесистемные внутренние факторы

Рассмотрим более подробно основные факторы внутренней среды, влияющие на планирование производства.

Орудия труда и средства производства: оборудование и инструмент, обеспечивающие технические условия для получения качественного производственного результата (в первую очередь — продукции). При составлении производственных планов оценивается загрузка производственных мощностей с учетом переналадки оборудования, его пребывания в ремонте и максимального использования технических параметров станков, приспособлений и инструментов.

Длительность производственного цикла. Анализ данного фактора позволяет выявить резервы периода подготовки производства и освоения новых видов продукции, оценить длительность производственного цикла, а также сократить количество производственных запасов и заделов.

Трудовые ресурсы. Согласно [45] анализ данного фактора определяет возможности роста производительности труда за счет более полной загрузки работников с учетом их квалификации, опыта, а также сокращения потерь и непроизводительных затрат рабочего времени. На изменение фактических трудовых затрат влияет нарушение оптимальной партии запуска машин, отклонение сроков производства по этапам от серийного циклового графика, несоответствие вида работ квалификации производственного рабочего, фактическое состояние существующего парка производственного оборудования.

Материальные ресурсы. Материальные ресурсы в себестоимости самолета занимают 40-70 % в зависимости от изделия и учета в себестоимости стоимости двигателей и поэтому являются самым большим финансовым рычагом [45]. На своевременное обеспечение материальными ресурсами цехов-изготовителей (цехов-сборщиков) влияет организация взаимодействия транспортного и складского оборудования со станциями комплектования и рабочими центрами.

Средства и методы управления. Выбор лицом, принимающим решение, того или иного метода управления зависит от определения, осуществления на данном этапе функции управления и от имеющихся или доступных в этот момент времени средств управления. Для оценки влияния данного фактора на деятельность предприятия необходимо провести анализ и получить экспертную оценку по использованию того или иного метода и средства управления.

1.5.3. Факторы, связанные с ТП

Основной составляющей производственно-технологической деятельности является планирование производства. Для осуществления производственно-технологического планирования авиастроительного предприятия необходима актуальная информация о технологии изготовления деталей. Данное условие выполняется за счет проектирования и управления технологическими процессами с использованием систем автоматизированного проектирования технологических процессов.

Выделяют следующие факторы (параметры) технологических процессов, связанных с процессом производственно-технологического планирования авиастроительного предприятия:

Характеристики технологического процесса на деталь. Технологический процесс имеет уникальное обозначение для выбранной детали (код изделия, обозначение и наименование детали), а также жесткое закрепление за конкретным номером цеха, в котором будет изготавливаться деталь. При этом указывается серия введения и серия ограничения, на которые будет действовать технологический процесс.

Маршрут изготовления детали. Технологический процесс представляет собой последовательность выполнения операций для изготовления детали. Маршрут изготовления характеризуется порядковым номером операции технологического процесса, а также уникальным кодом и наименованием технологической операции.

Время на выполнение операции. Время на выполнение операции включает в себя информацию по длительности подготовительно-заключительных работ, а также штучное время на выполнение операции.

Исполнители для выполнения операции. Для операции в технологическом процессе указываются требования к исполнителям работ: разряд работ, условия труда, код профессии рабочего, количество рабочих на выполнение операции, а также обозначение нормативных документов, регламентирующих условия выполнения операции.

Ресурсы для выполнения операции. На операции назначаются ресурсы, необходимые для ее выполнения: оборудование (модель оборудования, инвентарный номер), оснастка (обозначение), инструмент (обозначение, производитель, нормативный документ), материалы основные (код, наименование, масса заготовка) и вспомогательные (код, наименование).

1.6. Производственно-технологические процессы авиастроительного предприятия

Производственно-технологические процессы описывают производственно-технологическую деятельность, т.е. представляют собой множество производственных и технологических процессов. Основные типовые производственные процессы были перечислены в п. 1.3. Технологические процессы в цифровом производстве являются электронными. Описанию электронных технологических процессов посвящен п. 1.7.

Для ведения бизнес-процессов и их контроля используют BPM-системы.

Для формирования и ведения технологических процессов используют системы САПР ТП.

1.7. Электронные технологические процессы авиастроительного предприятия

1.7.1. Особенности проектирования электронных технологических процессов изготовления деталей

1.7.1.1. Основные задачи технической подготовки производства

Основная цель работы любого машиностроительного предприятия — получение наибольшей прибыли от реализации продукции. Однако производственный процесс невозможен без проведения подготовительных работ — технической подготовки производства. На данном этапе решается комплекс проектных задач и организационно-технических мероприятий, связанных с подготовкой производства к выпуску продукции [26].

Машиностроительное производство характеризуется большим количеством заказов на изготовление продукции единицами и малыми неповторяющимися партиями. В качестве примера такого типа производства рассмотрим механо-каркасное производство авиастроительного предприятия, характеризующееся большим количеством продуктовых проектов и реализуемых программ, значительным удельным весом технической подготовки производства, множеством единиц технологического оборудования, позволяющее изготавливать номенклатуру деталей различной степени сложности.

Техническая подготовка производства представляет собой долгий и трудоемкий процесс, затраты на который значительно превышают затраты на само производство. В общем виде, техническая подготовка включает в себя конструкторскую и технологическую подготовку производства.

На этапе конструкторской подготовки производства (КПП) решается комплекс задач, связанных с проектированием изделия, включающий в себя разработку конструкции изделия, проведение необходимых проектных и проверочных расчетов, оформление результатов проектирования в требуемой форме. Результатом КПП является комплект конструкторской документации (КД), представляющий исходные данные для проведения технологической подготовки производства (ТПП).

Главной задачей ТПП является обеспечение выпуска новых изделий в короткие сроки и с наименьшими затратами [27]. Проектирование технологических процессов (ТП) изготовления деталей занимает центральное место в ТПП. Результаты технологического проектирования представляют собой набор исходных данных для выполнения как конструкторских работ в рамках ТПП (проектирование специальной оснастки и инструмента), так и работ, связанных с составлением сводных ведомостей (оснастки, инструмента, материала, заготовок и т.д.).

Исходные данные для технологического проектирования определяются из комплекта КД на изделие, в состав которой входят: сборочные чертежи изделия, его узлов со спецификациями и рабочие чертежи деталей, которые необходимо изготовить.

В ТПП авиастроительного производства разработка ТП механической обработки деталей является наиболее сложным видом технологических проектных работ, требующих значительных затрат времени. Объясняется это тем, что большинство решаемых в процессе проектирования задач носят эвристический характер, т.е. в их решении исполь-

зуются различные рекомендации, прошлый опыт, отраженный в различной справочной литературе, а также опыт технолога, решающего эти задачи. В состав таких задач входят:

- анализ технических условий, предъявляемых к детали;
- выбор заготовки для изготовления детали;
- выбор комплектов технологических баз, определение последовательности их смены;
- формирование маршрута обработки детали;
- подбор оборудования, инструмента, оснастки и режимов обработки;
- оформление ТП в виде комплекта технологической документации.

Качество ТПП существенно влияет на организацию и технико-экономические показатели производства, качество выпускаемой продукции [28]. Высокий уровень технологической подготовки сокращает трудоемкость изготовления деталей и сборки изделия, а, следовательно, сокращает и длительность производственного цикла, снижает себестоимость изготовления продукции, уменьшает расход материала на изготовление деталей, повышает качество машин, снижает производственный брак и т.д.

1.7.1.2. Виды технологических процессов изготовления деталей

Согласно ГОСТ 14.004—83, ТПП — это совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства. Основной задачей ТПП является разработка ТП изготовления деталей, в том числе новых, а также типовых, на основе многократно проверенных, процессов. В соответствии с Р 50-54-93-88, сущность задач, сгруппированных в функцию «Разработка технологических процессов», заключается в определении способа и последовательности изготовления объекта в условиях конкретно заданной производственной системы.

ТП в зависимости от характерных признаков классифицируются в соответствии со схемой, представленной на рисунке 5.

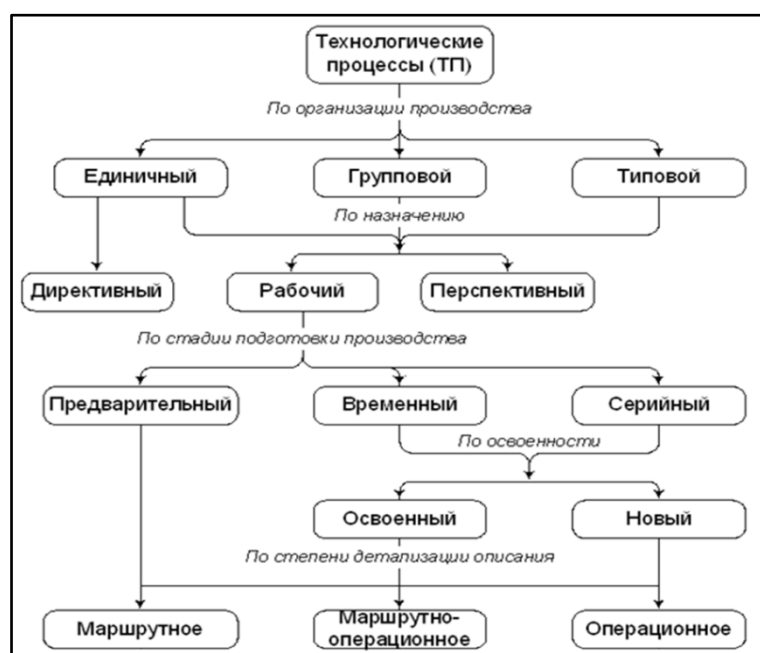


Рисунок 5 — Классификационная схема технологических процессов

а) Классификация ТП по организации производства:

- 1) Единичный ТП — это ТП изготовления (обработки, сборки, монтажа, испытаний) или ремонта изделий одного наименования (модификации) и исполнения, независимо от типа производства.
- 2) Типовой ТП — это ТП изготовления (обработки, сборки, монтажа, испытаний) группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.
- 3) Групповой ТП — это ТП изготовления или ремонта группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками. Групповой ТП разрабатывается для технологически однородных работ при изготовлении двух и более деталей и отличается от типового тем, что, как правило, содержит всю информацию, необходимую для изготовления каждой детали и не требует разработки дополнительных индивидуальных технологических процессов.

б) Классификация ТП по назначению:

- 1) Директивный (проектный) ТП — базовый технологический документ на предприятии при подготовке производства к запуску нового изделия и предписывающий определенные технологические методы и средства технологического оснащения.
- 2) Рабочий ТП является полным отражением (описанием) процесса производства (ремонта) изделия в соответствующих производственных условиях.

Информационной основой при разработке ТП служат типовые технологические разработки на производство сходной продукции, стандарты, справочники и другая нормативно-технологическая документация.

Руководящими материалами при разработке ТП являются КД, директивные технологические материалы, нормативно-технологическая документация.

- 3) Перспективный ТП разрабатывается как информационная основа для разработки рабочих ТП при техническом и организационном перевооружении производства. Рассчитан на применение более совершенных методов обработки, более производительных и экономически эффективных средств технологического оснащения и изменение принципов организации производства.

в) Классификация ТП по назначению:

- 1) Предварительный ТП разрабатывается на изготовление (обработку, сборку, монтаж, испытание) опытного образца (опытной партии) на основании КД.
- 2) Временный ТП применяется на предприятии в течение ограниченного периода времени в следующих случаях:
 - для обеспечения выпуска изделий на период временного отсутствия специального оборудования или оснастки, предусмотренных ТП;
 - для изготовления деталей по разовым заказам в незначительном количестве;
 - при изменении КД, когда необходимая при серийном производстве оснастка не изготовлена;
 - для доработки изготовленной детали при изменении КД, связанном с демонтажем, нарушением герметичности и т.п.;
 - для экспериментальной отработки новых ТП, требующих апробации;
 - изготовление технологических образцов.

Временный ТП ориентирован на минимальное использование специальной технологической оснастки и замены ее универсальной или универсально-переналаживаемой оснасткой при обязательном обеспечении своевременного изготовления,

качества и надежности изделий в соответствии с чертежом и техническими условиями.

- 3) ТП изготовления изделий серийного производства — это рабочий ТП, обеспечивающий выпуск необходимого количества качественных изделий в соответствии с чертежами, техническими условиями и являющийся наиболее экономичным и технически целесообразным.

ТП серийного производства разрабатывается на все детали и сборочные единицы, подлежащих серийному изготовлению после апробации предварительного ТП на основании КД, а также при усовершенствовании действующего ТП с учетом современных требований, передового опыта работы предприятий и конкретных производственных условий.

ТП серийного производства должен разрабатываться на основе директивного ТП в соответствии с заданным объемом выпуска изделий и с учетом:

- оптимального количества рабочей и контрольной оснастки, обеспечивающей высокое качество и минимальную трудоемкость изготовления, контроля качества изготовления узлов и агрегатов, применительно к данному типу и объему производства;
- механизации и автоматизации трудоемких процессов изготовления и контроля качества продукции;
- более широкого расчленения ТП, специализации операций с максимальным применением типовых или групповых ТП.

- г) Классификация ТП по освоенности:

- 1) Освоенный ТП — это применяемый в отрасли ТП, содержащий прогрессивные методы изготовления деталей и сборочных единиц с заданными свойствами.

- 2) К новым ТП относятся:

- процессы, содержащие ранее не применяемые методы изготовления, на которые отсутствует отраслевая нормативная или методическая документация;
- процессы обработки новых конструкционных материалов;
- процессы, освоенные в промышленности, но ранее не применявшиеся на предприятии-изготовителе.

Содержание информации и степень детализации описания ТП зависит, в том числе, от освоенности ТП.

- д) Классификация ТП по степени детализации описания:

- 1) Маршрутное описание ТП — оформляется МК, в которой устанавливаются перечень и последовательность технологических операций, тип оборудования, на котором эти операции будут выполняться; применяемая оснастка; укрупненная норма времени без указания переходов и режимов обработки.

- 2) Операционное описание ТП — в данном случае в МК указывается только название (краткое или полное) операций со ссылками на операционные карты (ОК). Для всех операций в ОК дается полное описание по переходам с технологическими режимами.

Запись информации о применяемых в операции технологических документов следует выполнять в МК — в документе, где содержится основная информация о выполняемой операции.

В документах, где содержится основная информация о выполняемой операции, приводятся соответствующие ссылки на обозначение документов, которыми должен руководствоваться исполнитель при выполнении операции. К таким документам относятся технологические инструкции, инструкции по охране труда и т.п.

3) Маршрутно-операционное описание ТП

МК выполняет роль сводного документа, содержащего данные в технологической последовательности по всем операциям конкретного процесса с указанием операций, состава документов, используемых при выполнении операций, оборудования и норм времени.

В соответствующей ОК описывается определенная часть процесса с применением операционного описания.

При использовании маршрутно-операционного описания выбор и определение состава операций, подлежащих операционному описанию, устанавливаются разработчиком, согласуется с инженером-технологом, исходя из следующих условий:

- сложность выполнения операций;
- необходимость описания операций по переходам;
- необходимость указания данных по режимам обработки;
- сложность наладки и настройки применяемого оборудования.

1.7.1.3. Функциональное описание процесса проектирования технологических процессов изготовления деталей

Сложности, связанные с автоматизацией процесса проектирования ТП изготовления деталей, возникают из-за того, что задачи, решаемые на этапе ТПП, имеют множество альтернативных решений, которые зависят от производственных условий. Например, выбор маршрута изготовления не содержит данных о методе проектирования процессов изготовления сложных деталей, которые могли бы быть представлены математическими операциями, реализуемыми в виде программ для ЭВМ. Кроме того, выбор последовательности действий и средств для изготовления детали не может быть выведен математическим образом на основе исходных данных.

При автоматизации проектирования необходимо обеспечить построение различных видов математических моделей рассматриваемых объектов [29], среди которых наиболее сложным является сам процесс проектирования.

При этом способ формирования технологической документации может быть выражен с помощью аппарата математической логики. Содержание ТП, характеризуемое рядом свойств объектов технологии, описано средствами теории множеств, а качественные отношения могут быть представлены количественными зависимостями с помощью логических функций

Исходя из анализа применяемых методов моделирования можно сделать вывод, что наиболее информативными являются модели системы, в которой пользователю известна лишь входная и выходная информация этой системы. При этом неизвестным (многовариантным) остается процесс формирования выходных данных [30]. Этот подход называется методом «черного ящика». На рисунке 6 рассмотрен процесс проектирования ТП с точки зрения исходных данных, подаваемых на вход системе, а также результирующей информации, получаемой на выходе.

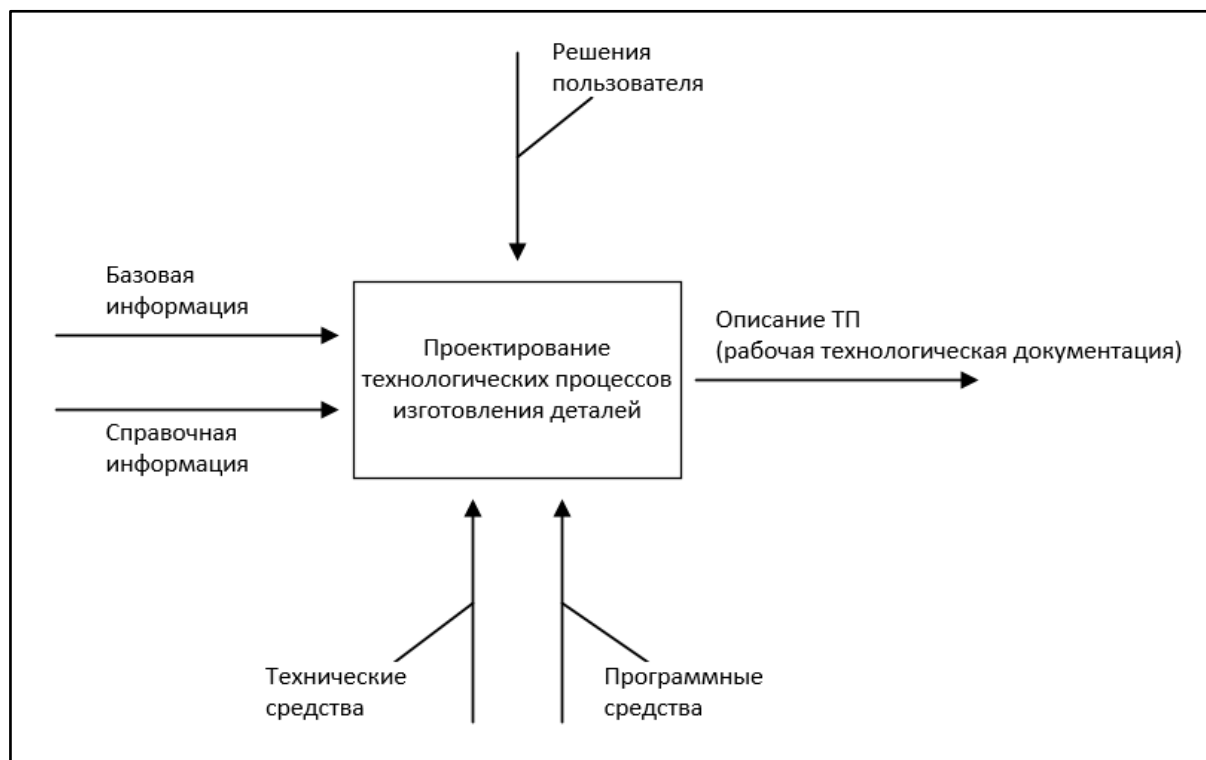


Рисунок 6 — Функциональная модель процесса проектирования ТП

Входными данными в рассматриваемых системах являются КД и различные виды справочной информации. Выходная информация во внутренней форме представляет собой технологическую документацию в соответствии со стандартами.

При автоматизации проектирования ТП перерабатываются большие объемы информации. Эффективность процесса проектирования во многом зависит от рационального представления исходной информации с точки зрения ее полноты и избыточности [26].

Исходная информация для проектирования ТП делится на базовую и справочную.

Базовая информация для проектирования ТП включает: данные, содержащиеся в КД на деталь; программу выпуска, определяющую тип производства; сведения о наличии средств технологического оснащения, производственных площадях и т.п. (при проектировании ТП для действующих заводов и цехов).

Справочная информация включает данные, содержащиеся:

- в документации на действующие типовые технологические процессы по данному виду обработки; описаниях прогрессивных методов обработки;
- в каталогах, номенклатурных справочниках прогрессивного технологического оборудования и оснастки; материалах по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расхода материала и др.);
- в методических материалах по управлению и расчетам точности процессов обработки;
- в материалах и трудовых нормативах (в том числе общемашиностроительных и отраслевых нормативах времени для нормирования технологической трудоемкости).

Результатом проектирования ТП является соответствующая документация, представленная в таблице 5.

Таблица 5 – Основные технологические документы

Вид документа	Обозначение документа	Назначение документа
Документы общего назначения		
Титульный лист	ТЛ	Оформление первого листа комплекта технологических документов
Карта эскизов	КЭ	Пояснение выполнения ТП, операции или перехода
Документы специального назначения		
Маршрутная карта	МК	Описание ТП маршрутного или маршрутно-операционного представления, либо указание полного состава технологических операций с данными об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах
Карта технологического процесса	КТП	Описание операционного ТП в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах
Карта типового технологического процесса	КТТП	Описание операционного ТП в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах
Операционная карта	ОК	Описание технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах
Карта типовой операции	КТО	Описание типовой технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах
Карта наладки	КН	Указание дополнительной информации к ТП (операциям) по наладке средств технологического оснащения

Состав и форма технологической документации определяются государственными стандартами, а также внутренними стандартами предприятия.

С функциональной точки зрения, значение блока проектирования ТП также велико. Разработанные ТП определяют методы обеспечения точности при изготовлении деталей, форму организации производства и, следовательно, трудоемкость процессов. Виды заготовок и припуски на их обработку характеризуются коэффициентом использования мате-

риала при механической обработке. Разработка типовых ТП в значительной степени определяет объем работ по всем задачам ТПП. Объем работы, выполняемой в конструкторских и технологических бюро предприятия прямо пропорционально зависит от уровня оснащенности, видов применяемой технологической оснастки и специального инструмента. Технически-обоснованные нормы времени выполнения технологических операций и переходов фактически определяют себестоимость детали.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработка ТП является одной из основных функций подготовки производства. Следовательно, повышение эффективности процесса проектирования технологии изготовления деталей способствует повышению качества выпускаемой продукции, при этом уменьшая величину производственных издержек предприятия.

1.7.2. Особенности нормирования электронных технологических процессов изготовления деталей

1.7.2.1. Основные виды норм времени выполнение работ

В основе информационной поддержки управления трудовыми ресурсами лежит расчет трудозатрат [31]. Нормирование труда заключается в установлении нормы затрат рабочего времени на выполнение определенной работы. Нормы времени должны быть оптимальными и динамичными, т.е. соответствовать условиям труда и производства и, в случае их изменения, корректироваться.

В связи с этим нормирование труда является процессом многоплановым и его содержание включает следующие виды работ:

- разработка норм времени для основных рабочих, выполняющих технологические операции, на основе применения нормативов по труду, т.е. расчленения ТП на технологические операции (в мелкосерийном и единичном производстве); на приемы (в серийном производстве); на трудовые действия и трудовые движения (в массовом производстве);
- разработка норм времени для вспомогательных рабочих, служащих и руководителей с использованием имеющихся нормативов времени и составлением новых;
- анализ состояния нормирования труда — для него выполняется оценка прогрессивности норм труда с целью выявления устаревших норм, требующих замены или пересмотра.

Перечисленные выше виды работ требуют постоянного обновления нормативов, для чего необходимы современные информационные технологии, обеспечивающие высокое качество норм времени.

В свою очередь, нормы времени являются базисом, основой менеджмента организации, и от их качества зависит обоснованность управленческих решений [27].

Функции норм времени как инструмента менеджмента организации заключаются в следующем:

- нормы времени используются для планирования основных технико-экономических показателей деятельности организации: численности рабочих по категориям и

профессиям и их заработной платы; производственной мощности и производственной программы; количество оборудования и других объектов основных фондов;

- нормы времени являются необходимым звеном организации труда, поскольку на их основе определяется состав и число бригад, организуется многостаночное обслуживание и совмещение профессии, выполняется расстановка кадров на предприятии;
- нормы времени используются при организации оплаты труда, прежде всего рабочих-сдельщиков, поскольку их сдельный заработок зависит от сдельной расценки (оплаты за единицу выполненной работы) как функции нормы времени.

В России в настоящее время на авиастроительных предприятиях формируются предпосылки для совершенствования нормирования труда, для разработки технически-обоснованных норм времени и устранения на этой основе «перекосов» в организации труда и бизнес-планировании.

Преодоление кризисного состояния нормирования труда возможно при условии использования богатой нормативной базы, разработанной в 70-80-е годы НИИ труда и Центральным бюро нормативов по труду, а также ее обновления на основе возможностей современных информационных технологий.

Нормирование труда включает в себя различные системы классификации норм времени. Так, методическими рекомендациями по нормированию труда была предусмотрена классификация:

- а) По методам установления норм затрат труда:
 - 1) установленные аналитическим методом;
 - 2) установленные суммарным методом.
- б) По назначению:
 - 3) для использования в организации и стимулировании труда, оперативно-производственном планировании;
 - 4) для использования в перспективном планировании.
- в) По периоду действия:
 - 5) без определенного срока их действия;
 - 6) на определенный срок действия.
- г) По форме организации труда исполнителей:
 - 7) для отдельных работников;
 - 8) для коллектива работников.
- д) По форме выражения затрат труда в нормах:
 - 9) нормы выработки;
 - 10) нормы численности;
 - 11) нормы обслуживания.

Норма времени — это величина затрат рабочего времени, устанавливаемая для выполнения единицы работы работниками соответствующей квалификации в определенных организационно-технических условиях.

Основные формулы расчета норм времени выполнения операций в зависимости от типа производств представлены в таблице 6.

Таблица 6 — Зависимость норм времени от типа производства

№ п/п	Формула расчета нормы времени выполнения работ	Описание переменных
а)	Обобщенная формула расчета: $T_{\text{шк}} = T_o + T_v + T_{ob} + T_{от} + T_{пт} + T_{пз}^{\text{ед}}$	$T_{\text{шк}}$ — штучно-калькуляционное время; T_o — основное время; T_v — вспомогательное время; T_{ob} — время обслуживания рабочего места; $T_{от}$ — время на отдых и личные потребности; $T_{пт}$ — время регламентированных перерывов по организационно-техническим причинам; $T_{пз}^{\text{ед}}$ — подготовительно-заключительное время на единицу работы.
б)	Обобщенная формула расчета: $T_{\text{шк}} = T_{\text{ш}} + \frac{T_{пз}}{n}$	$T_{\text{ш}}$ — штучное время; $T_{пз}$ — подготовительно-заключительное время на партию деталей; n — размер партии однотипны деталей, ед.
в)	Формула расчета для условий массового и крупносерийного производства: $T_{\text{ш}} = (T_o + T_v) \left(1 + \frac{\alpha_{обс} + \alpha_{отл} + \alpha_{прт}}{100} \right) + T_o \frac{\beta_{\text{тех}}}{100}$	$T_{\text{ш}}$ — штучное время; T_o — основное время; T_v — вспомогательное время; $\alpha_{обс}$ — время организационного обслуживания рабочего места; $\alpha_{отл}$ — время на отдых и личные надобности; $\alpha_{прт}$ — время перерывов, обусловленных технологией и организацией производственного процесса, выраженное в % к оперативному времени; $\beta_{\text{тех}}$ — время технического обслуживания рабочего места, выраженное в % к основному времени (общее время обслуживания рабочего места, определенное в % к оперативному времени)
г)	Формула расчета для условий среднесерийного и мелкосерийного производства: $T_{\text{ш}} = T_{оп} \left(1 + \frac{\alpha_{обс} + \alpha_{отл} + \alpha_{прт}}{100} \right)$	$T_{\text{ш}}$ — штучное время; $T_{оп}$ — оперативное время; $\alpha_{обс}$ — время организационного обслуживания рабочего места; $\alpha_{отл}$ — время на отдых и личные надобности; $\alpha_{прт}$ — время перерывов, обусловленных технологией и организацией производственного процесса, выраженное в % к оперативному времени

Исходные данные для расчета норм времени выполнения работ

Производственные и трудовые ресурсы отличаются большим многообразием. Соответственно и нормы времени должны учитывать:

- технические факторы (характеристики оборудования и предметов труда, технологию производства);
- организационные факторы (формы разделения и кооперации труда, совмещения профессий, организации рабочего места и его обслуживания, методы и приемы труда);

- факторы, зависящие от исполнителя работы (квалификация рабочего, стаж работы);
- характеристики обрабатываемого материала, а также требуемое качество изготавливаемой продукции.

Многообразие факторов, влияющих на величину затрат труда, обобщено в классификации, разработанной НИИ труда.

В то же время при наличии большого разнообразия выполняемых работ они могут быть разделены на отдельные элементы (приемы, трудовые действия, движения), повторяющиеся в большинстве работ. На основе такой дифференциации построены типовые проекты организации рабочих мест, карты организации труда, а также создана база для нормирования труда на типовой основе в виде нормативных материалов [32].

Исходными данными для расчета норм времени технологических операций и переходов является нормативная база для нормирования труда, которая была создана в централизованном порядке НИИ труда и отраслевыми НИИ для типичных или стандартных условий труда.

Нормативные материалы для нормирования труда представляют собой совокупность типовых норм времени. Они разрабатываются применительно к различным вариантам усредненных или типизированных организационно-технических условий выполнения работы для многократного использования при расчете норм затрат труда. Эта информация является исходной для разработки норм времени в конкретных условиях производства.

Кроме того, нормативные материалы разрабатываются специальными нормативно-исследовательскими организациями (за исключением местных нормативных материалов), а нормы времени — предприятием.

По сфере применения существуют нормативы межотраслевые (общемашиностроительные), отраслевые и местные. Межотраслевые нормативы устанавливаются на работы, однотипные по содержанию и выполняемые в различных отраслях экономики (например, станочные, сварочные, кузнечные, слесарные и др.). Оптимальный уровень охвата межотраслевыми нормативами составляет 85 %.

Отраслевые нормативы разрабатываются на работы, выполняемые в определенной предметной области с учетом технико-экономических особенностей.

Местные нормативы устанавливаются на работы, не отраженные в межотраслевых и отраслевых нормативах, но являющиеся характерными для данного предприятия.

По видам регламентирования величин различают нормативы режимов работы оборудования, нормативы затрат труда, нормативы регламентированных перерывов в работе.

Нормативы режимов работы оборудования — регламентированные величины режимов работы оборудования, направленные на наиболее целесообразное его использование и зависящее от вида и мощности оборудования, характеристики применяемых материалов, инструмента, класса точности, чистоты обработки, технологии изготовления продукции и др.

Так, нормативы режимов обработки деталей на токарных станках, с учетом вышеназванных факторов, содержат значения глубины резания, скорости подачи инструмента, скорости вращения шпинделя станка и т.д. Нормативы режимов работы оборудования разрабатываются на основе выявления его технологических возможностей при проведении исследований. По этим нормативам в соответствии с выбранным режимом работы определяют машинно-автоматическое и машинно-ручное время выполнения работы.

Нормативы времени — это регламентированные затраты времени на выполнение отдельных технологических переходов на трудовые движения, трудовые действия, приемы (дифференцированные нормативы) и на комплекс трудовых приемов (укрупненные нормативы). По видам затрат рабочего времени различают нормативы основного, вспомогательного, оперативного времени и времени обслуживания рабочего места. Нормативы времени устанавливаются для типичных, часто повторяющихся технологических переходов (например, установка, закрепление и снятие детали при работе на станке). В этом случае, в качестве факторов, влияющих на норму времени, приняты вес детали, способы ее установки и закрепления. Нормативы вспомогательного времени на приемы управления токарным станком в условиях серийного производства (включение и выключение вращения шпинделя, изменение числа оборотов, числа подачи, поворот резцовой головки и др.) установлены в зависимости от способа их выполнения, расстояния перемещения и диаметра изделия.

Нормативы обслуживания рабочего места и подготовительно-заключительного времени определяются на основе фотографий рабочего дня [28].

Нормативы численности — это регламентированная численность работников для выполнения единицы или определенного объема работ. Они используются при расчете нормативной численности для выполнения конкретного объема работ. Нормативы численности представляют собой линейные или степенные зависимости влияния различных факторов на численность персонала.

Нормативы технологической трудоемкости представляют собой затраты труда основных производственных рабочих, как сдельщиков, так и повременщиков.

Нормативы трудоемкости обслуживания — это затраты труда рабочих основного и вспомогательного производств на осуществление подготовительных работ.

Нормативы трудоемкости управления — это регламентированные затраты труда специалистов, служащих и руководителей в целом и по функциям управления.

Нормативы полной трудоемкости представляют собой регламентированные затраты труда всех категорий промышленно-производственного персонала.

По степени точности, как допустимому отклонению норм и нормативов от фактических затрат труда, нормативы различаются в зависимости от типа производства.

Требуется обеспечение следующей точности нормативов [33]:

- массовое производство — 3-5 %;
- крупносерийное производство — 5-8 %;
- серийное производство — 8-10 %;
- мелкосерийное и единичное — 10-20 %.

По формам представления, нормативы существуют в виде таблиц с численными значениями норм времени, номограмм и графиков, коэффициентов с обязательным указанием типов производства, для которых предназначены нормативы [33].

Методы расчета норм времени выполнения работ

Метод расчета норм времени технологических операций и переходов — это совокупность приемов, обеспечивающих разработку норм труда: анализ трудового процесса; проектирование рационального состава операции; расчет норм труда [26].

Методы расчета норм времени технологических операций и переходов классифицируются в соответствии со схемой, представленной на рисунке 7.

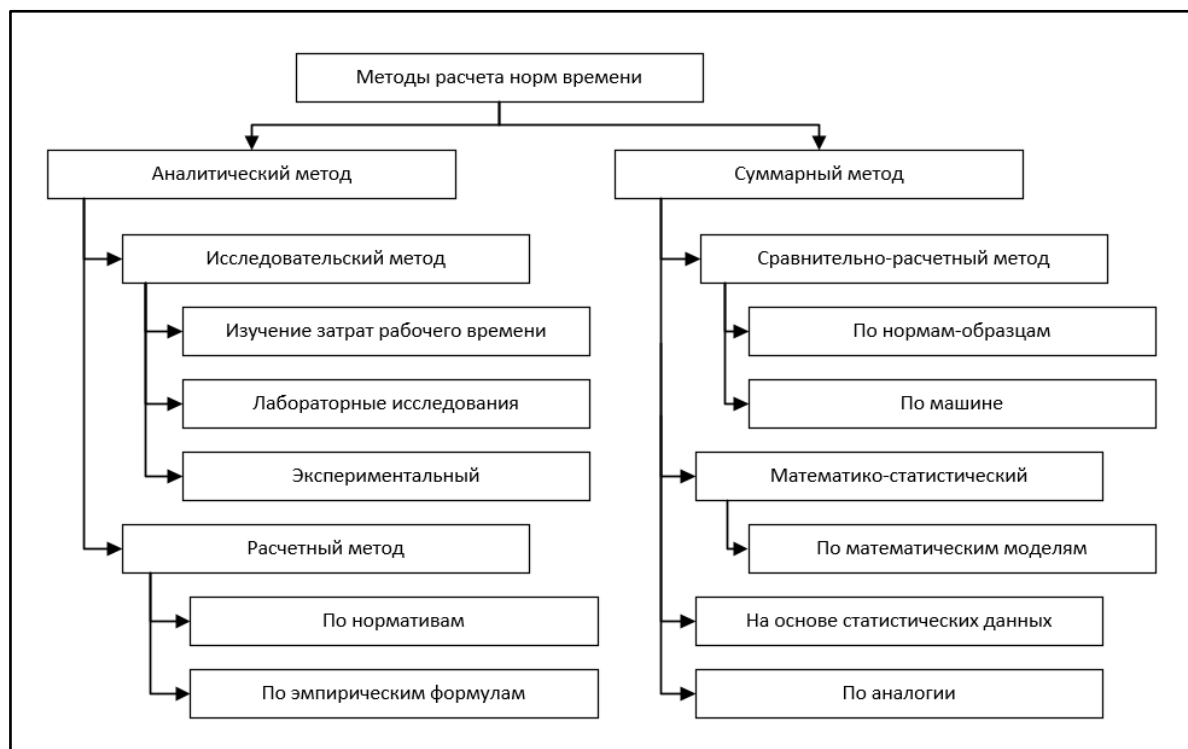


Рисунок 7 — Классификационная схема методов расчета норм времени

Аналитический метод нормирования технологических операций и переходов предусматривает [34]:

- предварительный анализ технологического процесса;
- разделение операции на составные части — приемы, действия, движения;
- выявление факторов, влияющих на продолжительность выполнения каждого элемента, и определение условий, при которых время его выполнения будет минимальным;
- проектирование рационального состава и последовательности выполнения элементов;
- проектирование рациональных режимов работы оборудования и организации труда;
- расчет продолжительности выполнения каждого технологического перехода и операции в целом.

Аналитический метод нормирования труда имеет две разновидности: аналитически-расчетный и аналитически-исследовательский. Они различаются методикой определения норм времени на выполнение технологического перехода.

Аналитически-расчетный метод основан на определении норм времени с помощью нормативов по труду (режимов работы оборудования, времени и др.) и последующего суммирования норм времени по переходам для определения нормы времени на всю технологическую операцию.

Аналитически-исследовательский метод также предполагает установление норм времени на каждый переход, но определение их осуществляется на основе наблюдений за выполнением операции на рабочем месте с помощью фотографии рабочего времени и хронометража.

Этот метод характеризуется высокой трудоемкостью. Ориентировочная трудоемкость установления нормы времени на основе наблюдений составляет 40-45 чел/ч (три фотографии, три хронометража, расчеты) и в 5 раз выше по сравнению с определением нормы по нормативам [27].

Нормы, установленные на основе аналитического метода, называют технически-обоснованными.

Суммарный метод предполагает установление норм труда без разделения процесса на переходы и проектирования рациональной организации труда. По этому признаку к числу суммарных методов можно отнести и сравнительно-расчетный метод, поскольку в нем используется сравнение конструктивных и технологических параметров (размеров, сложности) нормируемого объекта труда с параметрами типовых норм. Однако такое сравнение может проводиться как для операции в целом, так и по укрупненным комплексам приемов с использованием укрупненных нормативов или типовых норм [29]. В связи с этим сравнительно-расчетный метод занимает промежуточное положение между аналитическим и суммарным методами. Он применяется для оперативного установления норм на небольшое количество объектов труда в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Математико-статистический метод как разновидность суммарных методов используется для нормирования не отдельных операций и переходов, а определенных работ (например, нормы времени на один конструкторский лист в зависимости от группы сложности, степени новизны и других факторов), численности работников (исходя из сменности работы, типа производства и других факторов), количества обслуживаемых объектов. Для установления норм, как правило, используются парные или многофакторные корреляционные модели.

Опытный метод основан на производственном опыте людей, поскольку нормы времени устанавливает нормировщик, начальник цеха или мастер производственного участка. Такой способ является субъективным и всегда ведет к ошибкам в определении нормы времени на работу, так как ее точность зависит только от опыта и квалификации нормировщика, устанавливающего норму. Чаще всего нормы времени завышаются, что не стимулирует рост производительности труда. Единственное достоинство этого метода — низкая трудоемкость.

Несколько лучше опытного статистический метод, когда нормы устанавливают на основе статистических данных о средних фактических затратах труда на эту же работу в прошлые периоды, а также на основании сведений о выполнении норм выработки рабочими в тот же период. Но и статистические нормы часто устанавливаются средневзвешенно, не учитывая возможности того или иного рабочего места.

И опытные, и статистические нормы рассчитывают аналогично, используя одну и ту же разновидность суммарного метода — установление норм на основе данных о фактических затратах в прошлых периодах на такую же или аналогичную работу.

Опытно-статистическое нормирование не является научным, а опытно-статистические нормы, как правило, занижены и не соответствуют сложившимся организационно-техническим условиям, не учитывают опыт новаторов производства и поэтому слабо обеспечивают опережающий рост производительности труда по сравнению со средней заработной платой. У рабочих в этих условиях не возникает потребности выявлять и применить внутрипроизводственные резервы, лучше использовать рабочее время. Это

относится к рабочим-сдельщикам и еще в большей мере — к повременщикам, разного рода вспомогательным рабочим, служащим, работникам непроизводственных отраслей народного хозяйства.

Для нормирования трудозатрат используется также комбинация методов, основанная на эмпирических формулах и на нормативах.

1.7.2.2. Определение набора параметров, характеризующих ЭТП

Для получения набора исходных данных для проектирования ЭТП требуется обеспечить взаимодействие САПР ТП и PDM-системы.

Исчерпывающий перечень параметров (исходных данных) для проектирования ЭТП с указанием источников данных приведен в таблице 7.

При разработке ЭТП изготовления детали конкретной ревизии конструкторской документации используются единые исходные данные, которые автоматически предоставляются разработчику технологической документации по запросу через электронную модель детали.

Таблица 7 — Набор параметров, характеризующих ЭТП

Наименование параметра, характеризующего ЭТП	Пример данных	Требования к источникам данных
<i>Титульный лист</i>		
Краткое наименование или условное обозначение предприятия	АО «Авиастар-СП»	-
Обозначение изделия (детали, сборочной единицы) по конструкторскому документу — на единичный технологический процесс	47601.0851.355.000	PDM-система
Литера, присвоенная документу в соответствии с СТП 687.01.0951	А	-
Наименование изделия (детали) по конструкторскому документу — на единичный технологический процесс	Кронштейн	PDM-система
Наименование группы изделий, характеризующихся общностью конструктивных признаков — на типовой технологический процесс	Детали из прессованного профиля и профилей, изготовленных методом стесненного изгиба из листовых заготовок	САПР ТП
Наименование применяемого метода — на групповой технологический процесс		САПР ТП
Отметка о замене или введении вновь листов документа по ГОСТ 3.1103 При размещении в строке извещения на запуск — прочерк	в/в	-
Порядковый номер изменения документа		САПР ТП
Обозначение (номер) извещения	242.0077	PDM-система

Наименование параметра, характеризующего ЭТП	Пример данных	Требования к источникам данных
Инвентарный номер подлинника		САПР ТП
Инвентарный номер подлинника, взамен которого выпущен данный подлинник		САПР ТП
Инвентарный номер дубликата		САПР ТП
Обозначение номера изделия (серии машины), с которого вводится данный документ	476; 0104-0105	PDM-система
Обозначение основного документа, куда входит данный документ. Для ТП — обозначение технологического процесса	242.687.01101.00177	PDM-система
Краткое наименование документа или технологического метода обработки	Детали гнутые на станках ПГР, FEV-20, V-80 из B95T1, B95T2, B95AM	САПР ТП
Номер акта внедрения ТП	245/015 от 01 марта 2016 г.	САПР ТП
Наименование ТП	Изготовление кронштейна	САПР ТП
Номер цеха	214	PDM-система
Подписи, фамилии должностных лиц, согласующих документ, и дата подписания документа	Начальник ТБ — Иванов И.И.	PDM-система
<i>Лист регистрации проверок</i>		
Дата проверки	01.03.2016	-
Номер и наименование документа	ЛП 242.687.01101.00177	САПР ТП
Результаты проверки	Текстовое описание результатов проверки ТП	САПР ТП
Должность и фамилия проверяющего	Начальник ТБ — Иванов И.И.	PDM-система
<i>Лист регистрации изменений</i>		
Обозначение технологического процесса	242.687.01101.00177	PDM-система
Номер документа		САПР ТП
Входящий номер сопроводительной документации		САПР ТП
Подпись, фамилия и дата	Ведущий технолог — Петров В.В., 01.03.2016	PDM-система
<i>Лист ознакомления</i>		
Номер документа		САПР ТП
Номер документа/приказ/распоряжение/извещение об изменении		САПР ТП
Подпись, фамилия и дата	Ведущий технолог — Петров В.В., 01.03.2016	PDM-система

Наименование параметра, характеризующего ЭТП	Пример данных	Требования к источникам данных
<i>Акт внедрения обработки детали на станке с ЧПУ</i>		
Цех	250	PDM-система
Номер акта	507	САПР ТП
Дата	01.03.2016	-
Номер технологического процесса	ТП_47601.0851.355.000	САПР ТП
Обозначение детали	47601.0851.355.000	PDM-система
Наименование детали	Кронштейн	PDM-система
Извещение (версия ЭМД)	МФ476.08.001336_V2	PDM-система
Серия действия КД	0102-0104	PDM-система
Модель станка	ФП27Н3	САПР ТП
Система ЧПУ	NC210	САПР ТП
Заготовка	Поковка	САПР ТП
Номер управляющей программы	1010	САПР ТП
Т. прогр. (мин)	315	Siemens NX
ФИО разработчика, подпись	Семахина А.И.	PDM-система
ФИО начальника РТБ, подпись	Сидоров А.В.	PDM-система
ФИО технолога цеха, подпись	Петров А.Г.	PDM-система
ФИО оператора (наладчика), подпись	Митина Г.А.	PDM-система
ФИО начальника БТК, подпись	Маркова И.П.	PDM-система
ФИО начальника БТЗ, подпись	Игнатова М.А.	PDM-система
ФИО начальника цеха, подпись	Котляров В.А.	PDM-система
Номер машины	102	PDM-система
ФИО мастера цеха, подпись	Краснов М.С.	PDM-система
<i>Карточка учета отработки УП детали</i>		
Номер карточки	507	САПР ТП
Номер детали	47601.0851.355.000	PDM-система
Номер управляющей программы	1010	САПР ТП
Т. маш. (мин)	315	Siemens NX
Коэффициент внедрения	01.май	САПР ТП
Вид заготовки	Поковка	САПР ТП
ФИО разработчика, подпись	Семахина А.И.	PDM-система
Номер машины	102	PDM-система
ФИО мастера цеха, подпись	Краснов М.С.	PDM-система
ФИО технолога цеха, подпись	Петров А.Г.	PDM-система

Наименование параметра, характеризующего ЭТП	Пример данных	Требования к источникам данных
<i>Операционная карта</i>		
Код единицы величины / единицы измерения величины	кг	PDM-система
Масса детали по конструкторскому документу	12	PDM-система
Профиль и размеры исходной заготовки. Информацию по размерам следует указывать исходя из условий имеющихся размеров заготовки (длины, ширины, высоты)	1000×2500×100	PDM-система
Масса заготовки	20	PDM-система
Количество одновременно обрабатываемых деталей	1	САПР ТП
Норма подготовительно-заключительного времени на операцию	10	САПР ТП
Норма штучного времени на операцию	20	САПР ТП
Особые указания (Содержание перехода)	Заготовку зажать в тиски за 10 мм	САПР ТП
Номер позиции инструментальной наладки	T1	САПР ТП
Расчетный размер обрабатываемого диаметра (ширины) детали	30	Siemens NX
Глубина резания	3	Siemens NX
Ширина резания	5	Siemens NX
Подача, мм/об.	320	Siemens NX
Число оборотов шпинделя в минуту	8000	Siemens NX
Скорость резания, м/мин.	502	Siemens NX
Наименование операции	Фрезерная с ЧПУ	САПР ТП
Краткая форма записи наименования и марки материала по ГОСТ 3.1129—93 и ГОСТ 3.1130—93	1163T1	PDM-система
Твердость материала заготовки, поступившей для обработки	207	PDM-система
Краткое наименование или модель оборудования	ФП27НЗ ЧПУ NC210	САПР ТП
Обозначение программы в соответствии с требованиями отраслевых НТД	32011	САПР ТП
Норма основного времени	87	САПР ТП
Норма вспомогательного времени	15	САПР ТП
Информация по применяемой смазочно-охлаждающей жидкости	Cimstar 620	САПР ТП
Разработал	Гаспарян Р.С.	САПР ТП
Проверил	Бухенский Н.В.	САПР ТП
Н.контроль	Бухенский Н.В.	САПР ТП
Цех изготовитель	254	САПР ТП

Наименование параметра, характеризующего ЭТП	Пример данных	Требования к источникам данных
<i>Карта наладки</i>		
Номер позиции инструментальной наладки	5	САПР ТП
Обозначение оборудования, устройства ЧПУ	ФП27НЗ ЧПУ NC210	САПР ТП
Вспомогательный и режущий инструмент (код, наименование)	Фреза SGS-47MB_44579	САПР ТП
Номер корректора	5	САПР ТП
Длина вылета инструмента	64	САПР ТП
Общая длина	156.4	САПР ТП
Диаметр инструмента	25	САПР ТП
Радиус скругления	R5	САПР ТП
Количество зубьев по торцу	2	САПР ТП
Время резания	10	Siemens NX
Извещение (версия ЭМД)	МФ476.08.001336_V2	PDM-система
Изделие	476	PDM-система
Серия действия КД	0102-0104	PDM-система
Обозначение детали	47601.0851.355.000	PDM-система
Номер программного ТП	123.687.62142.57271	САПР ТП
Разработал	Гаспарян Р.С.	САПР ТП
Проверил	Бухенский Н.В.	САПР ТП
Н.контроль	Бухенский Н.В.	САПР ТП
<i>Карта эскизов</i>		
Обозначение детали	47601.0851.355.000	PDM-система
Номер программного ТП	123.687.62142.57271	САПР ТП
Разработал	Гаспарян Р.С.	САПР ТП
Проверил	Бухенский Н.В.	САПР ТП
Н.контроль	Бухенский Н.В.	САПР ТП
Изделие	476	PDM-система
Файл ЭМ	47601.5771.010.000	PDM-система
Файл ЭМ СТО	687.20142.55647	PDM-система
Номер установка	1	САПР ТП
Номер эскиза	1	САПР ТП
Эскиз	Рисунок	Siemens NX

Наименование параметра, характеризующего ЭТП	Пример данных	Требования к источникам данных
<i>Маршрутная карта</i>		
Краткое наименование или условное обозначение предприятия	АО «Авиастар-СП»	-
Обозначение изделия (детали, сборочной единицы) по конструкторскому документу — на единичный технологический процесс	47601.0851.355.000	PDM-система
Литера, присвоенная документу в соответствии с СТП 687.01.0951.	А	-
Наименование изделия (детали) по конструкторскому документу — на единичный технологический процесс	Кронштейн	PDM-система
Наименование группы изделий, характеризующихся общностью конструктивных признаков — на типовой технологический процесс	Детали из прессованного профиля и профилей, изготовленных методом стесненного изгиба из листовых заготовок	САПР ТП
Характер работы, выполняемой лицами, подписывающими документ	Отладка	САПР ТП
Фамилии лиц, участвующих в разработке и оформлении документа	Иванов И.И., Петров П.П., Сидоров С.С.	САПР ТП
Номер цеха, в котором выполняется операция	223	PDM-система
Номер операции в технологической последовательности изготовления или ремонта изделия	15	САПР ТП
Код операции	4260	САПР ТП
Наименование операции	Фрезерная	САПР ТП
Обозначение документов, инструкции по охране труда, применяемых при выполнении данной операции	ИОТ 150.0159	PDM-система
Код оборудования	1611335001	САПР ТП
Краткое наименование оборудования	Вертикально-фрезерный станок 6Р13	САПР ТП
Код профессии по классификатору ОКПДТР	19479	САПР ТП
Разряд работ	3	САПР ТП
Код условий труда	21	САПР ТП
Количество исполнителей, занятых при выполнении операции	1	САПР ТП
Единица нормирования, на которую установлена норма расхода материала	1	PDM-система
Норма подготовительно-заключительного времени на операцию	6,25	САПР ТП
Норма штучного времени на операцию	2,12	САПР ТП

Наименование параметра, характеризующего ЭТП	Пример данных	Требования к источникам данных
Обозначение подразделения (склада и т.п.), откуда поступают комплектующие детали, сборочные единицы и материалы; при разборке — куда поступают	1456	PDM-система
Код единицы величины	127	PDM-система
Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке изделия; при разборке — количество получаемых	2	PDM-система
Норма расхода материала	1,5	PDM-система
<i>Ведомость оснастки</i>		
Номер цеха, в котором применяется данная технологическая оснастка, оборудование	223	PDM-система
Номер участка, на котором применяется данная технологическая оснастка	12	САПР ТП
Номер операции, на которой применяется данная технологическая оснастка	15	САПР ТП
Наименование операции	Фрезерная	САПР ТП
Код технологической оснастки	121.1454.0001	PDM-система
Количество технологической оснастки одного обозначения, применяемой на операции	2	САПР ТП
Наименование технологической оснастки	Штамп чеканочный	PDM-система
<i>Ведомость оборудования</i>		
Номер цеха, в котором применяется данное оборудование	223	PDM-система
Номер цеха, в котором применяется данное оборудование	12	САПР ТП
Номер рабочего места, на котором применяется данное оборудование	12354	САПР ТП
Номер операции, на которой применяется данное оборудование	15	САПР ТП
Наименование операции	Фрезерная	САПР ТП
Код оборудования	1611335001	САПР ТП
Краткое наименование оборудования	Вертикально-фрезерный станок 6P13	САПР ТП
<i>Протокол нормирования</i>		
Краткое наименование или условное обозначение предприятия	АО «Авиастар-СП»	-
Обозначение изделия (детали, сборочной единицы) по конструкторскому документу — на единичный технологический процесс	47601.0851.355.000	PDM-система
Литера, присвоенная документу в соответствии с СТП 687.01.0951	А	-
Наименование изделия (детали) по конструкторскому документу — на единичный технологический процесс	Кронштейн	PDM-система

Наименование параметра, характеризующего ЭТП	Пример данных	Требования к источникам данных
Номер технологической операции	15	САПР ТП
Номер технологического перехода	40	САПР ТП
Код модели нормирования технологического перехода	123210	САПР ТП
Шифр сборника нормативов времени выполнения работ	ЗШ_04	САПР ТП
Номер карты из сборника нормативов времени выполнения работ	Карта 015	САПР ТП
Номер позиции согласно карте из сборника нормативов времени выполнения работ	П001	САПР ТП
Обозначение фактора нормирования технологического перехода	P	САПР ТП
Значение фактора нормирования технологического перехода	4	САПР ТП

1.7.2.3. Определение ключевых факторов, влияющих на производственно-технологическое планирование

Процесс производственно-технологического планирования напрямую зависит от качества исходных данных, формируемых на этапе технологического проектирования. Основные факторы, влияющие на производственно-технологическое планирование, представлены ниже:

Группа факторов	Наименование факторов		
Номенклатурный план	Номер детали	Код изделия	
		Серия введения	
		Серия ограничения	
		Цех поставщик	
		Цех изготовитель	
		Цех потребитель	
		Код участка (код группы мастера)	
		Материал	Код материала
			Норма расхода материала
		Оснастка	Состояние оснастки
			Цех изготовитель оснастки
	Плановая дата запуска	Сборочно-технологический комплект	
		Группа опережения	
		Подгруппа опережения	
		Приоритет партии запуска	

	Плано- вая дата выпуска	Плановое количество деталей				
		Трудоемкость изготовления детали	Производствен- ный цикл изго- товления детали	Технологи- ческий цикл из- готовления де- тали	Технологи- ческие опе- рации	Штучное время
					Вспомога- тельные опе- рации	Подготовительно- заключительное время
						Время транспорт- ных операций
						Время контроль- ных операций
				Время пере- рывов	Межоперационные перерывы	
					Межцеховые перерывы	
Междусменные перерывы						
Техноло- гический процесс	Номер цеха	Обозначение технологиче- ского процесса Наименова- ние техноло- гического процесса Версия детали	Операция	Код операции		
				Номер операции		
				Наименование операции		
			Время на вы- полнение опе- рации	Штучное время		
				Подготовительно-заключительное время		
			Последователь- ность выполне- ния операции	Номер технологического перехода		
				Содержание технологического перехода		
			Информация об исполнителе	Нормативная документация		
				Разряд работ		
				Условия труда		
				Код профессии рабочего		
				Количество рабочих		
			Ресурсы на вы- полнение опе- рации	Оборудование	Модель оборудования	
					Инвентарный номер	
					Номер группы технологического оборудования	
				Оснастка	Код изделия	
					Обозначение оснастки	
					Количество оснастки	
				Инструмент	Обозначение инструмента	
					Производитель	
					Нормативный документ	
				Материалы	Материалы основные	Код материала
						Наименование материала
						Масса заготовки
					Материалы вспомога- тельные	Код материала
						Наименование материала

1.8. Математическое описание механизмов влияния факторов на ключевые параметры производственно-технологических процессов

1.8.1. Математическая модель управления

Модель управления предприятием в существенной степени зависит от сложности моделируемого объекта: чем более крупное предприятие, чем больше в нем внутренних и внешних связей, тем сложнее построить адекватную модель управления. Основываясь на кибернетическом подходе, деятельность предприятия в общем случае можно описать в виде модели типа «черный ящик» (рисунок 8).

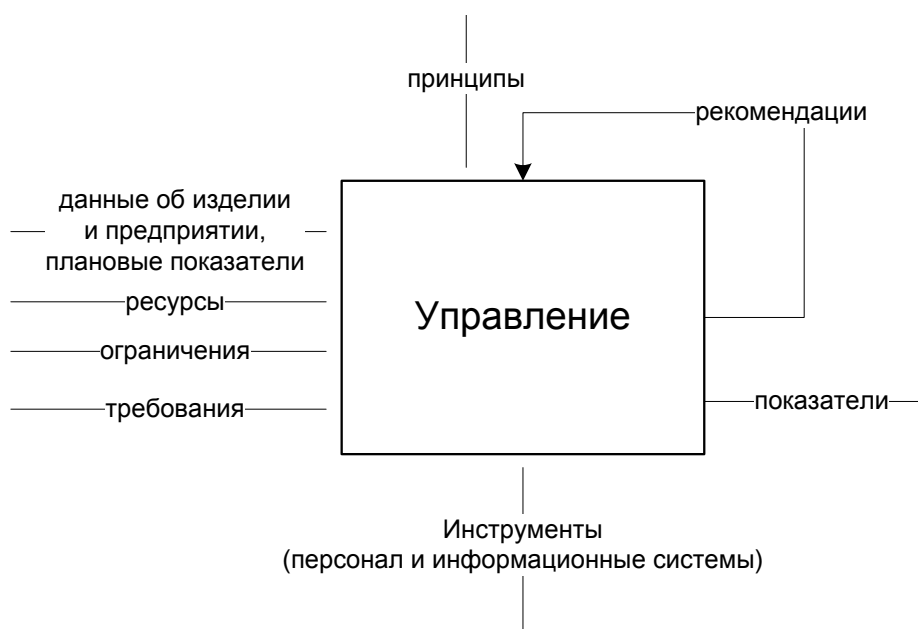


Рисунок 8 — Обобщенная схема задачи управления

Входными параметрами модели являются данные о выпускаемой продукции, плановые показатели, ресурсные ограничения, требования к процессу производства. Механизм преобразования входных параметров в выходные основывается на принципах управления и соответствующем инструментарии. Выходными параметрами модели является набор показателей, наблюдаемый и контролируемый управляющими компонентами предприятия, а также набор рекомендаций по принятию экономических решений лицам, принимающим решения.

При построении математической модели управления требуется формализация преобразования входных параметров в выходные в виде математических соотношений и уравнений соответствующего типа. Простейшим подходом к этой проблеме может служить эконометрический анализ, когда математическое преобразование задается в виде регрессионных уравнений, параметры которых определяются по статистическим данным с известными входными и соответствующими выходными значениями.

Вид функциональных зависимостей выбирается экспертами предметной области и существенно зависит от самой предметной области (подразделения предприятия). Одним из наиболее приемлемых подходов является моделирование на основе производственных функций [36].

Ниже (таблица 8) приведены варианты выбора производственных функций для различных предметных областей.

Таблица 8 — Назначение производственных функций

Типы производственных функций	Формула	Назначение
Мультипликативная производственная функция	$Y = A \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i}$	Зависимость выпуска продукции от необходимых для этого ресурсов
Производственная функция с постоянной эластичностью замещения (ПЭЗ)	$Y = A \left(\sum_{i=1}^n b_i x_i^{-\rho} \right)^{-\frac{m}{\rho}}$	Применяется в случае необходимой замены одного типа ресурса другим при условии постоянного объема выпуска продукции
Линейная производственная функция	$Y = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i$	Применяется в случае, если ресурсы производства замещаются с постоянным коэффициентом замещения при любом сочетании их использования
Производственная функция с взаимно заменяемыми ресурсами	$Y = \min_{1 \leq i \leq n} \left(\frac{x_i}{\alpha_i} \right)^m$	Связывает выпуск продукции с возможным использованием взаимно заменяемых ресурсов. (например, обычные станки заменяются на станки с ЧПУ, как следствие стоимость ПФ увеличивается, сокращается кол-во рабочих)

В случае, когда функционирование объекта моделирования имеет детерминированный характер и может быть выражено относительно простыми зависимостями, для построения математической модели используется параметрический подход. Специфика определения вида модели в этом случае существенно зависит от предметной области (ниже приведен пример такого вида моделей). Для управления целевыми показателями во временной шкале часто применяются модели динамической оптимизации [37, 38]. Такого рода модели формулируются в терминах теории оптимального управления и вариационного исчисления. Если эффект от действия управляющего фактора выходит за рамки рассматриваемого временного такта (это характерно для инвестиционной деятельности, обучение персонала, рекламных воздействий), то используются модели с отложенным точечным или распределенным лагом [38].

1.8.2. Анализ существующих методологий управления предприятием

В российской практике менеджмента наиболее употребимы термины «точно в срок» [40, 2, 41, 5], «под заданную себестоимость» [2, 43, 4, 42], «управление рисками» [2, 3, 45, 46, 44]. Однако существует различие в понимании этих терминов и в зависимости от их трактовки предлагаются разные методологии управления предприятием.

Существующие методологии ориентируются на конкретную специфику в деятельности компании, что порождает сложности при распространении этих методологий на другие виды деятельности и на организацию взаимодействия всех факторов, влияющих на результат деятельности компании. Кроме того, каждая из методологий ориентирована на выполнение в первую очередь одного выбранного принципа, что не всегда эффективно в целом.

Предлагается рассмотреть основные принципы методологий и выбрать подмножество, покрывающее основные цели и применимые в разных условиях.

Наиболее распространенной логистической концепцией, обеспечивающей предприятие ресурсами в установленные сроки, является методология «точно в срок» (Just In Time, JIT). Под этой методологией подразумевается следующее: если производственное расписание задано, то следует организовать движение материальных потоков таким образом, что все материалы, компоненты и полуфабрикаты будут поступать в необходимом количестве, в нужное место и точно к назначенному сроку для производства, сборки или реализации готовой продукции. При этом исчезает необходимость хранения страховых запасов, что приводит к снижению издержек, связанных с организацией хранения.

Производство изделия в заданные сроки является одним из необходимых условий эффективной деятельности предприятия. Поэтому универсальная методология должна его учитывать.

Методология «под заданную себестоимость» заключается в создании изделия, качество которого не ниже среднего, а себестоимость не превышает заранее установленного предела в соответствии с теми ограничениями, которые определяются заданной величиной себестоимости. При реализации такого подхода с начального этапа проектирования появляется возможность контролировать стоимостные параметры изделия, такая возможность сохраняется в течение всего жизненного цикла продукта, что позволяет своевременно вносить соответствующие коррективы [43]. В настоящее время, когда употребляется понятие себестоимости продукции (в первую очередь, высокотехнологической продукции), стоит подразумевать стоимость всего жизненного цикла продукции, состоящую из суммы стоимостей проектирования, изготовления, сопровождения и утилизации.

Без учета себестоимости продукции невозможно осуществлять планирование деятельности, поэтому данный принцип также должен быть включен в универсальную методологию.

Методология «управление рисками». Данная методология востребована в том случае, когда перед менеджментом предприятия встает вопрос о выборе управленческого решения из двух и более альтернатив для достижения поставленной цели [44]. Оценка рисков в процессе принятия решения строится на основе информации о влиянии внешних и внутренних факторов на уровень анализируемого риска.

Так как управление предприятием производится на разных уровнях и в различных условиях, данный принцип востребован в большей мере на уровне топ-менеджмента, и в меньшей, например, на уровне цехов, т.к. в цехах остается не так много вариантов деятельности в рамках общего производственного плана. Поэтому принцип «с учетом рисков» или «управление рисками» следует применять в универсальной методологии.

Методы управления затратами (direct costing, absorption costing, standard-cost, метод ABC, target costing, кайзен-костинг, анализ точки безубыточности — CVP-анализ,

LCC-анализ, метод VCC и др. [47]) направлены на снижение затрат и реализуют функции планирования производства новых продуктов, контроля издержек и калькулирования целевой себестоимости в соответствии с рыночными реалиями.

Данные методы являются составляющими для определения себестоимости. Поэтому включение его в универсальную методологию в явном виде представляется избыточным.

В настоящее время на многих российских предприятиях внедряется система непрерывного повышения качества всех организационных процессов Total Quality Management (TQM) (Всеобщее управление качеством) [48]. Преимуществом данной методологии является повышение качества не только продукции, но и внутренних процессов организации. Основным недостатком являются большие затраты, требующие для инициализации и поддержки процесса контроля и повышения качества.

Качество организационных процессов зависит от используемых ресурсов, инструментов (методологий и технологий), механизмов управления и квалификации персонала, которые описываются в универсальной методологии. Качество определяется следующими категориями: степень реализации требований клиентов, значения финансовых показателей компании, уровень удовлетворенности служащих компании своей работой, — которые в универсальной методологии задаются как ограничения при выборе подмножеств допустимых ресурсов и факторов.

Есть еще ряд методологий, направленных на повышение эффективности деятельности компаний, но рассмотренные являются наиболее востребованными и применяемыми.

Стоит отметить, что каждая методология по-разному воспринимается менеджментом компаний (предприятий, организаций) в зависимости от специфики деятельности этих компаний, уровня подразделений в рамках самих компаний, а также функционала менеджмента.

В частности, в [49] описан опыт внедрения японской модели производства в автомобильной промышленности Великобритании. Авторы приходят к выводу, что структура британской автомобильной промышленности испытывает серьезные препятствия при использовании японских методов в связи с тем, что японская модель включает очень высокие внутри- и межорганизационные зависимости. Использование данной методологии на российских предприятиях также требует очень серьезной адаптации из-за следующих отличий: особенности менталитета, сильная географическая отдаленность элементов предприятия, управленческая иерархия и др. [50].

Далее в отчете предлагается формирование универсальной методологии «точно в срок, под заданную стоимость, с учётом рисков».

Раздел 2

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ

ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ЦИФРОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

2.1. Понятие методологии управления предприятием и комплексной модели

Методология управления предприятием в разных источниках [1-6, 9] представляется разными способами, чаще всего в виде декларативного описания основных принципов управления и критериев принятия решения в управленческой деятельности. Формальное описание конкретной методологии и ее реализация выполняется в виде совокупности программных продуктов, внедренных на предприятии, и нормативной документации, причем в них учитываются особенности конкретного предприятия. Поэтому в данной работе в первую очередь предлагается формализация в виде математической модели самого понятия методологии управления с заявленными принципами. Но описываемая модель имеет высокий уровень абстракции, и для ее практического применения необходима ее детализация и реализация в конкретные инструменты управления. Предлагаем инструменты управления и математическую модель, реализующую ее, представить в виде так называемой комплексной модели.

Под *комплексной моделью* в данной работе будем понимать совокупность:

- математической модели оценки и управления по заданным принципам (например, «точно в срок», «под заданную себестоимость», «с учетом рисков» или их объединение), описывающей принципы методологии управления;
- инфологической модели, описывающей предприятие и его деятельность;
- компонентной (информационной) модели, обеспечивающей взаимосвязь инфологической модели и детализации математической модели (множество подмоделей) для разных уровней управления и структур предприятия;
- информационной системы, реализующей все три модели (математическую, инфо-информационную, компонентную) и обеспечивающей на их основе контроль, оценку и управление деятельностью предприятия;
- регламента управления деятельностью предприятием (в виде утвержденных руководящих документов и в виде настроек информационной системы), в котором зафиксированы сроки и периодичность получения оценок, протоколы действий в различных управленческих ситуациях.

Предлагаемую комплексную модель можно применять как к субъектам экономики, так и к их частям (группе предприятий, предприятиям, подразделениям и др.). Для применения методологии к конкретному объекту необходимо учитывать его структуру и особенности функционирования. Для этого и вводится компонентная (состоящая из множества гетерогенных подмоделей) модель, позволяющая адаптировать методологию к нуждам конкретного объекта моделирования.

2.2. Концепция комплексной модели

2.2.1. Математическая модель методологии «точно в срок, под заданную себестоимость, с учётом рисков»

Предположим, что процесс производства (в общем случае жизненного цикла) продукции в компании (или её подразделении) можно разбить на конечное число этапов N , где каждый этап имеет заранее известный фиксированный временной интервал исполнения τ_i , $1 \leq i \leq N$. Длительность этапа исполнения обуславливается технологией организации работы, нормативными документами, уровнем квалификации персонала, эффективностью использования основных фондов и другими причинами.

Если процесс производства линеен, то в этом случае $T = \sum_{i=1}^N \tau_i$, T — полное время производства продукции в рамках процесса выпуска.

Если процесс производства не линеен, то существуют временные точки, в которых процесс имеет разветвление. Предположим, что этапы k и l могут быть выполнены параллельно и независимо друг от друга, а результат выполнения обоих этапов будет использоваться на следующем этапе далее по временной оси, тогда полное время производ-

$$\text{ства } T = \max(\tau_k, \tau_l) - \tau_k - \tau_l + \sum_{i=1}^N \tau_i.$$

Таким образом, время T в нелинейных процессах может оказаться существенно меньше по сравнению с линейным процессом.

На каждом этапе процесса используются факторы, позволяющие провести преобразование входящих ресурсов в выпускаемый результат этого этапа. Введем следующие обозначения:

n_i — количество видов ресурсов, преобразуемых на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

R_{ij} — количество ресурса вида j , $1 \leq j \leq n_i$, преобразуемого на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

$R_i = (R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{in_i})$ — вектор количеств ресурсов, преобразуемых на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

r_i — количество видов факторов (механизмов), используемых на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

X_{ij} — значение фактора вида j , $1 \leq j \leq r_i$, используемого на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

$X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ir_i})$ — вектор значений, используемых на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

y_i — результат этапа i , $1 \leq i \leq N$.

Соответствие между результатом, входящими ресурсами и используемыми факторами может задаваться в виде некоторой функции (производственной функции) F_i (рисунок 9) $y_i = F_i(R_i, X_i)$.

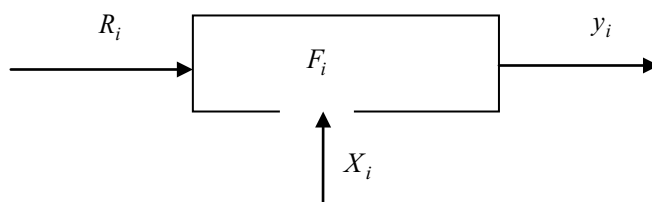


Рисунок 9 — Взаимосвязь ресурсов, факторов и результатов этапа

Достижение результата y_i происходит за один квант τ_i , изменение результата возможно за счет изменения объема обрабатываемых ресурсов R_i и изменения значений используемых факторов X_i . В силу естественных ограничений рассматриваемой задачи, объем ресурсов и значения факторов не могут быть произвольны и выбираются из множеств P_R^i и P_X^i , соответственно.

В общем случае входящие ресурсы на каждом этапе содержат как внешние по отношению к компании ресурсы, так и результаты деятельности других этапов. Обозначим через A_i множество результатов деятельности тех этапов, от которых зависит этап i , $A_i = \{y_{k_1}, y_{k_2}, \dots, y_{k_{s_i}}\}$, $\{k_1, k_2, \dots, k_{s_i}\} \subset \{1, 2, \dots, N\}$, тогда ресурсы $R_i = R_i(A_i)$. Очевидно, что на длительном периоде ресурсы, факторы и результат деятельности каждого из этапов не обязаны быть постоянными и в общем случае зависят от времени $t \geq 0$. Следовательно, можно сформулировать следующие зависимости, $y_i = y_i(t) = F_i(R_i(A_i(t - \tau_i), t - \tau_i), X_i(t - \tau_i), t)$, $X_i = X_i(t)$, $R_i = R_i(t) = R_i(A_i(t), t)$.

Без ограничения общности считаем, что продукт компании выпускается на заключительном этапе N и представлен в денежной форме (если выпуск измеряется номинальными единицами, то его можно перевести в денежный эквивалент, умножая на соответствующие цены). Предположим, что перед компанией стоит задача произвести выпуск продукта y_N^* за время T^* . Используя введенные выше обозначения можно сформулировать проблему: найти функции $X_i(t) \geq 0$, $R_i(t) \geq 0$, $1 \leq i \leq N$ при условиях

$$\int_0^{T^*} y_N(t) dt = y_N^* ; \quad (3)$$

$$R_i(t) \in P_R^i, X_i(t) \in P_X^i, 1 \leq i \leq N, 0 \leq t \leq T^* \quad (4)$$

$$y_i(t) = F_i(R_i(A_i(t - \tau_i), t - \tau_i), X_i(t - \tau_i), t), 1 \leq i \leq N, 0 \leq t \leq T^* \quad (5)$$

$$A_i = \{y_{k_1}, y_{k_2}, \dots, y_{k_{s_i}}\}, \{k_1, k_2, \dots, k_{s_i}\} \subset \{1, 2, \dots, N\}. \quad (6)$$

Процесс решения проблемы (3)-(6) — формирование плана распределения ресурсов и факторов для каждого этапа с целью обеспечения фиксированного выпуска за определенное время. Применение этой модели к практической области дает решение, основанное на методологии «точно в срок».

Обозначим множество решений задачи (3)-(6) в виде $S_{\text{ЛГ}}$. Если множество $S_{\text{ЛГ}}$ пусто, то проблема (3)-(6) не имеет решения, и, можно говорить, что существующие технологии компании не позволяют выпустить продукцию в объеме y_N^* за время T^* , значит необходимо менять технологию на одном или нескольких этапах с целью уменьшения величин τ_i .

Если множество $S_{\text{ЛГ}}$ содержит более одного элемента, то любой элемент множества является решением поставленной задачи, и встает вопрос о выборе наиболее подходящего элемента. Выбор среди решений «точно в срок» может быть осуществлен за счет введения дополнительных критериев качества, например, это может быть элемент с наименьшим временем выполнения.

Одной из важнейших характеристик любого экономического производства является себестоимость производимой продукции. Рассмотрим приобретенную стоимость в рамках производственного процесса, введем обозначения:

C_{iR} — вектор цен ресурсов для этапа i , $1 \leq i \leq N$;

C_{iX} — вектор цен использования факторов на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

C_F — затраты, не зависящие от объема производства;

C — кумулятивные издержки, связанные с производством продукции.

В общем случае цены, следовательно, издержки являются переменными величинами по параметру времени $t \geq 0$. Тогда издержки на производство продукции за период времени $[0; T]$ могут быть рассчитаны на основе интеграла

$$C(T) = \int_0^T \left(\sum_{i=1}^N (\langle C_{iR}(t - \tau_i), R_i(t - \tau_i) \rangle + \langle C_{iX}(t - \tau_i), X_i(t - \tau_i) \rangle) + C_F(t) \right) dt. \quad (7)$$

Соотношение (7) не вычисляет полной стоимости жизненного цикла продукции. Если этап проектирования конечного продукта компании можно включить в общую схему, то сопровождение и утилизация продукта чаще всего находятся уже за периодом рассмотрения $[0; T]$. В этом случае для приближенного вычисления полных кумулятивных издержек $C(T)$ требуется дополнительно оценить будущие затраты на сопровождение и утилизацию, затем добавить их к производственным затратам.

Пусть PC^* — заданная себестоимость производимой продукции, тогда условие (8) представляет собой требование не превышения заданной себестоимости на всем процессе в компании за время T :

$$PC^* \geq C(T) / \int_0^T y_N(t) dt. \quad (8)$$

Проблема поиска функций $X_i(t) \geq 0$, $R_i(t) \geq 0$, $1 \leq i \leq N$ при условиях (4)-(6), (8) даст формальное представление методологии «под заданную себестоимость».

Обозначим множество решений проблемы (4)-(6), (8) в виде S_{FPC} . Если множество S_{FPC} пусто, то существующие технологии компании не позволяют обеспечить выпуск с заданной себестоимостью. В этом случае компании требуется пересматривать перечень ресурсов (например, найти других поставщиков с более дешёвыми комплектующими), изменить значение обрабатывающих факторов (обновить основные фонды на более эффективные, заменить трудовые ресурсы на ресурсы с другой квалификацией), снизить цены за использование факторов. Если множество S_{FPC} имеет более двух решений, то возникает вопрос выбора наиболее подходящего решения.

Обычно на нижнем уровне производства в компаниях практически не стоит проблемы выбора, однако по мере повышения организационного уровня перед менеджментом становится актуальной проблема выбора и принятия решения. При этом каждый выбор обуславливается риском: потенциальной потерей от не достижения планируемого результата и потерей альтернативной прибыли от непринятого решения.

На каждом этапе введем случайные воздействия, оказывающие негативные влияния на получение результата этого этапа:

ξ_i — вектор случайных величин, означающих потери от нехватки соответствующих ресурсов на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

η_i — вектор случайных величин, означающий потери соответствующих факторов на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

$\zeta_i(t)$ — скалярная величина потерь технологической системы, влияющая на результат, на этапе i , $1 \leq i \leq N$.

В общем случае случайные воздействия зависят от факторов, ресурсов, а также временной характеристики $t \geq 0$: $\zeta_i = \zeta_i(R_i, X_i, y_i, t)$, $\xi_i = \xi_i(R_i, t)$, $\eta_i = \eta_i(X_i, t)$.

В этом случае отношение (5) может быть преобразовано в вид

$$y_i(t) = F_i(R_i(A_i(t - \tau_i), t - \tau_i) + \xi_i(R_i(A_i(t - \tau_i), t - \tau_i), t), X_i(t - \tau_i) + \eta_i(X_i(t - \tau_i), t - \tau_i), t) + \zeta_i(R_i(A_i(t - \tau_i), t - \tau_i), X_i(t - \tau_i), y_i(t), t), \quad (9)$$

$$1 \leq i \leq N, \quad 0 \leq t \leq T$$

Уравнение (9) можно использовать для управления этапом:

определяя технологию на этапе i , можно управлять средней величиной и дисперсией случайного воздействия ζ_i ;

выбирая набор входных ресурсов (например, поставщиков) можно управлять ошибкой ξ_i в векторе ресурсов;

определяя значения изменяющихся факторов, можно регулировать потери, связанные со случайным отклонением факторов η_i от планируемых.

Если установить допустимые нормы ошибок $\delta_i(\xi)$, $\delta_i(\eta)$, $\delta_i(\zeta)$ для случайных величин ξ_i , η_i , ζ_i , $1 \leq i \leq N$, то можно определить функцию потерь (функцию штрафов), которая вычисляет суммарные потери компании при выходе за допустимые нормы:

$$L(R, X, y) = \sum_{i=1}^N L_i(R_i, X_i, y_i) = \sum_{i=1}^N (\beta_R \rho_R(\xi_i) + \beta_X \rho_X(\eta_i) + \beta_y \rho_y(\zeta_i))$$

здесь $R = (R_1, R_2, \dots, R_N)$, $X = (X_1, X_2, \dots, X_N)$, $y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$.

Введем функцию срезки

$$(\alpha)^+ = \begin{cases} \alpha, & \alpha > 0, \\ 0, & \text{иначе;} \end{cases}$$

тогда нормы можно рассматривать в интегральном смысле:

$$\rho_R(\xi_i) = \int_0^T \|M(\xi_i(R_i(A_i(t - \tau_i), t - \tau_i), t) - \delta_i(\xi_i))^+\| dt,$$

$$\rho_X(\eta_i) = \int_0^T \|M(\eta_i(X_i(t - \tau_i), t) - \delta_i(\eta_i))^+\| dt,$$

$$\rho_y(\zeta_i) = \int_0^T \|M(\zeta_i(R_i(A_i(t - \tau_i), t - \tau_i), X_i(t - \tau_i), y(t), t) - \delta_i(\zeta_i))^+\| dt.$$

Подынтегральные нормы в $\rho_R(\xi)$, $\rho_X(\eta)$ находятся в евклидовых пространствах соответствующей размерности.

Выбор функций $X_i(t) \geq 0$, $R_i(t) \geq 0$, $1 \leq i \leq N$ при условиях (4), (9), (6) дает формальное представление методологии «с учетом рисков», оценка рисков может осуществляться на основе функции $L(R, X, y)$. Обозначим через S_{RM} множество решений задачи (4), (9), (6), удовлетворяющих условию $L(R, X, y) < \delta_L$, где δ_L — допустимая норма потерь. Множество S_{RM} может быть пустым, в этом случае деятельность компании при существующей технологии носит недопустимо рискованный характер. Если же множество не пусто и содержит более одного элемента, то любой из них является решением методологии «с учетом рисков».

Актуальной является проблема интеграции всех трех рассматриваемых методологий в одну. Например, если велики риски по недопоставке каких-либо ресурсов «точно в срок», то компания может уменьшить риски («с учетом рисков») за счет организации склада для соответствующих ресурсов, но тем самым увеличить себестоимость производимой продукции, уменьшив выбор решений «под заданную себестоимость».

Для обеспечения методологии «точно в срок, под заданную себестоимость, с учётом рисков» нужно объединить все три рассматриваемые модели в одну: при $T = T^*$, заданной себестоимости PC^* , фиксированном итоговом выпуске y_N^* и заданных нормах ошибок $\delta_i(\xi)$, $\delta_i(\eta)$, $\delta_i(\zeta)$, δ_L найти решение, принадлежащее множеству. Если множество S не пусто, то любой элемент множества может рассматриваться в качестве общего решения интегральной методологии. Если множество S имеет более одного элемента, то выбор единственного элемента возможен за счет введения дополнительного критерия,

например, построение проекции используемого набора ресурсов и факторов на допустимое множество S .

Проблема перехода от существующего распределения ресурсов и факторов к какому-либо набору из множества S сопряжена с множеством затрат: технологических, логистических, временных, финансовых, переобучения сотрудников или набором новых кадров, подходящей квалификации и т.д. В связи с этим возникает вопрос о выборе на множестве S наиболее подходящего решения.

Пусть $(\tilde{R}, \tilde{X})$ — существующее распределение ресурсов и факторов (или, по мнению экспертов компании, наиболее предпочтительное распределение). Предположим, что $\tilde{R}, \tilde{X}$ не принадлежит S . Это означает, что существующее распределение не удовлетворяет методологии «точно в срок, под заданную себестоимость, с учётом рисков», следовательно, требуется найти подходящее распределение и провести переход к этому распределению. Введем функцию перехода (сравнения) между двумя наборами $(\tilde{R}, \tilde{X})$ и произвольным (R, X) :

$$\rho_{COST}(R, X, \tilde{R}, \tilde{X}) = \sum_{i=1}^N (\rho_{Xi}(X_i, \tilde{X}_i) + \rho_{Ri}(R_i, \tilde{R}_i)). \quad (10)$$

Здесь, $\rho_{Xi}(X_i, \tilde{X}_i)$ — величина затрат, связанных с переходом от набора факторов $\tilde{X}_i$ к факторам X_i на этапе i ; $\rho_{Ri}(R_i, \tilde{R}_i)$ — величина затрат, связанных с переходом от набора обрабатываемых ресурсов $\tilde{R}_i$ к ресурсам R_i на этапе i . Затраты могут выражаться либо в финансовых, либо во временных единицах. Однако, для корректности применения функционала (10) не следует смешивать разные единицы измерения в одной сумме и рекомендуется остановить выбор на одном варианте единиц измерения.

В этом случае задача

$$\rho_{COST}(R, X, \tilde{R}, \tilde{X}) \rightarrow \min, (R, X) \in S \quad (11)$$

является задачей поиска набора (R, X) , удовлетворяющего введенной методологии и дающего наименьшие суммарные затраты при переходе с текущего набора распределения.

Таким образом, на этапе планирования данная методология позволит сформировать допустимый план для реализации процесса в рамках компании. Однако для воплощения плана в практическую реализацию необходим инструмент оперативного мониторинга выполнения плана, система поддержки принятия решений для оперативного влияния на процесс, уменьшения рисков, связанных с отклонением от плановых показателей, и система оперативной оценки деятельности предприятия, используемая в мониторинге и принятии решений.

Для построения такой системы необходима информационная модель, позволяющая применить и адаптировать методологию к конкретному предприятию.

Модель, описывающая методологию на верхнем уровне абстракции, при ее детализации на уровне и структуры предприятия преобразовывается в совокупность моделей, использующих разные методы оптимизации и выбора:

- параметрические;
- статистические;
- экспертные.

2.2.2. Инфологическая модель комплексной модели

Инфологическая модель (концептуальная) должна позволять описывать следующие аспекты предприятия и его деятельности (рисунок 10):

- организационная структура (подразделения, должности и сотрудники);
- организация деятельности (бизнес-процессы, уровни управления);
- ресурсы (материальные, трудовые и др.);
- условия производства продукции (технологические процессы);
- продукция (результаты деятельности как материальные, так и не материальные);
- совокупность показателей деятельности предприятия;
- прецеденты управления (принятые ранее решения по улучшению показателей, результаты этих решений и условия, в которых они принимались).

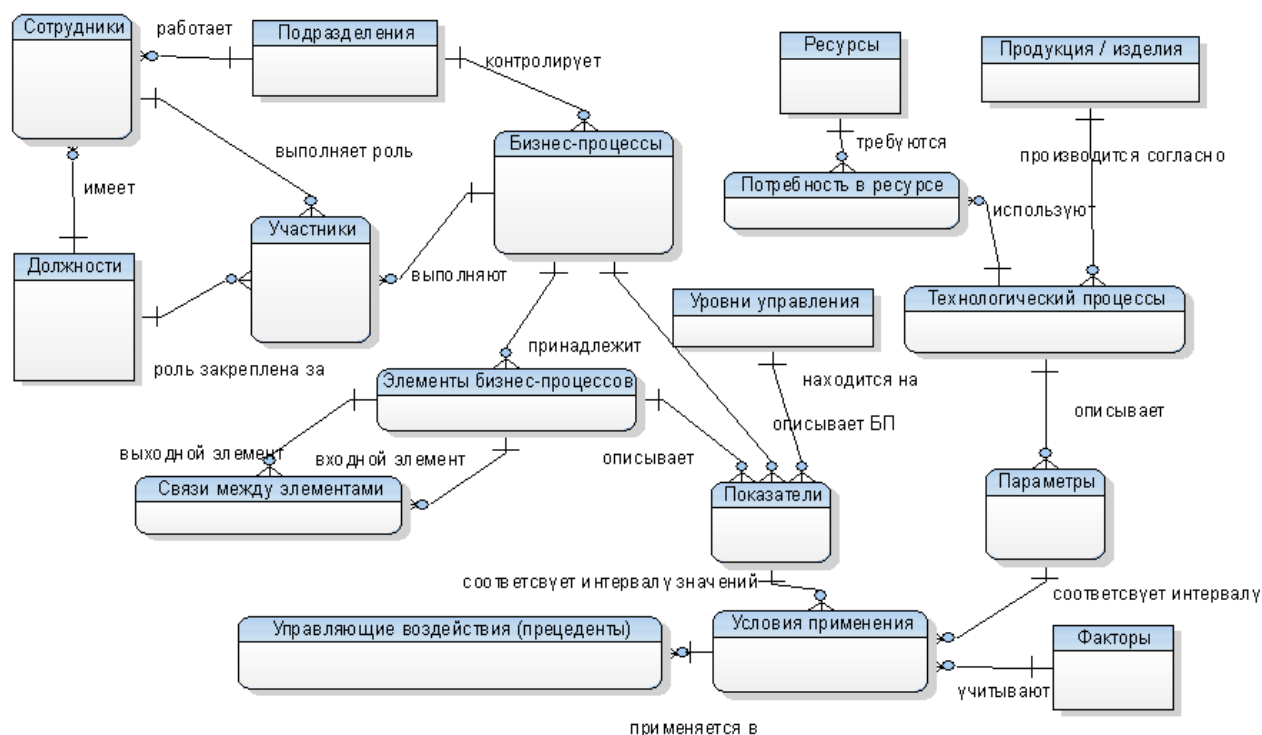


Рисунок 10 — Инфологическая (концептуальная) модель

Построение на базе инфологической модели даталогической и физической производится на этапе проектирования информационной системы и зависит от выбранных технологий для реализации, а также от уровня автоматизации производства.

На предприятиях с высоким уровнем автоматизации перечисленные данные ведутся в электронном виде в одной/нескольких информационных системах поддержки деятельности предприятия (PDM, ERP, BPM, САПР ТП и др.). В этом случае необходимо обеспечить интеграцию базы данных информационной системы, обеспечивающей реализацию инфологической модели, с этим хранилищем или системами (виртуально или фи-

зически). Если данные частично ведутся на предприятии в бумажном виде, требуется обеспечить их своевременный ввод в базу согласно принятому регламенту (ручной ввод).

Если уровень автоматизации низкий, то эффективность внедрения методологии низкая, так как модель должна работать в режиме реального времени или приближенном к нему.

2.2.3. Компонентная (информационная) модель

Компонентная модель необходима для возможности гибкой настройки математической модели и ее подмоделей к нуждам конкретного предприятия и ее модификации при изменении структуры, реорганизации бизнес-процессов и т.д. Поэтому она использует данные инфологической модели для определения своей структуры и математическую модель и ее подмодели для определения своих узлов.

Для описания компонентной модели введем ряд обозначений.

Пусть имеется компонентная модель $M = \{M_1, \dots, M_p\}$, где M_i — подмодель, которая соответствует структурно-функциональной единице моделируемого объекта (предприятия). Для декомпозиции организационной структуры можно использовать имеющуюся на предприятии структуру¹, которая представляет собой в большинстве случаев слоистую (многоуровневую) систему, начиная от уровня топ-менеджмента (верхнего) до уровня цехов или даже отдельного автоматизированного рабочего места (нижнего). Количество уровней K и подмоделей P зависит от масштабов предприятия и степени детализации при внедрении методологии.

Оценочные параметры в рамках методологии формируются как для отдельных подмоделей, так и для уровней модели.

Для описания деятельности предприятия логично использовать структурную декомпозицию, соответствующую организационной структуре предприятия, и рассматривать показатели деятельности для каждого уровня, начиная от нижнего до уровня топ-менеджмента (рисунок 11), при этом:

- а) на верхнем уровне моделирования будет единственный узел, описывающий деятельность предприятия в целом;
- б) узлами сети (объектами) будут подразделения предприятия на соответствующем уровне иерархии;
- в) ребрами, соединяющими узлы, будут потоки (материальные, информационные, финансовые, трудовые, энергетические и др.) предприятия;
- г) узлы имеют уникальные идентификаторы на уровне и индекс уровня;
- д) на вход узлам поступают данные с верхнего или нижнего уровня или от узлов того же уровня;
- е) оценки по уровням управления вычисляются на базе объединения данных узлов на уровне.

¹ На данном шаге не рассматривается вопрос реорганизации предприятия и реинжиниринга его бизнес-процессов. Для оценки существующей системы структура и бизнес-процессы берутся «как есть», так как именно текущее состояние и требуется оценить, а потом уже в зависимости от оценки принимать решения о необходимости реорганизации деятельности или структуры предприятия.

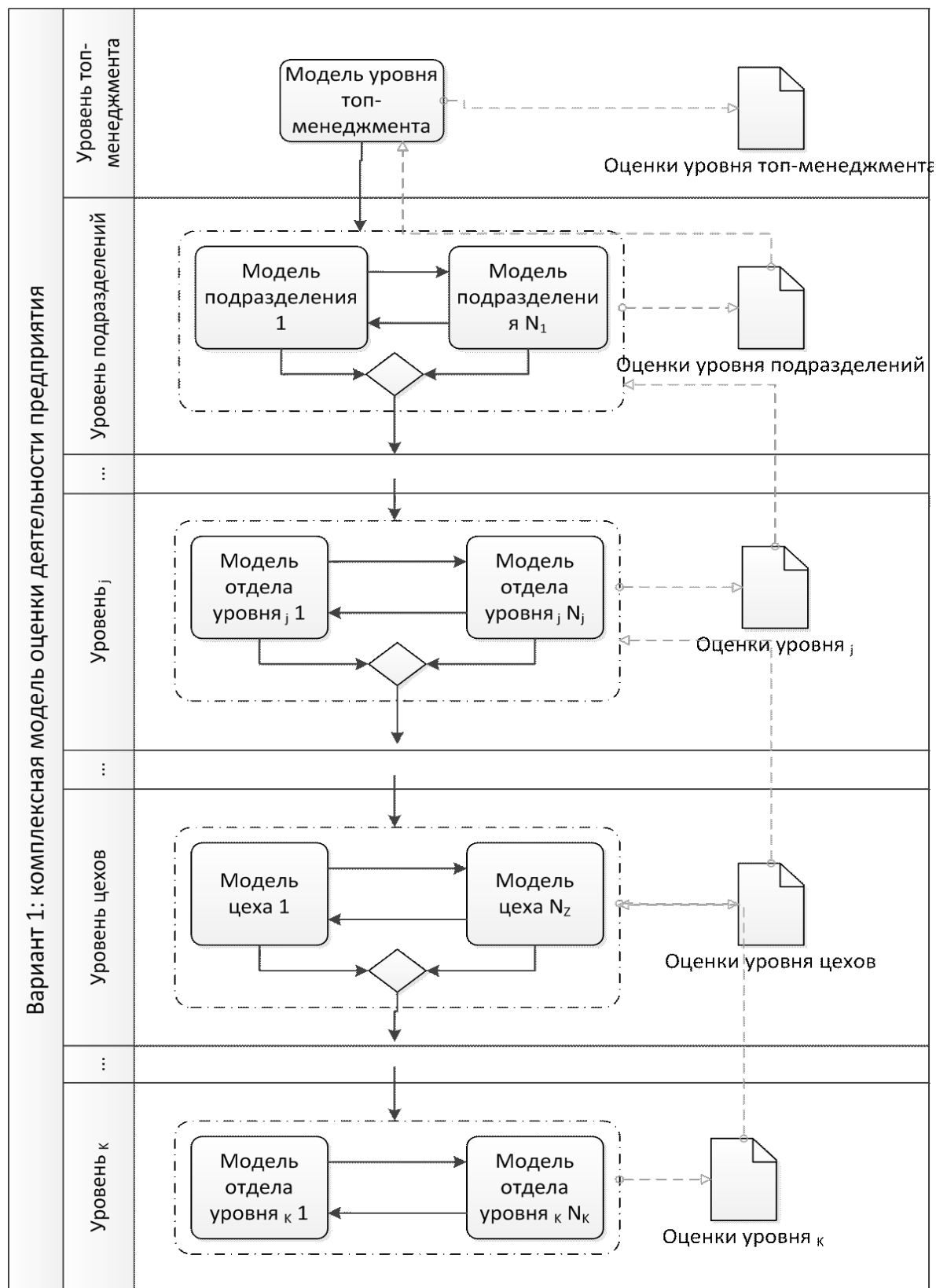


Рисунок 11 — Вариант 1: структура комплексной модели оценки деятельности предприятия

Такая структура подойдет, если между уровнями нет дополнительных связей, т.е. подразделение уровня i имеет связи только с подразделениями уровня $i - 1$ и $i + 1$. Но на реальных больших предприятиях это часто не соответствует действительности, и в зависимости от вида деятельности структурная организация может меняться (например, при проектной и операционной деятельности), поэтому для них рекомендуется использовать структуру без четкого деления на уровни на основе графа, который позволит через установление связей между отдельными элементами организационной структуры (подразделениями, должностями, сотрудниками) описать как функциональную (иерархическую), так и проектную или матричную структуру (рисунок 12).

Обозначим через V совокупность вершин (узлов) анализируемого объекта. Для вершин будут выполняться условия а) — б) первого варианта и добавляются:

- г) любой узел может быть связан с другим узлом;
- д) узел имеет уникальный идентификатор среди всех узлов;
- е) узел может относиться к нескольким уровням $\{u_1, \dots, u_n\} \subset \{1, 2, \dots, K\}$;

ж) узел не обязательно моделирует конкретное подразделение, он может отображать одну из его функций (например, ведение проектной деятельности, в которой может быть задействовано несколько подразделений).

Пусть E_i — совокупность ребер, описывающая потоки единой природы между узлами комплексной модели M_i , тогда множество $E = \{E_1, E_2, \dots, E_p\}$ будет совокупностью всех ребер M .

В этом случае M может быть представлена в виде набора графов $M_i = \{V, E_i\}$, где $i = \overline{1, p}$. В таком графе оценки по уровням управления получаются на базе подграфов, сформированных из узлов, принадлежащих одному уровню, или, например, направлению деятельности.

Если компания является достаточно крупным субъектом микроэкономики, то полный граф построить достаточно сложно. В случае первого варианта принцип декомпозиции (и построения) модели может быть выбран структурно-функциональный, начиная от верхнего уровня, во втором варианте встает вопрос о принципе декомпозиции, порядке описания узлов, уровне детализации (возможность внедрять модель не на все уровни одновременно) и зависимости параметров узлов друг от друга.

При выборе функционального способа декомпозиции узлам модели соответствуют задачи (процедуры) бизнес-процессов.

Отдельные узлы компонентной модели могут быть реализованы в виде параметрической, стохастической, алгоритмической и экспертной модели.

Расчёт показателей (оценок и параметров) при переходе от одного узла к другому требует описания соответствующей функции преобразования P_{ij} , где i — номер узла, для которого производится расчет, j — идентификатор вычисляемого параметра. Функции задаются на этапе проектирования и моделирования для каждой дуги, связывающей узлы модели. При этом если связи нет, то передаточная функция представляет собой умножение на ноль. Если показатель не изменяется при передаче из одного узла в другой (просто транслируется без изменений), функцию можно задать как умножение на единицу. Если преобразование выполняется, то функция может быть описана как математически, так и алгоритмически. При продвижении от нижнего уровня управления к верхнему

наиболее часто встречающееся преобразование — агрегирование значений по узлам (например, сумма трудозатрат по цехам, количество выпущенных деталей и т.д.).

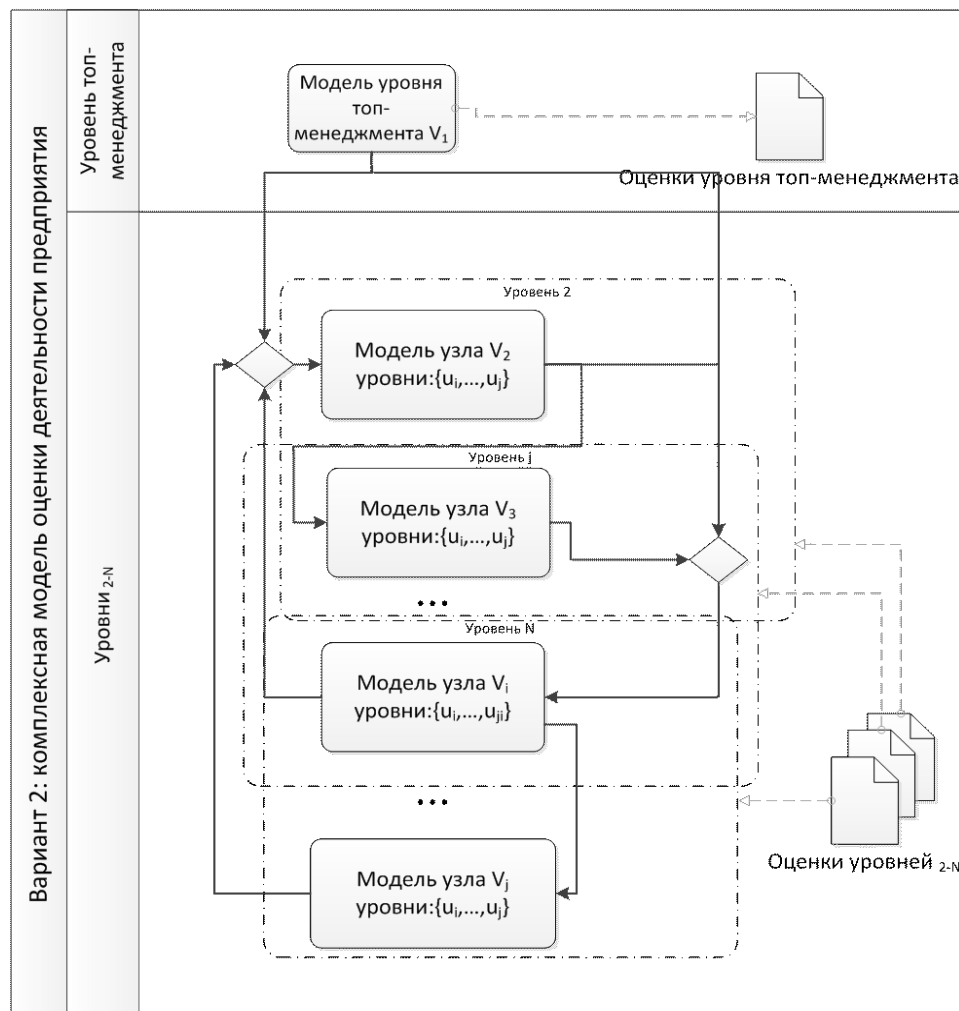


Рисунок 12 — Вариант 2: структура комплексной модели оценки деятельности предприятия

Совокупность всех функций образует множество P . Тогда P_{ij} можно представить как

$$P_{ij} = f_{ij}(G_{ij}),$$

где $G_{ij} \subset P$.

Компонентная модель является способом объединения моделей, описывающих узлы, в рамках которых применяется методология «точно в срок, под заданную себестоимость, с учётом рисков». В зависимости от уровня, условий задачи принятия решений и имеющихся данных может быть применена универсальная методология или ее составляющие (один из принципов или несколько). Кроме того, так как узел верхнего уровня содержит интегральные показатели, полученные через функции преобразования, в нем также применяются критерии методологии.

В связи с этим, критерии и ограничения компонентной модели — это критерии и ограничения, описанные в математической модели методологии и применяемые к инте-

гральным (агрегированным) показателям в узле верхнего уровня и критерии и ограничения моделей, формализующие узлы (отдельные задачи бизнес-процессов предприятия, примером модели узла может быть описанная параметрическая модель в п. 2.2.1).

Совокупность критериев и ограничений задается при внедрении модели на конкретном предприятии с учетом его особенностей.

2.2.4. Информационная система для комплексной модели

Информационная система должна реализовывать:

инфологическую модель в виде базы данных, а ее ведение с помощью средств наполнения (интеграции с другими системами и/или клиенты для ввода данных операторами);

математическую и компонентную модель в виде программных компонент, библиотек и т.д.;

регламент в виде программных настроек.

В общем виде структуру информационной системы для поддержки комплексной модели можно представить в виде пяти уровней (рисунок 13):



Рисунок 13 — Обобщенная структура информационной системы поддержки методологии

Первый уровень: источники данных — гетерогенные информационные системы, обеспечивающие поддержку жизненного цикла изделия в цифровом производстве (ERP, SAP, CAD/CAM/CAE, PDM и другие);

Второй уровень: интеграционные средства — программное обеспечение промежуточного слоя (адаптеры, брокеры, сервисные шины — при интеграции на уровне приложений, ETL-системы — при интеграции на уровне данных в гетерогенных базах, ссылки на базы данных при интеграции в рамках одной СУБД и другие);

Третий уровень: данные модели — уровень хранения данных для обеспечения функционирования методологии (данные о структуре предприятия, о процессах его функционирования, о параметрах и истории их изменения, об экспертах, их оценках, накопленном опыте и т.д.);

Четвертый уровень: уровень бизнес-логики — реализация выбранных методов решения задачи оценки и управления в виде программных решений. Алгоритмическая реализация моделей должна выполнять следующие функции:

а) модуль параметрических расчетов:

- реализация в программном виде множества P ;
- вычисление оценок уровней;

б) модуль статистических расчетов:

- прогнозирование показателей, входящих в R , X , Y ;

в) экспертный модуль:

- экспертное оценивание текущей ситуации по предприятию;
- формирование рекомендаций по управлению параметрами на основе прецедентов и экспертных мнений;

г) общие функции:

- формирование отчетов по выбранным срезам (уровням, темпоральным показателям, подразделениям и т.д.);
- оперативное оповещение лиц, принимающих решения, о выходах за границы текущих или прогнозируемых значений контролируемых оценок.

Данные функции должны быть обеспечены для каждого узла модели за счет применения совокупности методов (параметрических, вероятностных и экспертных);

Пятый уровень: интерфейсы — клиентские части системы, ориентированные на различные группы пользователей не только в зависимости от его роли (эксперт, лицо, принимающее решение, и администратор), но и в зависимости от уровня управления и направления его деятельности, интерфейсная часть обеспечивает автоматизацию рабочего места сотрудника и контроль выполнения методологии.

Для реализации информационной системы можно использовать уже внедренные программные продукты, если в них содержится необходимый функционал по математическому моделированию, экспертному оцениванию и представлению данных, разработать новую информационную систему или расширить существующие программы с новыми библиотеками и модулями. Какой из этих вариантов выбрать зависит от конкретных условий на предприятии.

Информационная система не должна дублировать функционал систем BPM, SAP, ТП, ERP, MES и других. Она выполняет функцию контроля, оценки и частично управления, для чего использует данные перечисленных систем, но собственно управление бизнес-процессами, формирование технологических процессов, планирование календарных и оперативных планов выполняется в предназначенных для этого системах.

2.2.5. Регламент

Для организации эффективной деятельности предприятия с соблюдением методологии «точно в срок, под заданную себестоимость, с учётом рисков» необходимо формирование ряда документов, регламентирующих деятельность предприятия как в целом, так и всех подразделений в отдельности.

На каждом уровне управления (подразделении) необходимо согласно цели уровня и вытекающим из цели соответствующим задачам установить, какая совокупность принципов (точно в срок, под заданную себестоимость, с учётом рисков) должна соответствовать целевым задачам. Это может быть один из принципов, может быть любая пара этих принципов либо все три принципа одновременно.

На основе выбранных принципов формулируется математическая модель оценки, анализа и, возможно, управления рассматриваемого узла (объекта управления: предприятие, подразделение, цех и т.д.). В зависимости от специфики узла строится параметрическая, статистическая или экспертная модель, также возможна совокупность этих моделей. Формируется совокупность факторов, совокупность характеристик, описывается форма и вид взаимодействия факторов и характеристик. Модель описывается с учетом специфики воздействующих на объект факторов, эндогенных характеристик, определяющих поведение объекта, и технологии взаимодействия характеристик и факторов, определяющей результат действия объекта.

Если модель рассматриваемого узла была создана ранее и требуется её модификация (появляются новые факторы, меняется технология, меняется качество эндогенных характеристик), то модифицируются совокупность факторов, характеристик или формы их связи только для данного объекта.

Для формирования или модификации модели узла должны быть утверждены кадровые ресурсы (эксперты), имеющие компетенции в соответствующей области моделирования.

Также необходимо утвердить кадровые ресурсы, обладающие компетенциями в области представления математической модели в информационной системе, поддерживающей методологию «точно в срок, под заданную себестоимость, с учётом рисков».

После этапа валидации математической модели соответствующими экспертами проводится представление модели в информационной системе.

Дальнейшая работа с моделью проходит в рамках информационной системы, поддерживающей методологию «точно в срок, под заданную себестоимость, с учётом рисков». В рамках системы определяется перечень лиц принимающих решение (ЛПР), закрепляется перечень задач за каждым ЛПР, формируется личный кабинет для каждого лица.

ЛПР обращается через свое индивидуальное подключение к рабочему кабинету, в котором представляются доступные этому лицу задачи и методы их решения. ЛПР имеет возможность провести оценку показателей, доступных на его уровне, провести анализ показателей на основе инструментария информационной системы, выявить риски (при их наличии), связанные с деятельностью соответствующего узла. Если в информационной системе описание узла содержит экспертную модель, то ЛПР имеет возможность получения альтернативных решений для устранения возникших несоответствий в деятельности узла.

2.3. Детерминирование деятельности предприятия для построения комплексной модели

Для построения КМ требуется описание предприятия с точки зрения его структуры и выполняемых функций.

Структурная декомпозиция предприятия

Структурная декомпозиция предприятия на начальном этапе не представляет трудностей, достаточно взять текущую структуру подразделений. Для представления структуры предприятия можно использовать любое иерархическое представление, если структура — дерево, или использовать другие нотации, если структура — граф.

На верхнем уровне предприятия обычно не очень много узлов (рисунок 14), на нижних их множество (рисунок 16).

Узел (название)
▶ Управление информационных технологий (014)
▶ Центр специализации по производству компонентов летательных аппаратов (JIA) из стали, алюминия, магния и титана (018)
▶ Техническая дирекция (060)
▶ Управление охраны труда экологической промышленной и пожарной безопасности(064)
▶ Отдел инвестиционного планирования (077)
▶ Управление главного технолога (120)
▶ Дирекция по производству (200)
▶ Служба управления безопасностью полетов (295)
▶ Коммерческая дирекция (400)
▶ Дирекция по режиму и безопасности (540)

Рисунок 14 — Пример структурной декомпозиции верхнего уровня

Если на предприятии внедрена BPM система, то структуру подразделений можно дополнить структурой исполнителей задач бизнес-процессов (рисунок 15).

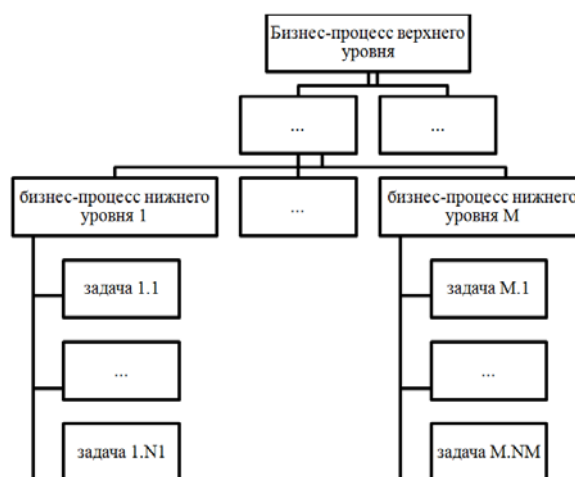


Рисунок 15 — Схема иерархии структурных элементов в разрезе бизнес-процессов

В процессе построения КМ могут быть выявлены структуры, требующие или усиления контроля или реструктуризации.

Функциональная декомпозиция деятельности предприятия

Бизнес-процессы разных производств и разных предприятий могут сильно отличаться. Поэтому представим функциональное описание на примере конкретного предприятия АО «Авиастар-СП».

Взаимодействие Предприятия и внешнего окружения

Перечень внешних агентов

Внешними агентами предприятия АО «Авиастар-СП» являются (рисунок 17):

Заказчики. Они делятся на заказчиков ВС, услуг, сторонних заказов, авиатехнического имущества, доработок и послепродажного имущества;

Контролирующие органы: единоличный исполнительный орган — ПАО «Ил» (управляющая организация), ПАО «ОАК», сертифицирующая организация, ВП МО РФ;

Финансовые контролирующие органы: банк (выдававший кредит), налоговая инспекция;

Разработчики АТ: ПАО «Туполев», ПАО «Компания Сухой», ПАО «Ил», ПАО «Корпорация Иркут»;

Поставщики: материальных ресурсов (сырье, заготовки, основные и вспомогательные материалы), ПКИ, инструмента.

Заинтересованность внешних агентов

В таблице 9 представлено описание заинтересованности внешних агентов по взаимодействию с АО «Авиастар-СП».

Таблица 9 — Описание заинтересованности внешних агентов

Название внешнего агента	Описание внешнего агента	Заинтересованность
Поставщик	Поставщик материалов, ПКИ, инструмента	Заинтересован в загрузке производственных мощностей своего предприятия для сбыта своей продукции, а также (поставщики ПКИ) в предоставлении услуг по ремонту и обслуживанию своих изделий
Заказчик	Министерство обороны, другая государственная организация, а также коммерческая организация	Заинтересован в получении качественной, продукции, (услуги), отвечающей требуемой конфигурации, изготавливаемой (поставляемой) в сроки, зафиксированные в договоре
Контролирующий орган	Производит контроль и сертификацию производства	Заинтересован в том, чтобы Производство отвечало всем требованиям к качеству изготовления ВС
Разработчик АТ	КБ или его представитель на АО «Авиастар-СП»	Заинтересован в производстве разрабатываемых самолетов, своевременном предоставлении информации по конструкторским недоработкам изделия
Финансовый контролирующий орган	Обеспечивает контроль финансовых операций	Заинтересован в своевременном получении финансовых средств

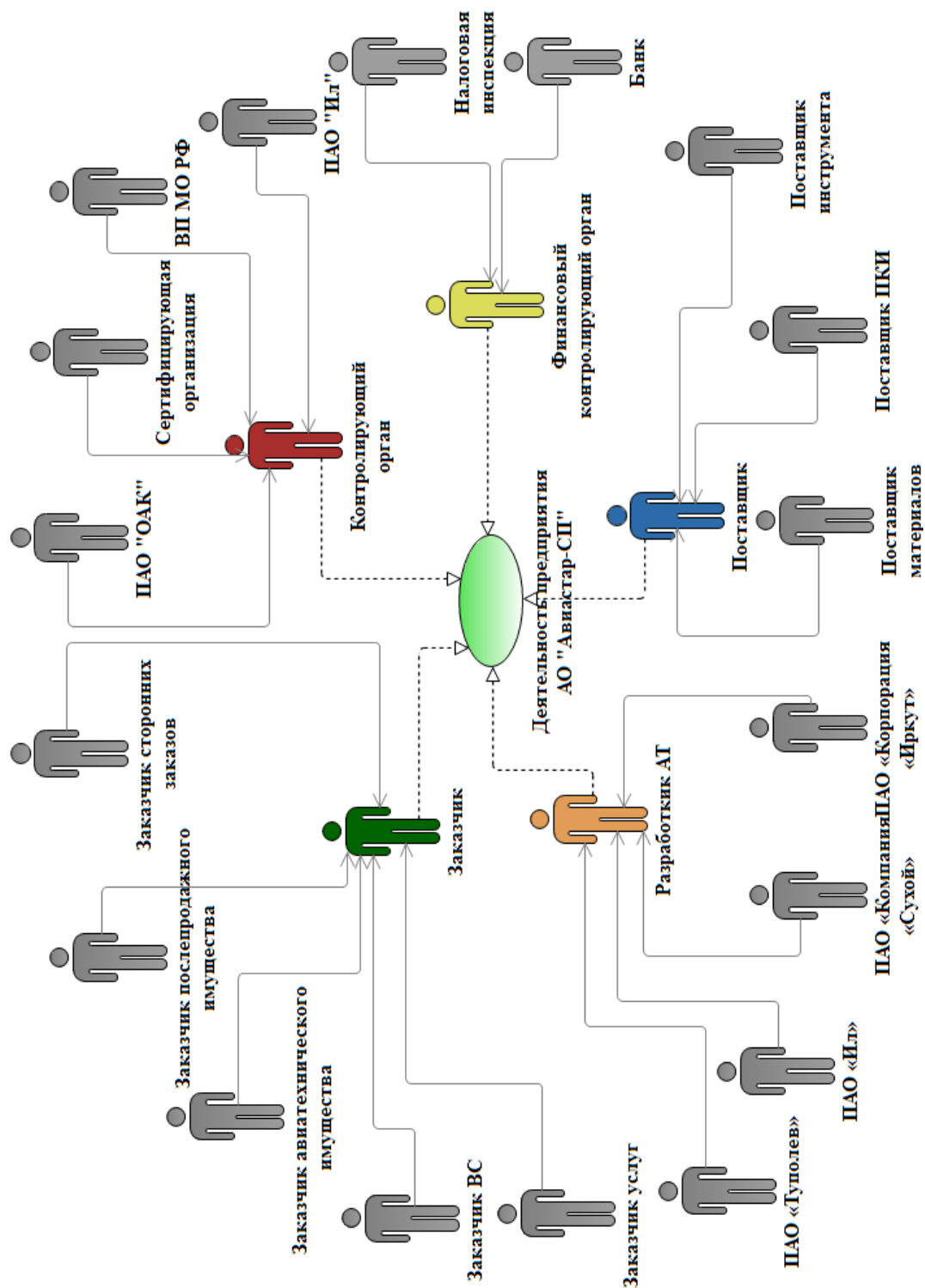


Рисунок 17 — Внешние агенты АО «Авиастар-СП»

Иерархия функций функциональных процессов

При обследовании предприятия были выделены три группы функциональных процессов: организационные, основные и вспомогательные. Определение функциональных процессов является одним из взглядов на деятельность предприятия. Другой взгляд — представление деятельности предприятия в виде набора интегральных бизнес-процессов, т.е. некоторой целостной деятельности, выполняемой для удовлетворения потребностей кого-либо из внешних агентов предприятия. В таблицах ниже (таблицы 10-12), содержится детализация необходимых для выполнения анализа деятельности предприятия функциональных процессов и список подразделений предприятия, отвечающих за выполнение этих процессов и отдельных функций.

Таблица 10 — Детализация организационных функциональных процессов и функций АО «Авиастар-СП»

Наименование функционального процесса	Наименование функции	Ответственность
Общее управление предприятием		Управляющий директор
Правовая деятельность		Дирекция по правовому обеспечению деятельности
Управление финансами	Управление доходами	Дирекция по экономике и финансам
	Управление инвестиционными проектами (УИП)	Начальник УИП
	Управление финансовыми показателями предприятия	Дирекция по экономике и финансам
	Бюджетное планирование финансовых ресурсов	Бюро бюджетного планирования и контроля
	Управление расходами	Дирекция по экономике и финансам
Управление персоналом	Кадровая работа	Дирекция по персоналу
	Управление трудом и заработной платой	Управление труда и заработной платы
Бухгалтерский учет, отчетность и контроль	Учет хозяйственных операций, отчетность и контроль.	Управление бухгалтерией
Планово-экономическая деятельность	Организация руководства планово-экономической деятельности	Планово-экономическое управление
	Разработка планов производственно-хозяйственной деятельности	Планово-экономическое управление
	Разработка цен на продукцию и услуги	Отдел цен
Управление основным производством	Планирование производства	Планово-экономическое управление; Планово-диспетчерское управление
	Оперативное планирование производства	Планово-экономическое управление; Планово-диспетчерское управление
	Контроль производства	Планово-экономическое управление; Планово-диспетчерское управление
Управление вспомогательным производством		Планово-экономическое управление; Планово-диспетчерское управление

Таблица 11 — Детализация основных функциональных процессов и функций АО «Авиастар-СП»

Наименование функционального процесса	Наименование функции	Ответственность
Маркетинг и реализация продукции и услуг	Поиск заказчика	Дирекция по маркетингу и продажам
	Заключение договора	Дирекция по маркетингу и продажам
	Контроль исполнения договора	Дирекция по маркетингу и продажам
	Сбыт	Дирекция по маркетингу и продажам
Конструкторско-технологическая подготовка производства	См. раздел 0	Управление главного конструктора, Управление главного технолога, Производство технологической оснастки
Основное производство	См. раздел 0	Дирекция по производству
Управление качеством	Контроль качества производственных процессов	Дирекция по качеству
Материально-техническое снабжение	Снабжение материалами	Управление материально-техническим снабжением
	Снабжение ПКИ	Управление внешней кооперацией

Таблица 12 — Детализация вспомогательных функциональных процессов и функций АО «Авиастар-СП»

Наименование функционального процесса	Наименование функции	Ответственность
Информационные технологии	Оптимизация организационной структуры предприятия	Отдел организации управления производством (050)
	Системное и техническое обеспечение	Отдел технического обслуживания ЭВМ (045); Отдел технического обслуживания средств вычислительной и оргтехники (053); Отдел системного программного обеспечения (054)
	Разработка и сопровождение ПО	Отдел проектирования АСУП (041); Отдел разработки, внедрения и сопровождения АСУ в цехах АСП (281); Отдел администратора БД «Состав изделия» (395)
	Информационно-вычислительные работы	Головной информационно-вычислительный центр
Вспомогательное производство		Дирекция по техническому обеспечению, строительству и реконструкции
Охрана труда, техника безопасности и экология		Главный инженер по охране труда и экологии
Безопасность предприятия	Обеспечение информационной безопасности	Дирекция по безопасности

Детализированное описание интегральных процессов

При обследовании предприятия были выделены шесть интегральных бизнес-процессов (под интегральным бизнес-процессом понимается некоторая целостная деятельность, выполняемая для удовлетворения потребностей некоторых внешних агентов предприятия):

- производство ВС;
- послепродажное обслуживание;
- производство и реализация номенклатуры сторонних заказов;
- производство и реализация авиационно-технического имущества;
- оказание услуг.

Ниже содержится детализация основных, с точки зрения анализа деятельности предприятия, интегральных процессов:

- производство ВС;
- производство и реализация номенклатуры сторонних заказов.

Для некоторых процессов детализация приведена в нескольких разрезах.

Производство и реализация номенклатуры сторонних заказов

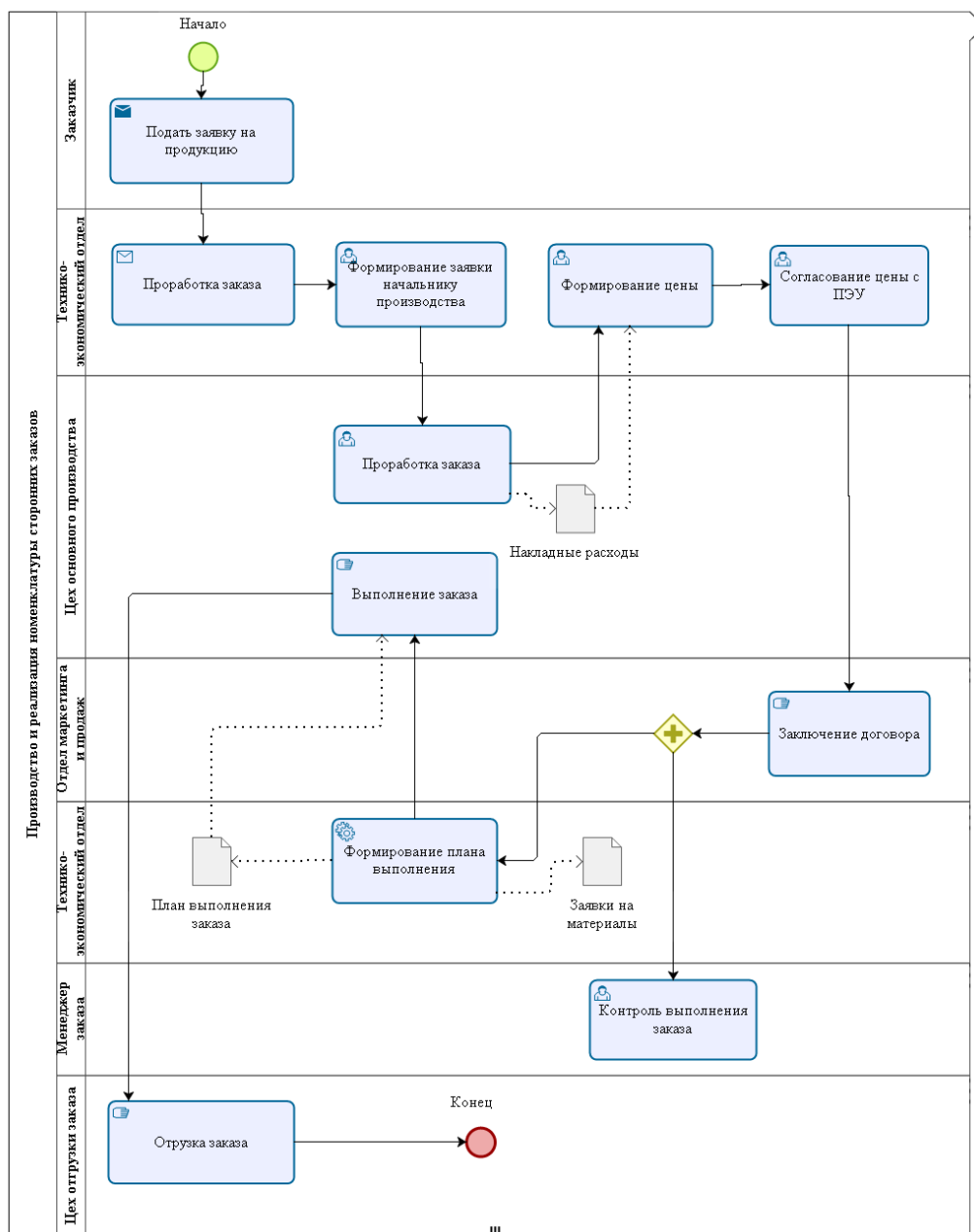
Описание процесса «Производство и реализация номенклатуры сторонних заказов», разрез «Исполнение договора»

Технико-экономический отдел получает *заявку* от заказчика и после предварительной проработки направляет ее для дальнейшей проработки в цех основного производства. Цех основного производства предоставляет смету *накладных расходов* по данному заказу и предъявляет их в технико-экономический отдел для формирования цены на продукцию. После согласования цены с ПЭУ отдел маркетинга производит заключение договора. Далее технико-экономический отдел формирует в системе АСУ ПР *план* выполнения заказа, в соответствии с которым цех основного производства исполняет, а менеджер заказа руководит ходом работ. После изготовления готовая продукция направляется в цех отгрузки заказа для отгрузки заказчику (см. рисунок 18). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 13-14.

Таблица 13 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
Заказчик	Производит заказ продукции
Технико-экономический отдел	Прорабатывает условия договора (заказа), ведет расчет затрат и материалов. Формирует план выполнения заказа
Отдел маркетинга и продаж	Производит заключение договора
Менеджер заказа	Контролирует выполнение заказа
Цех основного производства	Принимает участие в проработке заказа, выполняет непосредственные работы по изготовлению продукции
Цех отгрузки заказа	Производит отгрузку готовой продукции

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Заявка на материалы	Определяют потребности в материалах для данного заказа		Технико-экономический отдел
Накладные расходы	Учитываются при формировании цены на продукцию		Цех основного производства
План выполнения заказа	Регламентирует сроки работ для выполнения заказа		Технико-экономический отдел



77

Производство ВС

Управление основным производством

Детализация процесса «Управление основным производством»

Процесс «Управление основным производством» подразделяется на процессы «Планирование производства» и «Контроль выполнения заданий по производству» (см. рисунок 19).

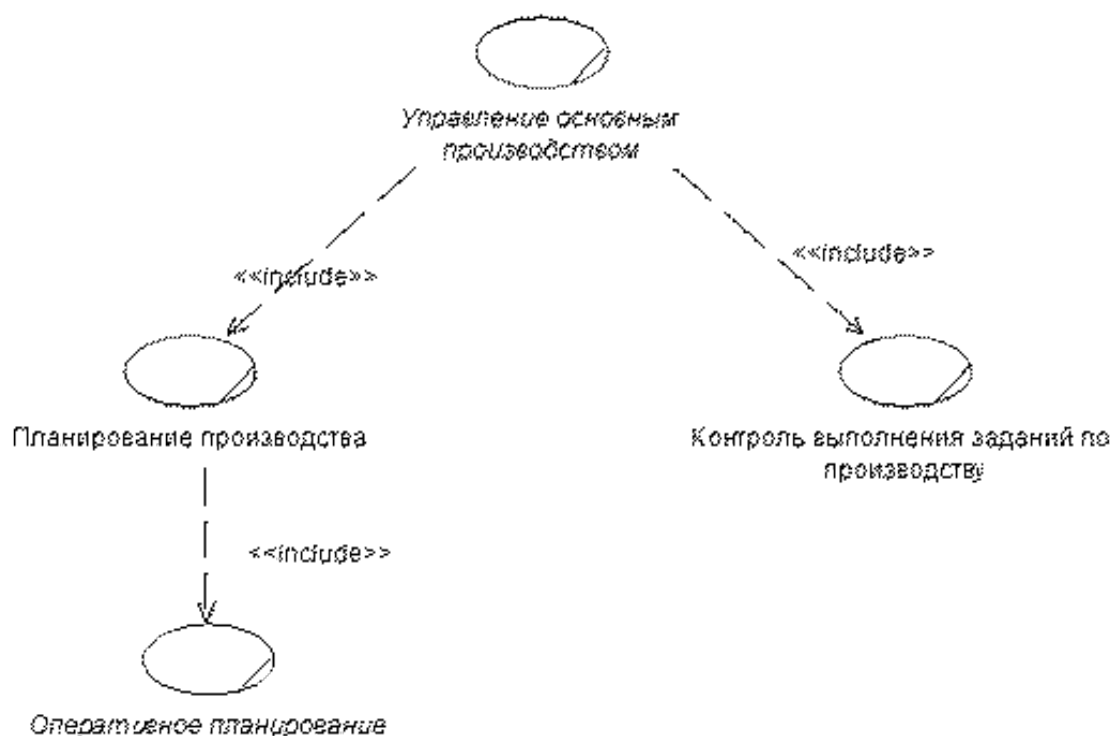


Рисунок 19 — Детализация процесса «Управление основным производством»

Описание процесса «Планирование производства», разрез «Годовое производственное планирование цехов АСП и ПОС»

УГТ, формирует цикловые графики сборки агрегатов и изделий и перечни СТК, ГО и технологических этапов работ. ПЭУ формирует график выпуска агрегатов и изделий. Полученные графики используются ГИВЦ для составления машинограммы годовая производственная программа цехов АСП (ПОС). Цеха проверяют эту машинограмму и направляют ее в ПЭУ для проработки и согласования. Далее ГИВЦ по согласованной машинограмме производит расчет объемов и направляет в цеха для планирования годовой работы по участкам и составления сводной ведомости, которая передается в ПЭУ (см. рисунок 20). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 15-16.

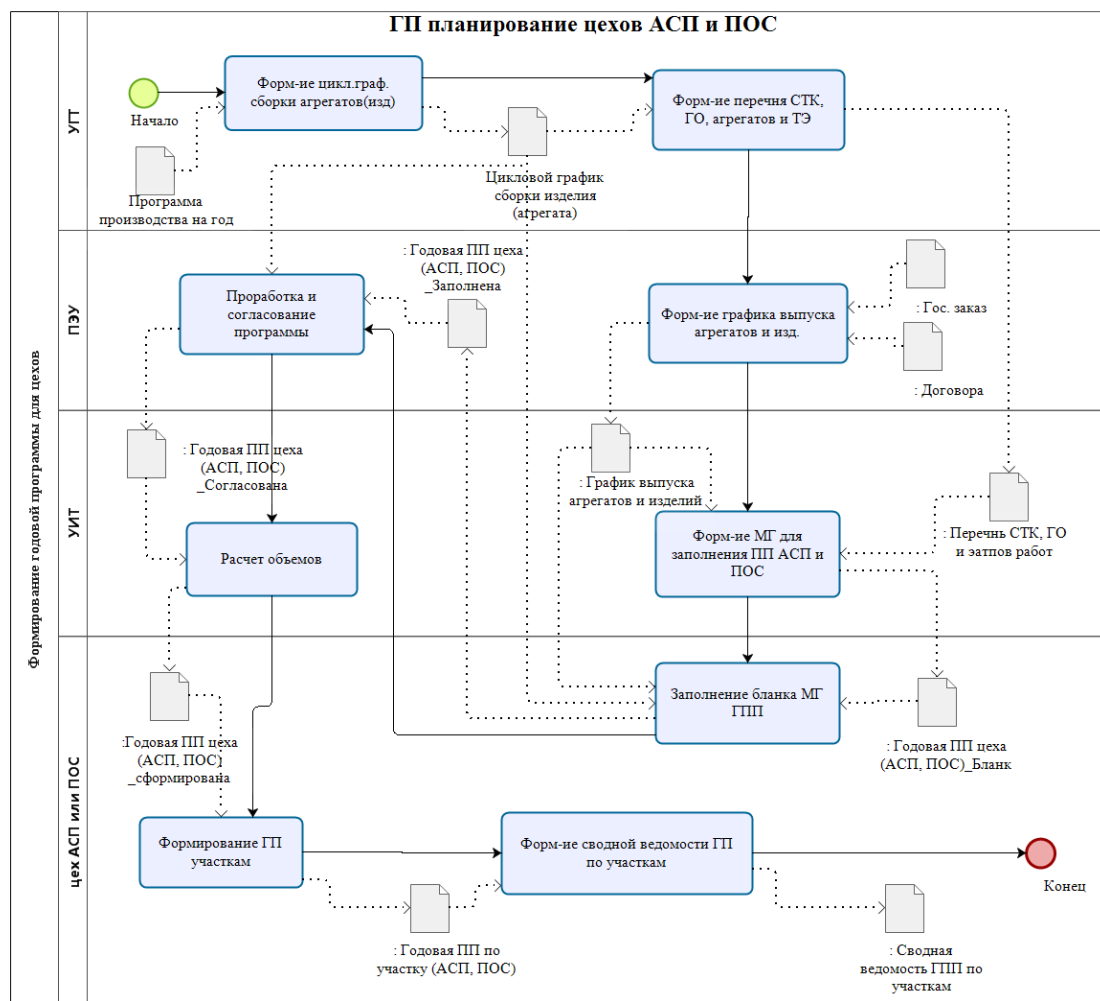


Рисунок 20 — Процесс «Планирование производства»,
разрез «Годовое производственное планирование цехов АСП и ПОС»

Таблица 15 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
Планово-экономическое управление (ПЭУ)	Формирует годовой график выпуска агрегатов и изделий, согласовывает годовые производственные программы, принимает утвержденный перечень технологических этапов и агрегатов, утверждает годовые производственные программы у управляющего директора предприятия
Управление главного технолога (УГТ)	Составляет и согласовывает цикловые графики сборки изделий, перечень агрегатов и технологических этапов
Головной информационно-вычислительный центр (ГИВЦ) (Управление информационных технологий (УИТ))	Принимает утвержденные перечни СТК, агрегатов, технологических этапов, графики выпуска агрегатов и изделий для расчета и формирования машинограмм производственной программы АСП и ПОС
Цех агрегатно-сборочного производства (АСП) или производства окончательной сборки (ПОС)	Прорабатывает производственную программу и распределяет ее по производственным участкам

Таблица 16 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Программа производства	Входной документ для расчета годовой производственной программы	Описывает планы производства ВС в десятигодичном разрезе по агрегатам	ПЭУ
Цикловой график сборки изделия (агрегата)	Исходная информация для технологического планирования	Содержание и последовательность выполнения технологического процесса сборки и отдельных монтажей	УГТ
Годовая производственная программа цеха (АСП, ПОС).	Служит основанием для составления производственной программы по участку	Плановые серии по месяцам по технологическим этапам работ, объемов и количество условных машин	ПЭУ
Годовая производственная программа по участку	Распределение производственных заданий по участкам	Составляется на основе годовой производственной программы цеха. Плановые серии по месяцам по технологическим этапам, объемам и количеству условных машин (по данному участку)	Инженер по подготовке производства участка
Перечень СТК, ГО и этапов	Направляется в ГИВЦ	СТК в разрезе агрегатов	УГТ (Отдел технологического планирования)
График выпуска агрегатов и изделий	Директивное задание для планирования		ПЭУ
Договор	Служат иницилирующими и основополагающими документами для разработки графика выпуска агрегатов и изделий		Служба маркетинга
Государственный заказ			
Сводная ведомость годовых производственных программ по участкам	Годовой план выполнения работ по всем участкам планируемых цехов	Планируемое выполнение продукции	Цех АСП или ПОС

Описание процесса «Планирование производства», разрез «Годовое производственное планирование цехов-поставщиков»

На основе программы производства на год и графика выпуска агрегатов и изделий ПЭУ формирует график закрытия ГО и партионного выпуска деталей. Он используется при расчете в ГИВЦ производственной программы по изделию для цехов-поставщиков и

при формировании годовой программы по изделию для участков. На основе годовых производственных программ цехов АСП и ПОС ГИВЦ формирует план комплектации СТК. Далее, на основании сдаточной номенклатуры ГИВЦ рассчитывает годовую производственную программу цехов-поставщиков по изделию. Она прорабатывается и согласуется в ПЭУ и после этого доводится до самих цехов, которые планируют годовую работу по участкам и составляют сводную ведомость годовых производственных программ по участкам, которая передается в ПЭУ (см. рисунок 21). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 17-18.

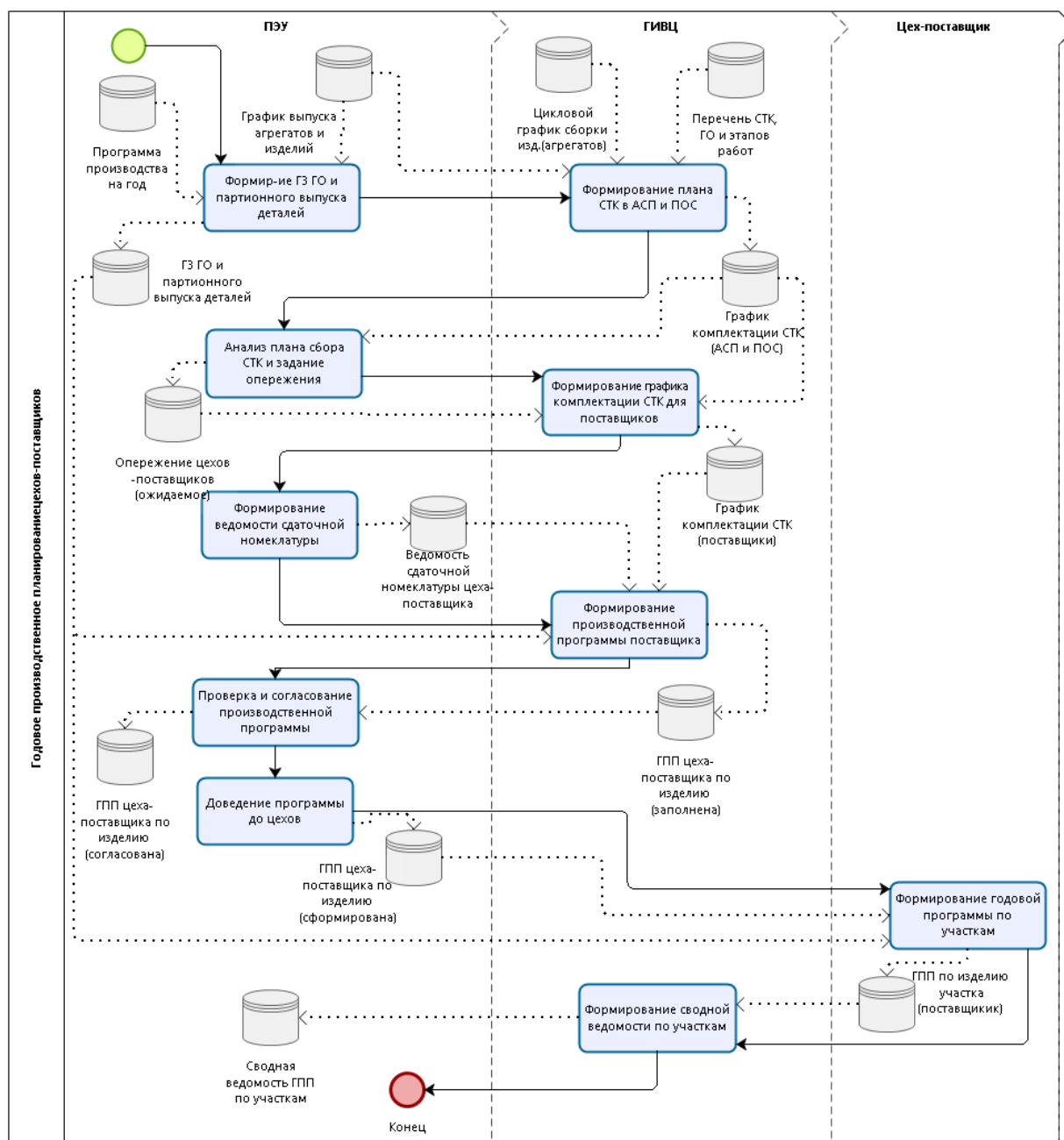


Рисунок 21 — Процесс «Планирование производства»,
разрез «Годовое производственное планирование цехов-поставщиков»

Таблица 17 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
ПЭУ	Разрабатывает график закрытия групп опережения и партионного выпуска деталей, определяет размеры партии выпуска изделий
ГИВЦ	Расчет годовых производственных программ на ЭВМ для цехов: формирование машинограммы «Ведомость сдаточной номенклатуры цеха» и «Годовых производственных программ по изделию» для цехов и участков
Цех-поставщик	Участует в проработке годовых производственных программ и после получает их от ПЭУ утвержденными (в виде машинограмм)

Таблица 18 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Программа производства на год		См. таблицу 16	
График выпуска агрегатов и изделий	Служит основой для разработки графика закрытия ГО и партионного выпуска деталей	См. таблицу 16	
График закрытия ГО и партионного выпуска деталей	Служит для расчета годовой производственной программы цеха-поставщика по изделию, а также производственных участков цеха-поставщика	Плановые серии по группам опережения и сроки сдачи	ПЭУ
График комплектации СТК (АСП и ПОС)	Формирование графика комплектации СТК для поставщиков	Содержит план комплектации СТК в цехах АСП и ПОС	ГИВЦ
Опережение цехов-поставщиков (вариант ожидаемого исполнения)		Необходимое опережение цехов-поставщиков	ПЭУ
Годовая производственная программа цеха-поставщика по изделию	Служит исходной информацией для формирования и расчета годовых производственных программ производственного участка цеха-поставщика	Плановые серии по СТК, планируемые объемы и количество условных машин с разбивкой по месяцам	ГИВЦ
Годовая производственная программа по изделию производственного участка	Обеспечение выполнения плана всего цеха в условных машинах в номенклатуре	Плановые серии по СТК, планируемые объемы и количество условных машин в год с разбивкой по месяцам	ГИВЦ
Сводная ведомость годовых производственных программ по участкам		Планируемое выполнение выпуска продукции	Цех-поставщик

Описание процесса «Планирование производства», разрез «Месячное планирование цехов АСП и ПОС»

ПЭУ составляет месячные программы цехов АСП и ПОС в виде машинограмм и направляет их в цеха для проработки. Проработанные месячные программы согласуются в ПЭУ и на основе их формируются задания цехам на месяц в разрезе технологических этапов. По согласованным месячным программам цеха АСП и ПОС формируют графики сдачи монтажей и агрегатов и распределяют месячные задания по участкам (см. рисунок 22). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 19-20.

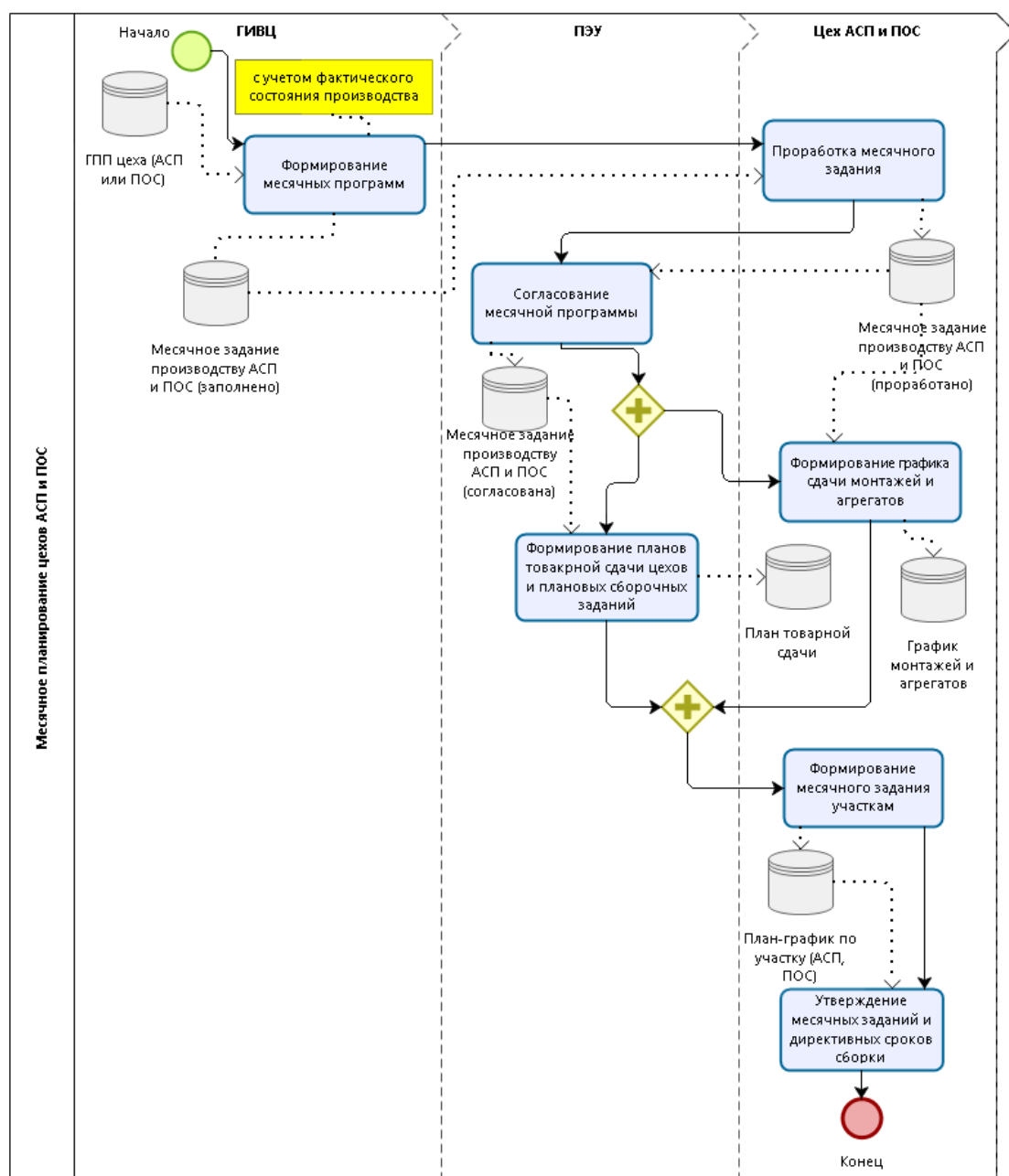


Рисунок 22 — Процесс «Планирование производства», разрез «Месячное планирование цехов АСП и ПОС»

Таблица 19 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
ПЭУ	Составляет месячное задание по производству, прорабатывает и согласовывает его с цехами АСП и ПОС, ПДУ
ГИВЦ	Рассчитывает месячные графики работ, с учетом текущего состояния производства
Цех АСП или ПОС	Участвуют в проработке и утверждении оперативных графиков сдачи монтажей и агрегатов и планов-графиков по производственным участкам
ПДУ	Участвует в проработке и согласовании месячного задания производства

Таблица 20 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Годовая производственная программа цеха (АСП, ПОС)	Служит основанием для формирования месячных заданий производству	См. таблицу 16	
Месячное задание производству (АСП и ПОС)	Директивный документ, по которому осуществляется планирование изготовления и сдачи агрегатов и изделий в цехах АСП и ПОС в планируемом месяце	Номера плановых изделий и агрегатов, подлежащих изготовлению и сдаче цехами АСП и ПОС, в разрезе технологических этапов работ	ПЭУ
График сдачи монтажей и агрегатов	Служит основанием для формирования плана-графика по производственному участку	Месячные задания и директивные сроки выполнения сборочных работ на планируемый месяц	Начальник цеха
План-график по производственному участку	Служит месячным графиком работ для производственного участка		Инженер по подготовке производства участка

Описание процесса «Планирование производства», разрез «Месячное планирование цехов-поставщиков»

ГИВЦ на основе годовой производственной программы цехов-поставщиков производит формирование номенклатурного плана цеха, производственных программ цехам и участкам в виде машинограмм. Машинограммы передаются цехам-поставщикам для проработки номенклатурного плана цеха и расчета объемов по участкам (см. рисунок 23). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 21-22.

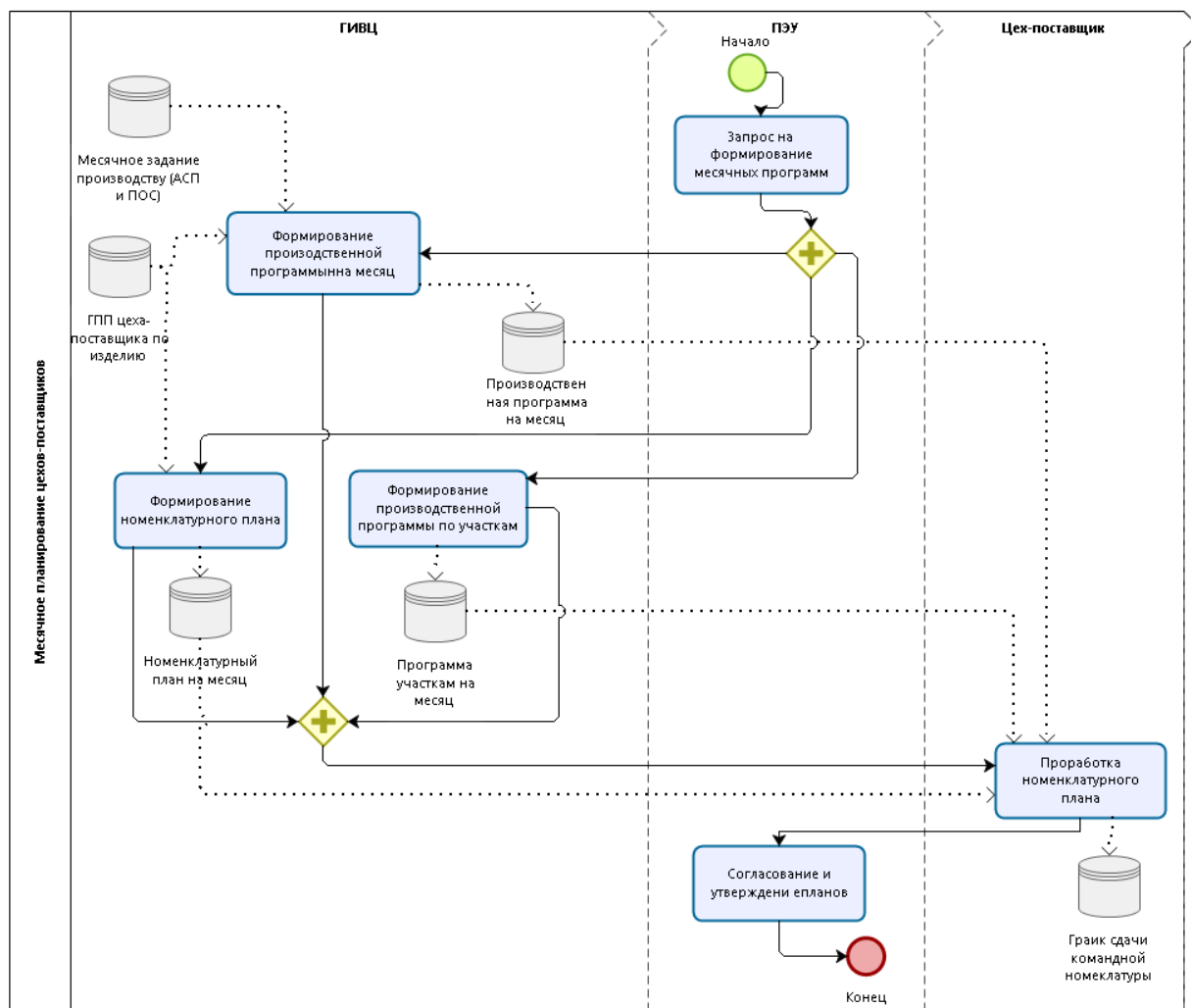


Рисунок 23 — Процесс «Планирование производства»,
разрез «Месячное планирование цехов-поставщиков»

Таблица 21 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
ГИВЦ	Осуществляет расчет номенклатурного плана месячной производственной программы цеха и производственных участков и выдает их в форме электронных машинограмм.
ПЭУ	Участвуют в проработке и согласовании электронных машинограмм
ПДУ	
Цех-поставщик	

Таблица 22 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Годовая производственная программа цеха-поставщика по изделию	Служит основным документом для разработки номенклатурного плана и производственной программы цеху на месяц	См. таблицу 18	
Месячное задание производству (АСП и ПОС)		См. таблицу 20	
Производственная программа на месяц и отчет по изделию	Подписанная машинограмма является производственной программой цеха-поставщика на планируемый месяц	Производственная программа для цеха (участка) в разрезе изделия	ГИВЦ
Производственная программа на месяц	Служит основанием для осуществления сменно-суточного планирования и запуска номенклатуры в производство в течение месяца		ГИВЦ
Номенклатурный план цеха по изделию на месяц	Служит для ежедневного планирования, контроля и учета сданной (готовой) продукции цехам-потребителям, а также для выявления недостающих для выполнения программы комплектующих изделий, материала, оснастки	План сдачи готовой продукции (сдаваемых позиций) цехам потребителям за месяц в разрезе изделия	ГИВЦ

Описание процесса «Оперативное планирование»

ГИВЦ формирует суточный график на основе месячной производственной программы и направляет его в цех основного производства (ЦОП). ПДБ ЦОП прорабатывает вопросы своевременного обеспечения ресурсами, вносит свои предложения по корректировке. После утверждения суточного графика в ПДУ, ПДБ ЦОП доводит его до участков. На основании отсутствия в ЦОП материалов ПДУ формирует протокол нерешенных вопросов по обеспечению цехов материалами, ПКИ и готовыми изделиями и решает их в АСУ ПР с исполнителями (УВК и УМТС) (см. рисунок 24). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 23-24.

Таблица 23 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
ПДУ	Прорабатывает и формирует суточные графики по номенклатуре и обеспечивает ими цеха основного производства, контролирует и оказывает содействие цехам основного производства в выполнении ими суточных графиков, отслеживает дефицит деталей, изготавливаемых по суточным графикам, осуществляет руководство и принимает участие в проработке вопросов по обеспечению цехов материалами и ПКИ и через АСУПР в протокол нерешенных вопросов прорабатывает вопросы с УМТС и УВК
Цех основного производства	Прорабатывает суточные графики и вносит свои предложения по их корректировке, доводит их до участков (бригад) и контролирует их выполнение

Таблица 24 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Месячная производственная программа по цехам	Служит основанием для формирования суточного графика		Цех основного производства (Экономист цеха)
Суточный график	Служит основанием для формирования цехами основного производства потребностей в материалах, ПКИ и для распределения работ по участкам (бригадам)		ПДУ
Месячная потребность в материалах	Служит основанием для формирования исполнителями (УМТС) планов поставок необходимых ресурсов	Перечень необходимых материалов на планируемый месяц	ПДУ

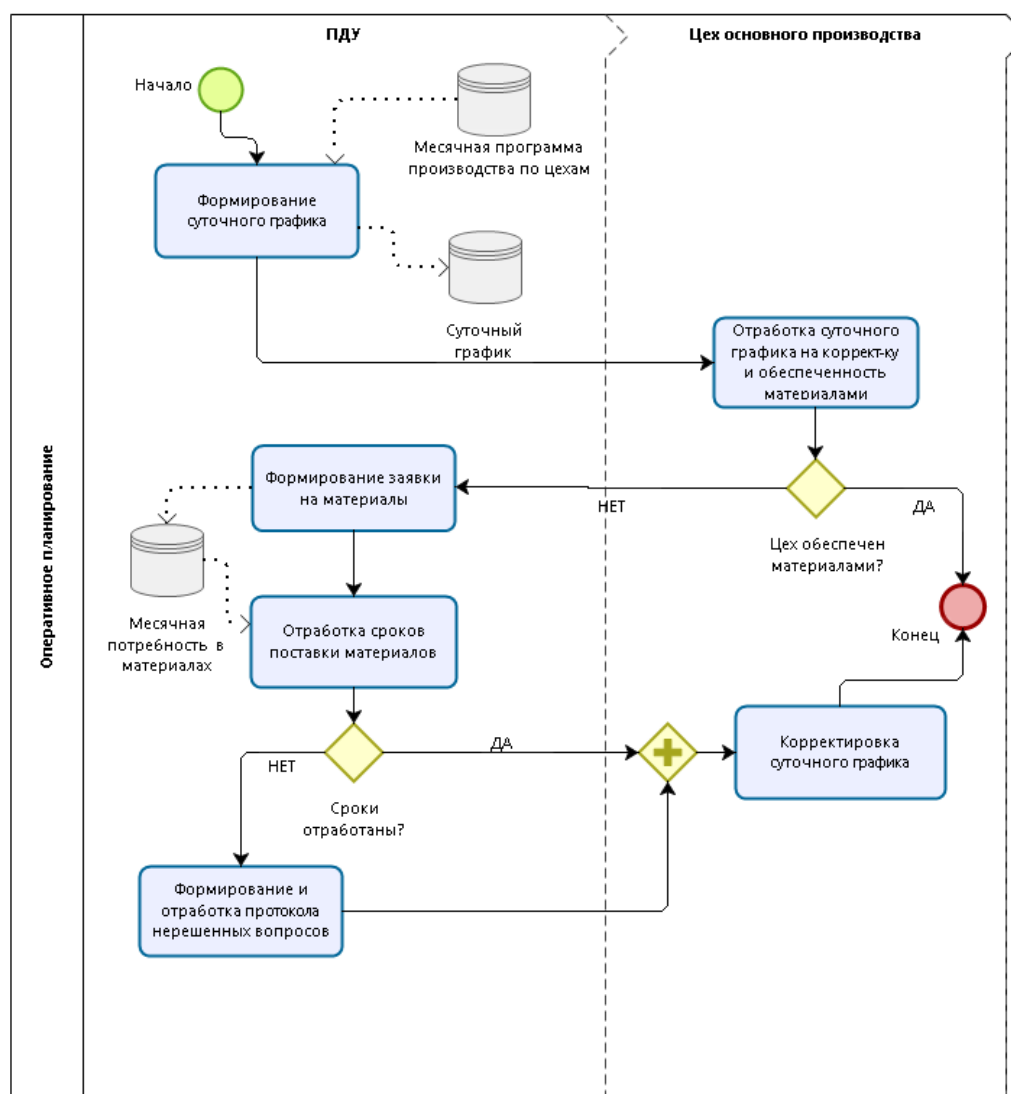


Рисунок 24 — Процесс «Оперативное планирование»

Описание процесса «Контроль выполнения заданий по производству»

Цеха основного производства формируют оперативные отчеты по объемам выпущенной продукции, отчеты по ритмичности и предъявляют их в ПДУ для анализа данной информации. Также по КУДД и накладным ЦОП ежемесячно формируют план-отчет по технико-экономическим расчетам для их анализа в ПЭУ. По получаемым технико-экономическим расчетам ПЭУ определяет выполнимость общего плана производства и передает эти данные в ПДУ (см. рисунок 25). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 25-26.

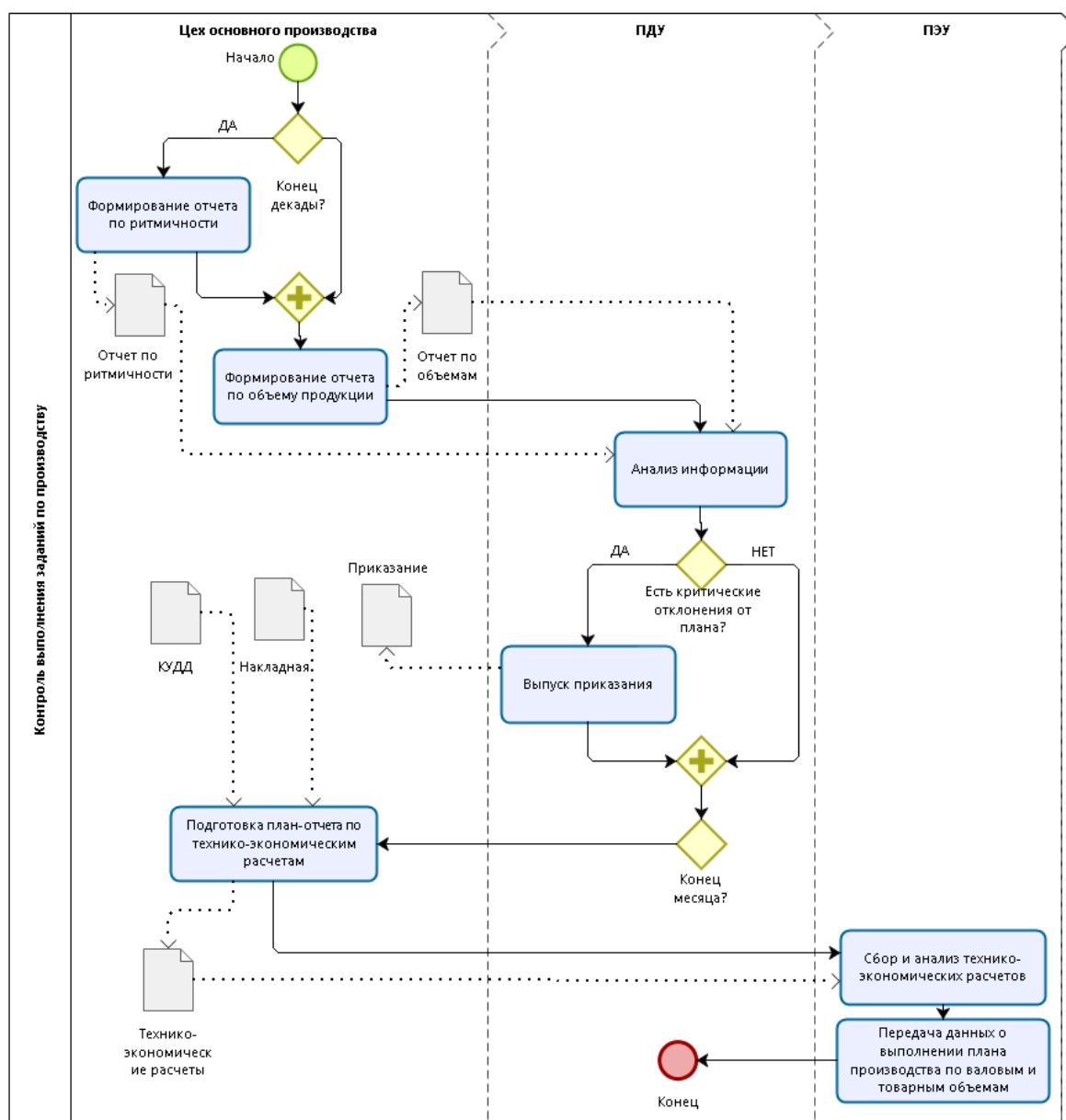


Рисунок 25 — Процесс «Контроль выполнения заданий по производству»

Таблица 25 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
ПЭУ	Производит контроль выполнения производственной программы, отчетов цехов по основным технико-экономическим показателям и смете расходов на производство, правильности планирования и достоверности представляемых отчетов
ПДУ	Формирует и контролирует выполнение директивных документов, сроков сдачи деталей, сборочных узлов и агрегатов; выполнение суточного и оперативного графиков, графиков командной номенклатуры по изготовлению деталей
Цех основного производства	Подготавливает и сдает в ПДУ диспетчерские рапорты по выполнению приказаний, суточных графиков и других оперативных графиков производств

Таблица 26 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Отчет по ритмичности	Служит основанием для планирования руководителей, специалистов и служащих подразделений предприятия	Отчет по ритмичности выполнения суточных и оперативных графиков, протоколов и других директивных документов	Цех основного производства
Отчет по объемам	Служит для контроля цехами выполнения производственных заданий и формирования соответствующих директивных указаний	Отчет в нормо/часах	Цех основного производства
КУДД	Обеспечение учетной информации по сдаче деталей	Карточка учета движения детали, содержит необходимые параметры детали для ее учета	Цех основного производства
Накладная	Накладная(ые) на получение необходимых материалов, заготовок, полуфабрикатов, комплектующих изделий		Цех основного производства
Технико-экономические расчеты	Выявление возможности увеличения выпуска продукции, повышения производительности труда, снижения себестоимости и трудоемкости продукции	Технико-экономические показатели работы цеха, участков, бригад	Цех основного производства

Основное производство

Описание процесса «Основное производство», разрез «Производство ВС по договору»

Отдел маркетинга производит заключение договора. Он ведет дальнейшее сопровождение (контроль исполнения) договора и осуществляет взаимодействие с заказчиком на протяжении всего процесса. Подразделения главного инженера производят конструкторско-технологическую подготовку производства. Цеха-поставщики деталей ведут изготовление деталей, которые сопровождаются КУДД и накладными при передаче деталей на межоперационную обработку. Готовые детали передаются на хранение в цех отгрузки. В цехе производится комплектация в соответствии с комплекточными ведомостями. Готовые комплектации (агрегаты), а также детали передаются в цеха АСП и ПОС, где происходит окончательная сборка изделия. Готовое изделие поступает в ЛИС, которая производит наземные и летные испытания, после их окончания цех отгрузки осуществляет отгрузку изделия (см. рисунок 26). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 27-28.

Таблица 27 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
Дирекция по маркетингу и продажам	Производит проработку и заключение договора с заказчиком; контролирует исполнение договора и обеспечивает взаимодействие с заказчиком на всех этапах производства ВС
Подразделения главного инженера	Производит конструкторско-технологическую подготовку производства
Цех-поставщик	Изготавливает детали и передает их на хранение в цех отгрузки
Цех отгрузки	Обеспечивает прием деталей от цеха-поставщика, хранение, учет, выдачу цеху-сборщику деталей и агрегатов
Цех АСП (ПОС)	Производит сборку агрегатов и изделий
ЛИС	Производит наземные и летные испытания изделия
Цех комплектации	Комплектация и передача технической аптечки и наземного оборудования к изделию

Таблица 28 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Карта проработки	Используется при изготовлении и обработке детали	Описывает технологический процесс изготовления детали	УГТ
КУДД	См. таблицу 26		
Накладная			
Комплекточная ведомость	Входит в технологический паспорт сборочного задания, в соответствии с которым формируется комплектация и ведется ее учет	План комплектации комплекта (агрегата)	Цех отгрузки
Деталь	Составная часть изделия		Цех-поставщик
Оснастка			Подразделения главного инженера
Комплектация	Набор деталей для сборки агрегата и/или выполнения технологического этапа работ		Цех отгрузки
Изделие	Выпускаемое изделие		

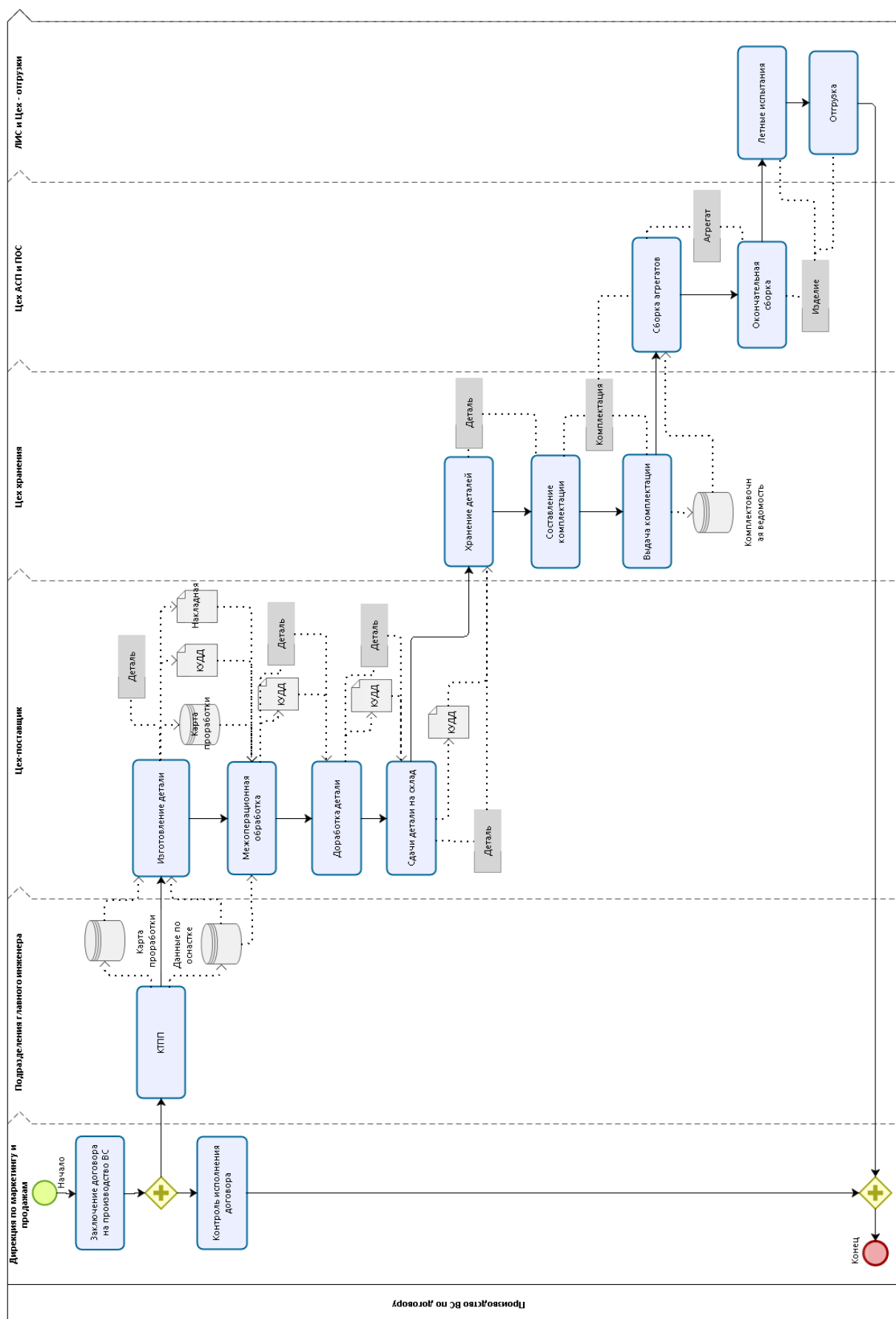


Рисунок 26 — Процесс «Основное производство», разрез «Производство ВС по договору»

Конструкторско-технологическая подготовка производства

Описание процесса «Конструкторско-технологическая подготовка производства»

Процесс КТПП включает набор мероприятий, осуществляемых до начала основных работ по изготовлению самолета.

Канцелярия принимает комплекты конструкторской и технологической документации, другие директивные документы от разработчика и передает их в УГК или в УГТ в зависимости от их принадлежности. В УГК происходит проработка комплекта КД и формируется ведомость замечаний, которая направляется в КБ для согласования изменений в КД. После проведения согласований в КБ, в случае отсутствия замечаний на КД, в УГК принимается решение о внедрении КД и производится запуск в производство КД УГК. Также в УГК на основании ЭТД разрабатывается ЭТД самолетов и производится выпуск ЭТД завода. Комплекты документов, сформированные в УГК, направляются в цеха основного производства.

На основании комплекта ТД и КД УГК в УГТ производится технологическая подготовка производства. Результатом является выпуск комплекта КД на оснастку, который направляется в ПТО, и выпуск других технологических документов для основного производства.

В ПТО на основании комплекта КД на оснастку производится изготовление самой оснастки, которая также поступает в цеха основного производства (см. рисунок 27). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 29-30.

Таблица 29 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
Канцелярия	Обеспечивает прием конструкторской документации от разработчика
УГК	Производит конструкторскую подготовку производства, с учетом конструктивных особенностей данного ВС
УГТ и службы главных специалистов (СГС по КМ, СГМет, СГМетр, КОС)	Производит технологическую подготовку производства изделия, описание технологического процесса
ПТО	Производит технологическую оснастку
Технологические службы производства	Производит технологическую проработку КТД

Таблица 30 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Директивные документы	Набор нормативных документов, на основании которых ведутся работы по КТПП	Набор нормативной документации для изготовления самолета	Разработчик (КБ)
Комплект КД		Конструкторская документация	
Комплект ТД		Технологическая документация	
ЭксТД		Эксплуатационно-техническая документация	
КД УГК	Используется в УГТ при технологической подготовке производства, а также в цехах основного производства	КД, проработанная в УГК	УГК
Ведомость замечаний	Формируется в УГК при наличии замечаний к КД для предъявления их в КБ	Замечания к КД	
ЭксТД завода	Используется при эксплуатации ВС	Эксплуатационно-техническая документация завода	УГК
Комплект КД на оснастку	Используется ПТО при изготовлении оснастки	Конструкторская документация на оснастку	УГТ
Оснастка	Используется при изготовлении ВС	Оснастка	
Технологические документы	Регламентация технологических процессов	Набор технологической документации	УГТ и технологические службы цехов

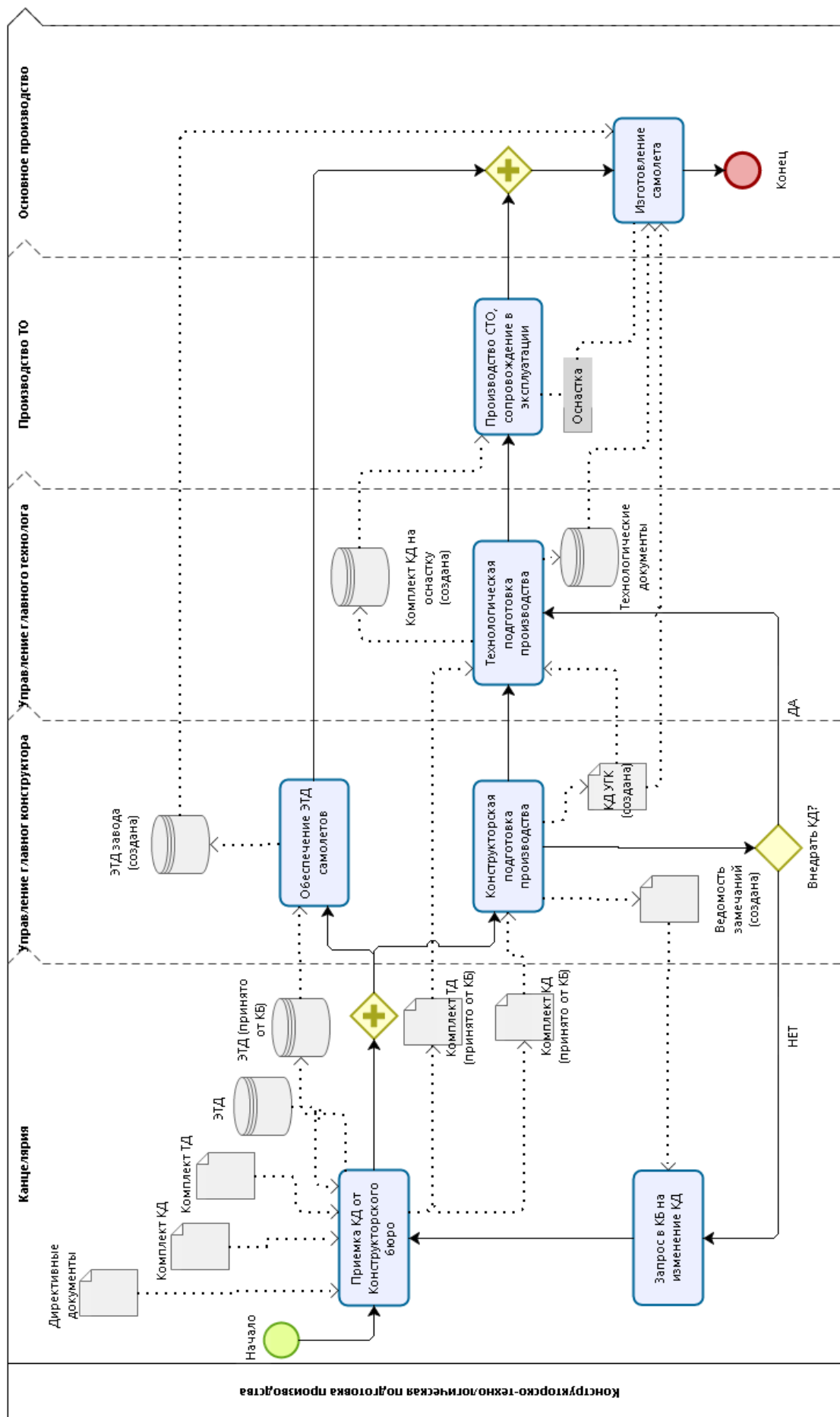


Рисунок 27 — Процесс «Конструкторско-технологическая подготовка производства»

Материально-техническое снабжение**Описание процесса «Материально-техническое снабжение», разрез «Годовое планирование поставок»**

Товарные отделы определяют поставщиков материалов, предлагающих самые выгодные условия для предприятия, и предоставляют эту информацию (цены и др.) в ПДО УМТС. ПДО на основании годового плана производства и заявок на материалы от подразделений составляет сводный план поставок материалов и направляет его в ПЭУ. На основании предоставленной информации о поставщиках ПДО производит расчет необходимых денежных средств и передает его в виде плана затрат на материалы по смете в ПЭУ для проведения экономических расчетов (см. рисунок 28). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 31-32.

Таблица 31 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
Товарный отдел (УМТС)	Производит изучение и анализ информации о поставщиках (по данному материальному ресурсу) и выбор поставщиков, предлагающих более выгодные условия для предприятия (условия поставки, оплаты, цены)
Планово-диспетчерский отдел (УМТС)	Принимает от служб и цехов заявки на материалы, разрабатывает и утверждает сводный план материально-технического снабжения на планируемый год, рассчитывает потребность необходимых денежных средств на приобретение материальных ценностей на планируемый год
ПЭУ	Принимает договоры по поставке ПКИ и полуфабрикатов для визирования, согласовывает цены на ПКИ, агрегаты и детали, ведет прием, проработку и учет выполнения планов работы УМТС, а также передает в УМТС графики сборки и сдачи агрегатов по изделиям, закрытия ГО, заказы с калькуляцией

Таблица 32 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Заявка на материалы	Служат основой для составления сводного плана потребностей цехов в материалах	Определяет потребности цеха в материалах	ПДО, УМТС
Годовой план производства		См. Таблицу 18	
Графики закрытия ГО		См. Таблицу 18	
Сводный план	В соответствии со сводным планом ведется учет и контроль расхода материалов цехами (в соответствии с нормами расхода)	Формируется на основе утвержденных годовых заявок на материалы	ПДО, УМТС
Планируемый объем затрат на материалы по смете	Передается в ПЭУ для проведения экономических расчетов	Затраты на материалы по смете	

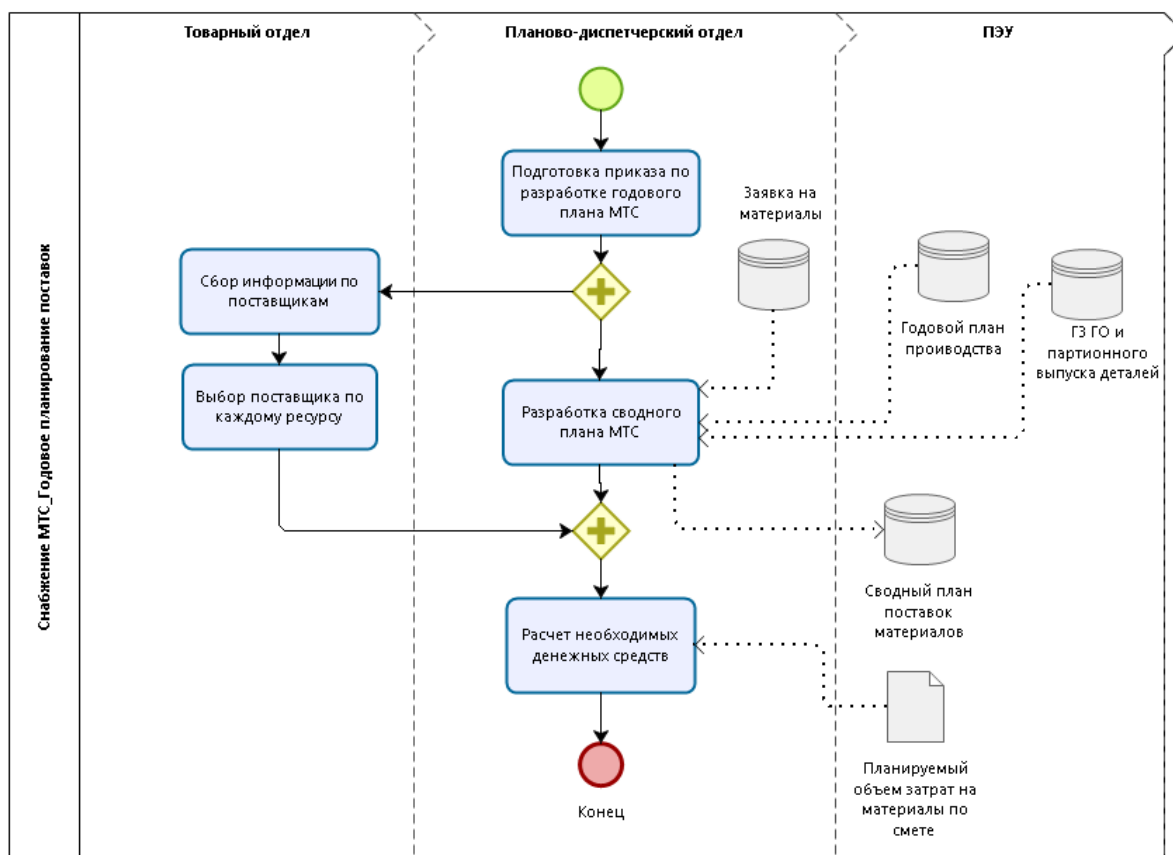


Рисунок 28 — Процесс «Снабжение МТС», разрез «Годовое планирование поставок»

Описание процесса «Материально техническое снабжение», разрез «Месячное планирование/контроль»

ПДО УМТС получает от цехов месячную потребность в материалах и выявляет недостающие материалы, участвует в совещаниях с цехами и службами для выявления остродефицитных материалов и на основании этого формирует ежемесячный план МТС. Далее ПДО формирует перечень материалов на оплату, который направляется в Финансовое управление, и план-отчет, который передается в ПЭУ для проведения экономических расчетов (см. рисунок 29). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 33-34.

Таблица 33 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
Товарный отдел (УМТС)	Формирует месячный план МТС
ПДО (УМТС)	Определяет ежемесячную потребность предприятия в сырье и материалах, рассчитывает потребность необходимых денежных средств, составляет план-отчет по материально-техническому снабжению предприятия
Финансовое управление	Получает перечень материалов по всем направлениям потребления, предоставляет в УМТС ежемесячный реестр материалов
ПЭУ	Получает от УМТС план-отчет о выполнении тематического плана

Таблица 34 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Месячная потребность в материалах	Основа для формирования месячного плана работы МТС		ПДО
Протокол совещания с цехами и службами	Выявление остродефицитных деталей и включение их в суточные графики УМТС с установленными сроками поставки	Результат совместного совещания с цехами и ПДУ о потребностях цехов в материалах	ПДО
Перечень материалов	Передается в Финансовое управление для контроля оплаты счетов поставщиков	Перечень материалов по всем направлениям потребления	ПДО
План-отчет	Передается в ПЭУ для проведения экономических расчетов	План-отчет о выполнении тематического плана	ПДО

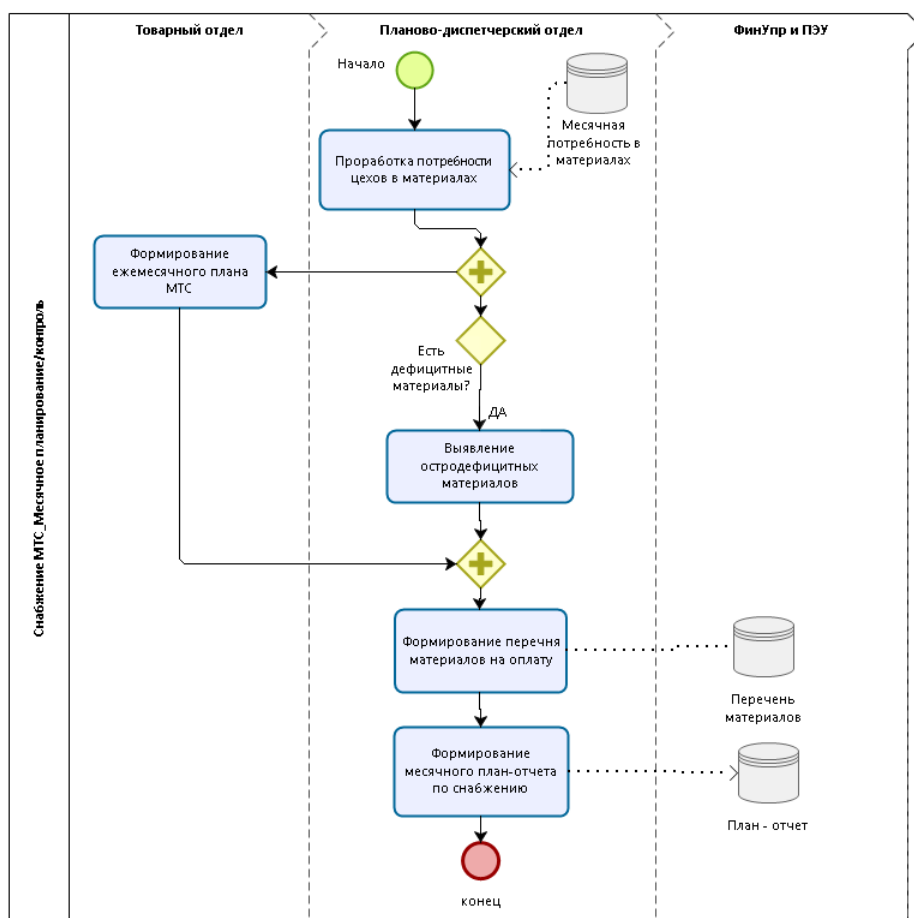


Рисунок 29 — Процесс «Снабжение МТС», разрез «Месячное планирование/контроль»

Описание процесса «Материально техническое снабжение», разрез «Поставка материалов»

Товарный отдел УМТС формирует заявки на поставку материалов для поставщиков. После этого товарный отдел подготавливает проекты договоров на поставку материалов и направляет их для согласования и визирования в ПЭУ. После этого согласованные договора передаются на заключение с поставщиками. Далее товарный отдел в рамках заключенного договора и на основе сводного плана поставки материалов формирует заказ-наряд и спецификации на материалы. Поставщик по этому заказу составляет счет на поставляемые материалы, который передается в Финансовое управление и инициирует процесс поставки. Копия платежного поручения передается в ПДО УМТС для контроля за поступившими материалами, которые поступают на хранение в цех складского хозяйства (см. рисунок 30). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 35-36.

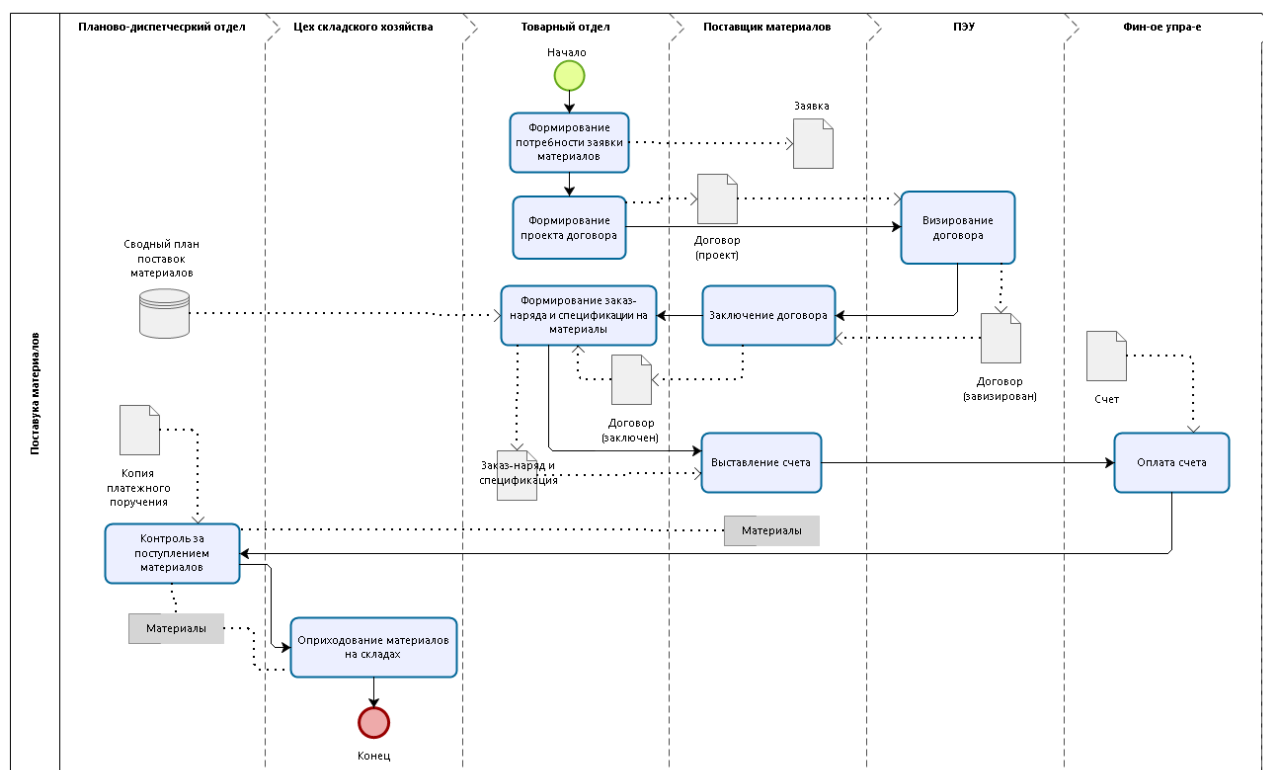


Рисунок 30 — Процесс «Снабжение МТС», разрез «Поставка материалов»

Таблица 35 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
ПДО (УМТС)	Контролирует своевременное поступление и выдачу материалов в производство
Цех складского хозяйства	Обеспечивает прием материалов от поставщиков.
Товарный отдел	Оформляет договора поставки материалов, ведет оперативную связь с поставщиками, осуществляет акцепт и регистрацию счетов
Поставщик материалов	Ведет поставку материалов в соответствии с заключенным договором
ПЭУ	Участвует в оформлении и визировании договора на поставку материалов
Финансовое управление	Производит оплату по счетам, выставленным поставщиком материалов

Таблица 36 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Сводный план	Служит основой для формирования заказа-наряда и спецификации на материалы	см. Таблицу 32	
Договор	Основной документ, согласно которому ведется взаимодействие с поставщиком материалов	Договор о поставке материалов	Товарный отдел
Заявка	Является предварительным документом перед составлением проекта договора на поставку материалов	Заявка поставщику на закупку материалов	Товарный отдел
Заказ-наряд и спецификация	Предъявляется поставщику для формирования им поставки и выставления счета		Товарный отдел
Счет	Предъявляется поставщиком материалов и принимается для оплаты финансовым управлением		Поставщик материалов
Копия платежного поручения	Направляется в ПДО для контроля поставляемых материалов		Финансовое управление

Описание процесса «Снабжение ПКИ», разрез «Годовое планирование поставки ПКИ»

Плановый отдел принимает заявки на ПКИ от всех подразделений предприятия и определяет общую потребность ПКИ на год, с учетом имеющихся остатков на участке складского хозяйства. На её основе формируется план работы УВК на год по закупкам ПКИ (см. рисунок 31). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 37-38.

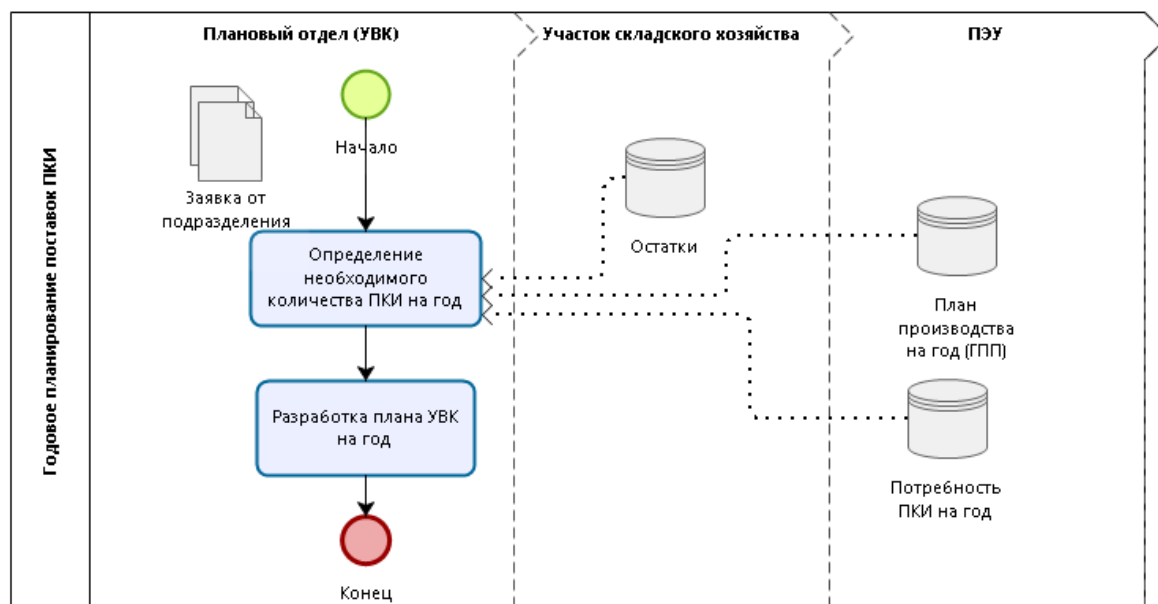


Рисунок 31 — Процесс «Снабжение ПКИ», разрез «Годовое планирование поставки ПКИ»

Таблица 37 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
Плановый отдел (УВК)	Определяет необходимое годовое количество ПКИ на план производства, разрабатывает и согласовывает годовой план работ УВК
Участок складского хозяйства	Предоставляет сведения об остатках ПКИ на складах
ПЭУ	Предоставляет УВК годовой план производства для расчета сводных потребностей в ПКИ и получает его (расчет) для определения затрат по смете производства

Таблица 38 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Заявка от подразделения	Служит основой для определения необходимого количества ПКИ, с учетом складских остатков	Перечень ПКИ, необходимых для подразделения по всем основным и вспомогательным заказам	Подразделение-заказчик ПКИ
Потребность ПКИ на год	Служит основой для определения плана работ УВК	Необходимое годовое количество ПКИ с разбивкой по кварталам	Плановый отдел
Программа производства на год	Служит основой для определения необходимого количества ПКИ на год	См. таблицу 18	

Описание процесса «Снабжение ПКИ», разрез «Поставка ПКИ»

На основании Потребности ПКИ на год плановый отдел УВК формирует заявки на поставку для поставщиков ПКИ. Далее он (плановый отдел) подготавливает проекты договоров на поставку ПКИ и направляет их для согласования и визирования в ПЭУ, Финансовое управление и Юридический отдел. После этого договор согласуется с поставщиком и передается на заключение. Поставщик составляет счет на поставляемые ПКИ, который передается в Финансовое управление и инициирует процесс поставки. Товарный отдел контролирует процесс поставки (перевозки), принимает ПКИ и направляет их на хранение на участок складского хозяйства (см. рисунок 32). Описание исполнителей и артефактов процесса представлено в таблицах 39-40.

Таблица 39 — Подразделения АО «Авиастар-СП», участвующие в процессе

Название исполнителя	Назначение для процесса
ПЭУ	Получает от УВК договора с поставщиками ПКИ для проверки цен и визирования
Участок складского хозяйства	Ведет прием ПКИ на складе
Товарный отдел	Реализует заключенные договора на поставку ПКИ, ведет контроль их исполнения со стороны предприятия
Плановый отдел (УВК)	Формирует и направляет специфицированные заявки на заключение договоров на поставку ПКИ, оформляет договора с формированием протокола разногласий
Юридический отдел	Получает проекты договоров с поставщиками для проверки на соответствие с действующими законами и визирования
Финансовое управление	Получает проекты договоров для визирования, сведения об очередности оплаты счетов, акцептованные счета, выставяемые поставщиком ПКИ
Поставщик ПКИ	Ведет поставку ПКИ в соответствии с заключенным договором

Таблица 40 — Описание артефактов

Наименование	Назначение	Содержание	Ответственность
Потребность ПКИ на год	См. таблицу 38		
Договор	Основной документ, согласно которому ведется взаимодействие с поставщиком ПКИ	Договор о поставке ПКИ	Товарный отдел
Заявка	Является предварительным документом перед составлением проекта договора на поставку ПКИ	Заявка поставщику на закупку ПКИ	Плановый отдел
Счет	Предъявляется поставщиком ПКИ и принимается для оплаты (для подписания платежного поручения) финансовым управлением		Поставщик ПКИ
Платежное поручение	Платежное поручения «АО Авиастар-СП» о переводе средств на счет поставщика ПКИ		Финансовое управление

Система управления процессами цифрового производства высокотехнологичных изделий на базе комплексной модели оценки деятельности предприятия

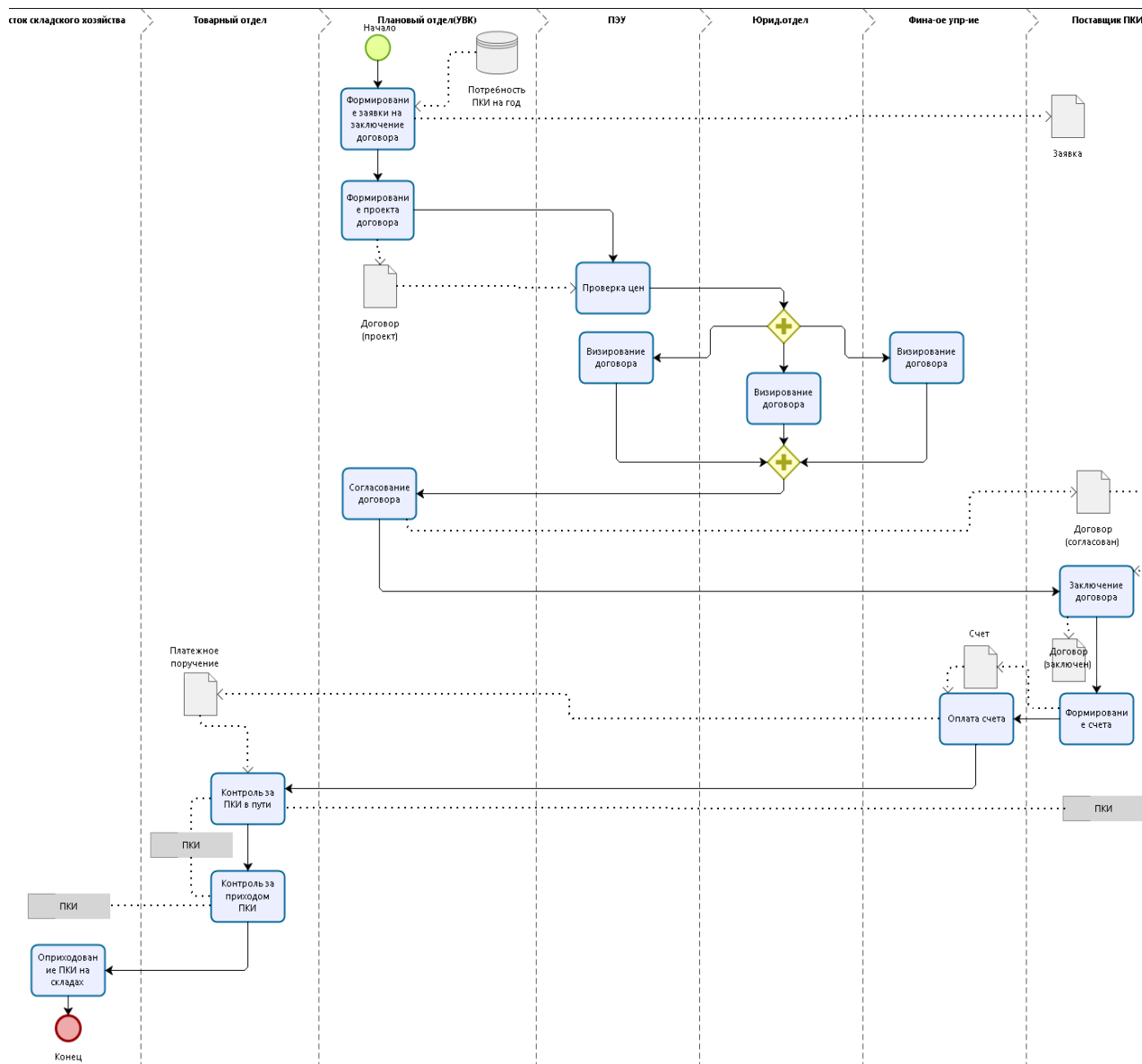


Рисунок 32 — Процесс «Снабжение ПКИ», разрез «Поставка ПКИ»

2.4. Построение комплексной модели

На предыдущем этапе (см. отчет по первому этапу) было определено понятие комплексной модели, которая будет являться инструментом управления деятельностью предприятия и позволит осуществлять поэтапное внедрение методологии управления с учетом особенностей предприятия.

Модель включает:

математические модели оценки и управления по заданным принципам;
инфологическую модель (хранилище данных), описывающую предприятие и его деятельность;
компонентную (информационно-графовую) модель;
информационную систему;
регламент управления деятельностью предприятием.

На первом этапе описывалось содержание этих уровней (подмоделей), на данном этапе рассматривается вопрос построения этих уровней (подмоделей) для нужд предприятия.

Уровень математических моделей

На основе анализа применяемых в практике промышленных предприятий методологий управления нами были выбраны принципы «точно в срок», «с заданной себестоимостью» и «с учетом рисков». Традиционно данные принципы присущи методам, применяемым менеджментом предприятий. Однако, развитие цифрового производства, интеллектуальных компонент на производственных предприятиях приводит к пониманию формирования нового типа систем, в которых часть управленческого функционала (вполне возможно, что и большая) будет передано подсистемам искусственного интеллекта информационных систем.

В этом случае логику принятия решений следует формализовать с целью развития аппарата рационального принятия решений интеллектуальными подсистемами. На текущий момент времени математические модели представляются наиболее адекватным решением для формирования сложной логики управления в информационных системах.

Нами предлагается все рассматриваемые модели узлов описывать в виде математических моделей, которые отвечают выбранным принципам и формализуют логику.

Описание варианта построения параметрической модели верхнего уровня

Здесь приведен пример описания узла верхнего уровня.

В условиях сложной экономической ситуации (нехватка финансовых и трудовых ресурсов необходимой квалификации, существенные ограничения на производственные фонды, активные действия конкурентов, экономические санкции и т.д.) важным компонентом в получении рыночного преимущества является эффективная организация экономической деятельности предприятия [52].

Для крупных многономенклатурных предприятий, имеющих большое число заказов (позаказное производство), основными целями являются: обеспечение выполнения заказа (выпуска продукции или услуг) в срок, снижение его себестоимости и уменьшение возможных потерь от внешних воздействий.

В изменяющихся экономических условиях предприятия постоянно вынуждены совершенствовать свои методы и методологии управления с учетом прогнозирования рисков внешней среды и собственных возможностей (ассортимента продукции и услуг, цен и качества материальных ресурсов поставщиков, рынков сбыта и т.д.), для этого разрабатываются и внедряются новые методы. Авторами [53-55] решается проблема управления рисками при производстве инновационной продукции за счет разработки экономико-математических моделей влияния рисков на уровень конкурентоспособности и использования современного математического инструментария. В работах [53, 56] рассматрива-

ются вопросы объединения организационных принципов «точно в срок» и «под заданную стоимость» в первой и «точно в срок» и «быстро реагирующего производства» во второй.

Нами предлагается формализация принципов управления деятельностью предприятия на основе математического моделирования, что позволяет гибко адаптировать модель к организационной структуре предприятия, изменяющимся внешним факторам среды и позволяет настраивать управленческие приоритеты.

С одной стороны, для использования предлагаемой модели и ее применения требуются современные инструменты, в условиях цифрового производства ими являются информационные системы. С другой стороны, развитие информационных систем в цифровой экономике требует включения в функционал систем не только учетных функций, но и управленческих, что в свою очередь ставит вопрос о формальном описании принципов управления. Таким образом, формальная модель управления станет основой для информационных систем в экономике.

Рассмотрим на верхнем уровне управления предприятия стратегию управления инвестиционными потоками, направленными на повышение эффективности деятельности предприятия.

Пусть $y(t)$ — валовый выпуск в момент времени t , $I(t)$ — поток инвестиций в момент времени t , $v(t)$ представляет собой кумулятивный эффект от воздействия инвестиций, накопленный на интервале $[\tau_1; \tau_2]$ $G(\tau)$ описывает характер влияния инвестиций, сделанных в прошлые моменты времени, τ — временной лаг, $w(t)$ содержит влияние неинвестиционных факторов на валовый выпуск. Тогда введенные переменные можно связать следующими уравнениями:

$$v(t) = \int_{\tau_1}^{\tau_2} G(\tau) I(t - \tau) d\tau, \quad (1)$$

$$w(t) = g(y(t - 1)), \quad (2)$$

$$y(t) = f(v(t), w(t)). \quad (3)$$

Основным финансовым показателем деятельности предприятия на планируемом периоде $[0; T]$ является прибыль

$$\Pi(T) = \int_0^T \pi(y(t), I(t)) ds = \int_0^T (f(v(t), w(t)) - I(t) - c(y(t), t)) dt. \quad (4)$$

где $c(y(t), t)$ — общие производственные издержки в момент времени t , которые не зависят от инвестиций.

Инвестиционный бюджет обычно ограничен, определим ограничение в виде

$$0 \leq I(t) \leq b, \quad t \in [0; T]. \quad (5)$$

Задание конкретного вида функций $g(y)$, $f(v, w)$, $c(y(t), t)$ и $G(\tau)$ определяется статистическими методами на основе информации о значениях показателей предприятия с ус-

ловием специфики деятельности рассматриваемого предприятия. Однако общие требования к данным функциям можно сформулировать в виде:

- $f(v, w)$, $c(y(t), t)$ и $G(\tau)$ — неотрицательные на соответствующей области в силу прикладного характера показателей;
- $f(v, w)$ возрастает по переменной v ;
- $G(\tau)$ имеет единственный максимум и на бесконечности стремится к нулю.

Если поток инвестиций считать управлением, то можно ставить задачу максимизации прибыли (формула (4)) на интервале планирования $[0; T]$ при условиях формул (1)-(4).

Пусть y^* — требуемый объем валового выпуска, который нужно произвести за время T^* , тогда задача поиска инвестиционной стратегии (формулы (1)-(4)) при условии

$$\int_0^{T^*} y(t) dt = y^* \quad (6)$$

обеспечивает принцип «точно в срок» и формирует множество $S_{ЛТ}$ (в данном случае это множество инвестиционных стратегий). Если это не множество не пусто, то за счет максимизации формулы (4) на множестве $S_{ЛТ}$ можно найти единственную инвестиционную стратегию, удовлетворяющую принципу «точно в срок».

Полученная задача является задачей оптимального управления с интегро-дифференциальными связями, для решения этой задачи требуются соответствующие методы, в общем случае численные. Такая задача может быть решена методом параметризации [57].

Пусть PC^* — заданная себестоимость производимой продукции, тогда условие

$$PC^* \geq \int_0^T c(y(t), t) dt / \int_0^T y(t) dt, \quad (7)$$

представляет собой требование обеспечения себестоимости продукции в плановом периоде не выше заданной.

Вариационная задача (формулы (1), (2), (4), (5), (7)) определяет множество S_{FPC} (множество инвестиционных стратегий), обеспечивающее принцип «под заданную себестоимость». Если множество S_{FPC} содержит несколько стратегий, то выбор единственного решения возможен за счет введения дополнительного критерия, например, максимизации функционала (18) на этом множестве. Полученная задача представляет собой задачу оптимального управления с интегро-дифференциальными связями.

Реализация принципа «точно в срок, под заданную себестоимость» сводится к поиску инвестиционных стратегий: формулы (1), (2), (4)-(7). Выбор единственной инвестиционной стратегии возможен за счет введения дополнительного критерия, который рассматривается на множестве стратегий $S = S_{ЛТ} \cap S_{FPC}$. Практическое решение данной оптимизационной задачи может быть получено с использованием специальных численных методов, в частности, методом параметризации [57].

Приведенная математическая модель является моделью верхнего уровня абстракции, при использовании на практике, как и в приведенном примере, она уточняется с учетом решаемой задачи, выбранных критериев и имеющихся ограничений.

Модель рекомендуется использовать при проектировании информационных систем поддержки управленческих решений менеджеров различных уровней для оценки и контроля деятельности предприятия в целом или отдельных его аспектов. При внедрении методологии управления, использующей описанную модель, необходимо проработать подмодели до требуемого уровня. Модели могут строиться на основе разнородных методов: стохастических, параметрических, эвристических и т.д. Предлагаемый подход позволяет использовать множество гетерогенных подмоделей для задачи оценки и управления на базе одного или нескольких определенных критериев: точно в срок, с заданной себестоимостью, с учетом рисков.

Применение такой методологии целесообразно на крупных предприятиях, в частности, машиностроительных и авиационных.

Примеры моделей узлов КМ

КМ состоит из множества гетерогенных узлов, некоторые могут быть представлены простой моделью, выраженной одной формулой или агрегированной функцией, а часть узлов требуют разработки более сложных моделей. Ниже приводятся примеры разработки таких моделей.

Модель оценки движения материальных потоков между цехами предприятия

В качестве примера возможного применения принципа «точно в срок, под заданную себестоимость, с учётом рисков» рассмотрим оценку движения материальных потоков между производственными цехами на авиастроительном предприятии.

На многономенклатурном мелко- и среднесерийном авиастроительном предприятии АО «Авиастар-СП» (г. Ульяновск) имеется несколько видов производств:

- механо-каркасное производство (МКП);
- механо-сборочное производство (МСП);
- заготовительное-штамповочное производство (ЗШП);
- производство композиционных материалов (ПКМ);
- металлургическое производство (МетП);
- производство защитных покрытий (ПЗП);
- агрегато-сборочное производство (АСП);
- производство окончательной сборки (ПОС).

Маршрут движения деталей (сборочных единиц) по цехам-изготовителям данных видов производств определен в PDM-системе на основе цикловых графиков и графиков групп опережения. Таким образом, граф движения материальных потоков можно считать детерминированным.

Проблема заключается в том, что план-график определяется на месяц, и дальнейшая детализация плана происходит на уровне начальников цехов без использования автоматизированных систем построения плана, что приводит к нарушению срока выполнения плана, повышению себестоимости продукции, повышению рисков невыполнения плана.

Пусть N — количество цехов. Для простоты склад будем считать одним из цехов, в который поступают полуфабрикаты из других цехов, комплектующие из внешней среды.

В свою очередь, со склада полуфабрикаты и комплектующие поступают в цехи по плану или требованию.

Согласно выше введенным обозначениям, определим следующую трактовку для рассматриваемого объекта.

Пусть $y^* = (y_1^*, y_2^*, \dots, y_N^*)$ — вектор планируемого выпуска для цехов за месяц, при этом каждая из компонент может быть также многомерным вектором, так как цехи могут выпускать многономенклатурную продукцию;

n_i — количество различных комплектующих, необходимых для производства продукции в объеме y_i , $1 \leq i \leq N$;

R_{ij} — количество ресурса (комплектующие, полученные из других цехов) вида j , $1 \leq j \leq n_i$, преобразуемого на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

r_i — количество видов производственных факторов (оборудование, рабочие соответствующей квалификации, оснастка, инструмент), используемых на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

X_{ij} — значение фактора вида j , $1 \leq j \leq r_i$, используемого на этапе i , $1 \leq i \leq N$;

$\zeta_i(t)$ — случайная величина потерь технологической системы, влияющая на результат, на этапе i , $1 \leq i \leq N$.

В силу технологии производства преобразование ресурсов и использование факторов имеет линейный характер, следовательно, может быть записано в виде линейных уравнений и линейных ограничений.

Номинальное значение выпуска в момент t :

$$y_i(t) = A_i R_i(t - \tau_i) + B_i X_i(t - \tau_i). \quad (8)$$

Технологическая взаимосвязь факторов и ресурсов:

$$C_i R_i(t) + D_i X_i(t) = b. \quad (9)$$

Матрицы соотношений (8), (9) строятся на основе нормативных параметров технологических процессов, используемых на соответствующем этапе производства. Величина времени выполнения этапа τ_i определяется на основе временных параметров технологических процессов.

Ограниченность используемых факторов и ресурсов:

$$R_i(t) \geq 0, X_i(t) \geq 0, \sum_{i=1}^N X_i \leq X^*, \sum_{i=1}^N R_i \leq R^*. \quad (10)$$

Условие выполнения плана:

$$\int_0^T y_i(t) dt = y_i^*, i = 1, 2, \dots, N. \quad (11)$$

Множество решений $X_i(t) \geq 0, R_i(t) \geq 0, 1 \leq i \leq N$ задачи (8)-(11) формирует множество $S_{ЛТ}$. Определение непустоты множества $S_{ЛТ}$ сводится к нахождению решения

системы линейных динамических уравнений. Данная система представляет собой алгебраическую систему уравнений, для решения которой требуются соответствующие методы. Если требуется искать решение в определенном классе управлений (например, условие ритмичности загрузки трудовых сил или производственных фондов), то можно применить метод параметризации [51].

Очевидно, что преобразование ресурсов в выпуск связано с различными рисками, обусловленными условиями труда, организацией производственного процесса, трудовой дисциплиной, взаимодействием с внешними и внутренними поставщиками. Данные риски можно аддитивно включить в виде случайной величины в соотношение (8), определяющее нормативный выпуск.

$$y_i(t) = A_i R_i(t - \tau_i) + B_i X_i(t - \tau_i) + \zeta_i(t). \quad (12)$$

Таким образом, соотношение (12) моделирует реальный выпуск, обусловленный фактическим производственным процессом. Оценка распределения случайной величины $\zeta_i(t)$ может быть определена из реальной производственной статистики.

В дальнейшем, применяя методы имитационного моделирования, можно будет построить интервальную оценку для времени выполнения плана T , тем самым понять возможность выполнения плана точно в срок.

На этапе анализа реальных данных можно выявить какие риски находятся в наибольшей корреляционной связи с выпуском, и если их влияние существенно, то следует разработать рекомендации по снижению влияния. Разработка таких рекомендаций представляет систему управления рисками.

Модель межцехового планирования с учетом производственных ограничений на примере авиастроительного предприятия

В настоящее время отечественные авиастроительные предприятия, имеющие низкий цеховой уровень автоматизации, испытывают трудности, связанные с оперативным планированием номенклатуры; перестройкой плана производства при введении нового заказа; оптимальным составлением плана закупок материальных ресурсов; оптимальной загрузкой оборудования, трудовых ресурсов в рамках установленного производственного бюджета. Практика показывает, что некачественное составление плана производства приводит к ряду нежелательных последствий — излишним товарным и материальным запасам, низкому показателю уровня обслуживания заказчиков, простоям мощностей, большой длительности производственного цикла, появлению нервозности при диспетчеризации, перерасходу заработной платы [58].

Существующие современные системы автоматизации позволяют эффективно управлять процессами и оборудованием, автоматизируют сбор данных о производственных процессах в режиме реального времени, устанавливают и контролируют показатели по затратам на выпуск продукции для смен, бригад, цехов, сокращают производственные циклы, оперативно управляют качеством выпускаемой продукции. Внедряя систему оперативного управления производством, предприятие добивается возможности снижать себестоимость выпускаемой продукции и как следствие увеличивать прибыль. В мировом авиастроении системы оперативного управления используются на таких предприятиях, как Boeing и Airbus, Cessna и Embraer, Rolls-Royce и Gulfstream [59].

Перед разработкой или внедрением готовой системы оперативного управления на отечественном авиастроительном предприятии необходимо провести ряд подготовительных работ (обеспечить интеграцию автоматизированных систем, создать единое информационное пространство, определить показатели планирования и пр.). Здесь рассмотрена одна из первоочередных задач подготовительных работ — описание модели планирования на уровне цеха с учетом имеющихся производственных ограничений и выявление ключевых показателей цехового планирования.

Основой деятельности любого крупного машиностроительного предприятия является план производства, разработанный в соответствии с планом продаж или аналогичным документом, описывающим стратегию развития предприятия. План производства связывает основные цели бизнес-плана с планированием работы производственной, финансовой, сбытовой, снабженческой и других служб предприятия [58].

Входными данными для составления многономенклатурной производственной программы на авиастроительном предприятии АО «Авиастар-СП» (г. Ульяновск) служат контрольные цифры по выпуску основных агрегированных видов продукции, получаемые из цикловых графиков. В процессе составления плана эти данные анализируются и сопоставляются с имеющимися ресурсами предприятия.

Качество составляемого плана производства прежде всего определяется балансом спроса на продукцию и используемых ресурсов. Если план продаж существенно превышает возможности предприятия при его обычной работе, это приводит к увеличению стоимости за счет оплаты сверхурочных работ и снижению качества продукции. Наоборот, при выполнении плана производства, превышающего план продаж, появляются излишки продукции и падают финансово-экономические показатели.

Очень важен другой аспект плана производства — правильное соотношение между планированием агрегированной продукции и ее детализацией. При разработке плана производства необходимо сначала определить укрупненные объемы производства по агрегированным группам, а после этого специфицировать такие группы по конкретным типоразмерам продукции. План, составленный на уровне цеха, будет основой среднесрочного планирования материальных и трудовых ресурсов.

План по агрегированным группам продукции можно рассчитывать в различных единицах измерения. Наиболее общий показатель — объем производства в стоимостном выражении, но он мало что говорит сотрудникам производства и служб снабжения. Для этих работников более удобны показатели выпуска готовой продукции в натуральных единицах, тоннах, или даже в нормочасах. Использование нормочасов для оценки производительности цехов не позволяет выполнить план по номенклатуре деталей, поскольку цеха стремятся выполнить план в нормочасах, изготавливая продукцию большими размерами партий, детали которых идут не только на самолеты, находящиеся в стадии сборки; при этом основная часть произведенной продукции уходит в незавершенное производство. Такая необходимость загрузки цехов и оборудования оправдана ликвидированием простоя трудовых ресурсов и производственных мощностей, но приводит к излишнему увеличению запасов незавершенного производства, что непосредственно отражается на себестоимости продукции.

Фактически план производства, как правило, есть некоторый компромисс между реальными возможностями предприятия и желанием производить продукцию в соответствии с планом продаж. Прежде всего, при составлении плана производства имеет смысл

установить рациональное соотношение между затратами на изменение числа занятых и затратами на хранение остатков товарных запасов. Для этого можно рассмотреть несколько вариантов плана и провести их ранжирование по значению суммарных затрат. Кроме того, необходимо учесть возможные юридические и профессиональные последствия увольнения сотрудников, а также влияние всех этих факторов на стратегические цели предприятия.

Вариант плана производства приемлемый, если он может быть обеспечен необходимыми ресурсами. Проверка использования ресурсов преимущественно сводится к предварительному расчету загрузки мощностей, но в ряде случаев необходимо проверить возможность обеспечения плана оборотными средствами, сырьем, квалифицированным персоналом, энергией и т.п.

Модель межцехового планирования

Для рационального использования имеющихся на предприятии АО «Авиастар-СП» производственных ресурсов и составления оптимального плана производства необходима модель управления производственными ресурсами. Одним из важных показателей успешности деятельности предприятия являются показатели себестоимости и длительности цикла изготовления продукции.

Для межцехового управления производственными процессами необходим инструмент, который должен отражать достоверную картину текущего состояния производства, а также обладать возможностью многократной корректировки и расчета производственных расписаний в течение рабочих смен.

Введем следующие переменные:

$x_{li}(t)$ — количество изготавливаемых деталей i -го наименования в цехе l за период времени t , где $i=1,2,\dots,I_l$, I_l — количество номенклатуры деталей в цехе l , $l=1,2,\dots,L$, L — количество цехов, $t=1,2,\dots,T$, T — горизонт планирования.

a_{silj} — количество продукции i -го наименования по номенклатуре цеха s , необходимое для производства (сборки) одной единицы j -го наименования продукции в цехе l (норма).

$zx_{li}(t)$ — имеющееся количество продукции i -го наименования, выпускаемого в цехе l к началу периода времени t .

$v_{lim}(t)$ — количество покупаемых готовых комплектующих изделий или материалов (заготовок) m -го наименования для изготовления продукции i -го наименования в цехе l к началу периода времени t , где $m = 1, 2, \dots, M_l$, M_l — количество номенклатуры покупаемых комплектующих изделий в цех l .

$zv_{lim}(t)$ — имеющееся количество m -го материального ресурса (материала или покупного комплектующего изделия) на центральных складах для изготовления продукции i -го наименования в цехе l к началу периода времени.

b_{lim} — норма затрат m -го материального ресурса на единицу i -й продукции в цехе l .

$u_{lisj}(t)$ — количество продукции i -го наименования из цеха l , которое необходимо взять для производства i -го наименования продукции в цехе s к началу периода времени t .

Количество продукции i -го наименования из цеха l , которое необходимо взять из всех цехов к началу периода времени t имеет вид

$$u_{li}(t) = \begin{pmatrix} u_{li11}(t), u_{li12}(t), \dots, u_{li1I_1}(t) \\ u_{li21}(t), u_{li22}(t), \dots, u_{li2I_2}(t) \\ \dots \\ u_{liL1}(t), u_{liL2}(t), \dots, u_{liLI_L}(t) \end{pmatrix} \quad (13)$$

Выпуск каждого i -го продукта в цехе l зависит от множества производственных факторов: продукты, поступающие из других цехов, поставляемые материальные ресурсы, основные производственные фонды, трудовые ресурсы. Зависимость выпуска от этих производственных факторов может быть представлена в виде некоторой производственной функции

$$x_{li}(t) = f(u_{li}(t), v_{li1}(t), v_{li2}(t), \dots, v_{liM_l}(t)). \quad (14)$$

Вид производственной функции определяется экспертами и на практике зачастую ограничивается некоторым стандартным набором. Одним из вариантов представления функции может быть производственная функция «затраты-выпуск»

$$f(u_{li}(t), v_{li1}(t), v_{li2}(t), \dots, v_{liM_l}(t)) = \min \left\{ \min_{\substack{1 \leq s \leq L \\ 1 \leq j \leq I_s}} \left\{ \frac{u_{sjli}(t)}{a_{sjli}} \right\}, \min_{1 \leq m \leq M_L} \left\{ \frac{v_{lim}(t)}{b_{lim}} \right\} \right\}. \quad (15)$$

Следующим вариантом представления производственной функции может быть мультипликативная функция

$$x_{li}(t) = A \prod_{s=1}^L \prod_{j \in I_{si}(t)} u_{sjli}^{\alpha_{sjli}}(t) \prod_{m=1}^{M_l} v_{lim}^{\beta_{lim}}(t), \quad (16)$$

где $I_{si}(t)$ — множество продуктов, необходимых для производства i -го продукта в цехе s ; α_{sjli} — коэффициент эластичности продукции i -го наименования по j -му продукту цеха s .

Если для моделирования производственного процесса выбрать представление формулы (15), то параметры функции могут быть определены, основываясь только на нормативных параметрах производства. В свою очередь, мультипликативное представление для определения параметров требует знание соответствующей производственной статистики за прошлые периоды времени, при этом оно в неявном виде может содержать влияние латентных факторов.

Очевидно, что на выпуск продукции влияет ряд ограничений, связанный как с конечностью использования ресурсов, так и с имеющимися запасами материалов и готовой продукции.

Запишем уравнение баланса операций прихода и расхода изготовленной продукции (изменения запасов) в периоде t , определяющее запасы продуктов в конце периода t :

$$zx_{li}(t) = zx_{li}(t-1) + x_{li}(t) - \sum_{s=1}^L \sum_{j=1}^{I_s} u_{lisj}(t) - \mu_{li} \cdot zx_{li}(t-1), \quad (17)$$

где μ_{li} — коэффициент амортизации запасов продукта.

При этом суммарное используемое количество не может составить больше количества запасов, т.е.

$$\sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^{I_l} u_{silj}(t) \leq zx_{si}(t). \quad (18)$$

Аналогичное уравнение баланса операций прихода и расхода материальных ресурсов (изменения запасов), определяющее запасы в конце периода t , примет вид

$$zv_{lim}(t) = zv_{lim}(t-1) + v_{lim}(t) - b_{lim} \cdot x_{li}(t) - \lambda_{lim} \cdot zv_{lim}(t-1), \quad (19)$$

где λ_{lim} — коэффициент амортизации запасов материала.

При этом запас материала не может быть меньше заранее заданного уровня запаса:

$$zv_{lim}(t) \geq zv_{lim}^{min}(t). \quad (20)$$

Детерминированная функция $zv_{lim}^{min}(t)$ на практике зачастую устанавливается в виде постоянной величины.

Как было отмечено выше, производство продукции тесно связано с ресурсными ограничениями, среди которых наиболее существенными являются ограничения, связанные с факторами труда, основными фондами (оборудованием) и установленным бюджетом.

Опишем эти ресурсные ограничения. Пусть p_{ljk} — норма использования k -го трудового ресурса в l -ом цехе для производства единицы j -го продукта, тогда ограничение по трудовым ресурсам соответствует неравенству

$$\sum_{j=1}^{I_l} p_{ljk} \cdot x_{lj}(t) + \xi_{lk} \leq S_{lk}(t), \quad (21)$$

где ξ_{lk} — неотрицательная случайная величина, имеющая смысл дополнительного использования k -го трудового ресурса в l -ом цехе; S_{lk} — фонд k -го трудового ресурса в l -ом цехе, значение данного показателя зависит как от внешних (демографическая, общеэкономическая ситуация в регионе и др.), так и внутренних факторов (управленческие решения).

Следующим существенным фактором является ограничение, связанное с основными фондами:

$$\sum_{j=1}^{I_l} h_{ljg} \cdot x_{lj}(t) + \eta_{lg}(t) \leq G_{lg}(t), \quad (22)$$

где h_{ljg} — норма использования g -го оборудования в l -ом цехе для производства единицы j -го продукта; η_{lg} — неотрицательная случайная величина, имеющая смысл дополнительного использования g -го оборудования (станка) в l -ом цехе (простоя); G_{lg} — предельная величина использования g -го оборудования (станка) в l -ом цехе, значение данно-

го показателя зависит от внешних факторов (развитие технологий, общеэкономическая ситуация в регионе и др.) и внутренних факторов (управленческие решения).

Обозначим через $B(t)$ бюджет предприятия, обеспечивающий производственную деятельность предприятия в период t . Тогда $B(1), B(2), \dots, B(T)$ представляет собой стратегию распределения бюджета на всем горизонте планирования T .

Для каждого периода t выполняется следующее ограничение по использованию бюджета $B(t)$.

$$\sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^{K_l} \sum_{j=1}^{I_l} p_{ljk} \cdot x_{lj}(t) \cdot c_{lk} + \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^{M_l} \sum_{j=1}^{I_l} v_{ljm}(t) \cdot cv_{ljm}(t) + \sum_{l=1}^L \sum_{g=1}^{G_l} \left(\sum_{j=1}^{I_l} h_{ljg} \cdot x_{lj}(t) \cdot am_{lg} + am_{2lg} \cdot \eta_{lg}(t) \right) + \varepsilon(t) \leq B(t), \quad (23)$$

где $\varepsilon(t)$ — случайная величина, дающая смысл дополнительных издержек, не предусмотренных планом (руб); am_{lg} , am_{2lg} — коэффициенты амортизации оборудования при использовании и простое, соответственно.

Модель, порожденная соотношениями (14), (17)-(23) с учетом выбора представления производственной функции (15) или (16), позволяет оценить ряд важнейших характеристик деятельности предприятия. Имея спрос на конечную продукцию, модель позволяет построить номенклатурный план выпуска продукции по каждому цеху, план закупок материальных ресурсов, план загрузки оборудования и трудовых ресурсов в цехе.

При фиксированном плане продаж модель позволяет изменять стратегию финансирования $B(1), B(2), \dots, B(T)$, фонды трудовых ресурсов $S_{lk}(t)$ и оборудования $G_{lg}(t)$ по периодам времени $t=1, 2, \dots, T$. Данная модель может быть расширена за счет учета дополнительных ограничений, связанных с формированием бюджета на каждый период времени; с перераспределением или приобретением основных производственных фондов; с перераспределением, приемом на работу или увольнением основных производственных рабочих. В модель могут быть включены факторы, влияющие на бюджетную стратегию (кредиты, депозиты и т.д.), на трудовые ресурсы (выбытие, обучение, прием и т.д.), на основные производственные фонды (износ оборудования, новые технологии и т.д.).

Фактически поставленная задача совпадает с проблемой составления плана продаж и производства. Важнейшее значение для эффективного управления ресурсами имеет тщательная увязка планов производства с планами материально-технического снабжения и распределения трудовых ресурсов. Для решения этой задачи применяются различные методы определения потребности в материальных ресурсах, используется научно обоснованная нормативная база и в первую очередь расчеты по нормам расхода и запасов материальных ресурсов [60].

Предложенная модель оценки и распределения производственных ресурсов должна быть реализована в автоматизированной системе управления предприятия межцехового уровня как для непосредственно управления потоками, так и при построении финансово-экономической модели предприятия в целом.

Для построения адекватной модели, включающей в себя целевые показатели предприятия, подвергающиеся мониторингу и управлению, предлагается использование аппарата имитационного моделирования, применение экономико-математических моделей, использование моделей и методов математического программирования.

Реализация предлагаемой модели межцехового планирования с учетом ограничений по материальным и трудовым ресурсам, фонду оборудования, установленному бюджету на производство продукции в автоматизированной системе оперативного уровня предприятия позволит:

под фиксированный план выпуска конечной продукции определить плановые производственные показатели $x_{li}(t)$, $u_{lisj}(t)$ для каждого из цехов по всей номенклатуре продукции;

распределить бюджет $B(1), B(2), \dots, B(T)$ по всем периодам времени горизонта планирования;

выявить узкие места по рациональному распределению трудовых, материальных ресурсов и основных фондов;

определить плановые объемы материальных ресурсов, фонды оборудования и трудовых ресурсов в соответствии с выбранным критерием качества (планирование «точно в срок» $t=1, 2, \dots, T$, минимум производственных издержек).

Качество составляемого плана производства можно улучшить, если реализовать предлагаемую модель в автоматизированной системе предприятия с учетом дополнительных ограничений, связанных с формированием бюджета на каждый период времени; с перераспределением или приобретением основных производственных фондов; с перераспределением, приемом на работу или увольнением основных производственных рабочих. В модель могут быть включены факторы, влияющие на бюджетную стратегию (кредиты, депозиты и т.д.), на трудовые ресурсы (выбытие, обучение, прием и т.д.), на основные производственные фонды (износ оборудования, новые технологии и т.д.).

Модель оценки модификации производственного плана для систем управления в условиях цифрового производства

Здесь представлен другой вариант модели формирования плана, когда требуется изменить план без изменения существующих производственных ресурсов.

Реальная рыночная среда индивидуального и малого серийного производства подвержена постоянным и быстроменяющимся изменениям, что подтверждается как в академических исследованиях [61, 62], так и при обсуждении в профессиональных сообществах [52, 63]. В условиях конкурентоспособности и активного развития цифровой экономики промышленные предприятия, ориентированные на интересы заказчиков, вынуждены своевременно реагировать на поступающие изменения; оценивать выполнение производственных планов при поступлении новых заказов; постоянно совершенствовать технологию производства [53], повышать качество планирования производства, учитывать производственные риски [64, 65]. Особые сложности возникают при цифровизации производства тяжелой промышленности, в частности, ракетостроения и самолетостроения [54, 46].

Существует множество методов и методологий планирования и управления предприятием, которые при построении планов на различных этапах жизненного цикла изделия [42], при соотношении планирования различного уровня [1] используют разный набор критериев: «точно в срок» [40] (в том числе с учетом национальной специфики [66, 67]),

«управление рисками» [44, 45], «с заданной себестоимостью» [53]. В условиях развития предприятия и изменения внешней среды набор критериев может изменяться. Поэтому модель, на базе которой происходит автоматизация, должна обладать гибкой конфигурацией [58], чтобы эксперт или лицо принимающее решение (ЛПР) могло настраивать и/или выбирать систему критериев. Среди основных показателей, которые необходимо учитывать, можно выделить себестоимость продукции, длительность цикла изготовления, производственные риски (брак изделия, поломка оборудования, несвоевременная поставка ресурсов в производственные цеха, болезнь рабочих и др.).

В связи с этим представляется актуальной формализация многокритериальной задачи в виде математической модели оценки выполнения плана производства с последующей его модификацией. Исходя из цели построения обозначенной математической модели в рамках проекта по разработке интегрированной автоматизированной системы управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия нами проведено предварительное исследование по выявлению специфики планирования на предприятии АО «Авиастар-СП». На основе проведенного исследования ставится задача построения математических моделей модификации плана для внедрения в информационную систему управления цифровым производством.

В настоящее время ни одно конкурентоспособное предприятие не обходится без использования готовых, современных («продвинутых») систем класса:

BI, например: QlikView, Prognost Platform, Deductor, IBM Cognos, SAP BI и др.;

ERP, например: 1C, Галактика ERP, SAPERP, MSDynamicsAX и др.;

MES, например: ИнфоПро:Планирование режимов, Галактика AMM (Advanced Manufacturing Management), MCIS (Motion Control Information System), I-DS Система диспетчерского управления, 1C:MES Оперативное управление производством и др.;

APS, например: Ortens APS, ИТП:Процессное производство, Галактика_AMM_ (Advanced_Manufacturing_Management) и др.

или собственных автоматизированных систем управления предприятием, разработанных с учетом специфики предприятия, позволяющим значительно повышать качество управления и планирования производством и производственными ресурсами [43, 47]. При этом в системах учитывается только один из критериев: точно в срок [5], на основе оценки стоимости [4], с учетом рисков [46], управление незавершенным производством [41].

В современных системах управления производством предусматривается специальная бизнес-функция, позволяющая определить возможность выполнения поступающего заказа, которую называют функцией «возможности обещания» (Avialable-to-Promise, ATP). В результате работы этой функции определяют необходимое количество изделий для обеспечения заказа и дату его фактического выполнения [58]. В зависимости от требуемой даты выполнения вновь поступающего заказа возможны четыре варианта плановой ситуации:

- на требуемую дату выполнения еще не составлен план продаж и производства;
- план продаж и производства составлен, но отсутствует главный план производства;
- главный план производства составлен, но его выполнение еще не началось;
- главный план находится в процессе реализации [58].

Здесь рассматривается четвертый случай, когда уже имеется текущий главный план производства и поступает новый заказ, где требуется оценить выполнение данного заказа,

произвести перерасчет производственного плана без ущерба текущих заказов по срокам сдачи и качеству продукции заказчиком. При этом ставится задача учета рисков, связанных с запаздыванием выполнения тех или иных этапов обработки изделий (деталей).

Возможны два варианта оценки: без модификации существующего плана и с модификацией плана. Опишем каждую модель в отдельности.

Модель оценки включения новой заявки без модификации существующего плана

Для оценки возможности включения новой заявки в текущий производственный план введем следующие обозначения:

S — множество групп производственных ресурсов, определяемых оборудованием, приспособлением, оснасткой, инструментом, материальными, трудовыми ресурсами и др., задействованных в производственном процессе;

M — множество изделий в существующем плане производства.

Для каждого изделия $m \in M$ определен последовательный процесс, состоящий из K_m этапов обработки. На каждом этапе j , $1 \leq j \leq K_m$ известен ряд характеристик:

уникальный идентификатор группы производственных ресурсов $s \in S$, задействованных на этапе;

абсолютное время начала обработки изделия на этапе $t_0(s, m, j)$;

длительность обработки $\tau(s, m, j)$.

Определение. Маршрутом изделия $m \in M$ назовем совокупность $z_m = \{s_j, t_0(s_j, m, j) : s_j \in S, 1 \leq j \leq K_m\}$, удовлетворяющую условиям:

$$t_0(s_{j-1}, m, j-1) + \tau(s_{j-1}, m, j-1) \leq t_0(s_j, m, j), \quad 2 \leq j \leq K_m.$$

Введем множество маршрутов Z , $Z = \{z_m, m \in M\}$.

При включении изделия в план определяется абсолютное по времени предельное значение для производства данного изделия, обозначим это значение $T_l(m)$. Введем величину $T_f(m)$ — время окончания маршрута изделия, $T_f(m) = t_0(s_j, m, j) + \tau(s_j, m, j)$ при $j = K_m$. Если $T_f(m) \leq T_l(m)$, то маршрут изделия заканчивается к требуемому абсолютному моменту времени, в противном случае маршрут не удовлетворяет временным требованиям.

При фиксированном плане производства множество маршрутов порождают потенциальную загрузку группы производственных ресурсов. Для каждой группы $s \in S$ можно составить временную диаграмму загрузки $D_s(t)$:

$$D_s(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } \exists m \in M, j \in \{1, 2, \dots, K_m\} : 0 \leq t - t_0(s, m, j) \leq \tau(s, m, j); \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (24)$$

Таким образом, если $D_s(t) = 1$, то группа производственных ресурсов занята, если $D_s(t) = 0$, то группа производственных ресурсов свободна.

Рассмотрим возможность внесения заявки на обработку изделия $\tilde{m}$ в текущий план без изменения сроков обработки изделий, находящихся в плане, и замены группы производственных ресурсов.

Пусть a — атрибут производственных ресурсов, относящий его к соответствующей группе, $a \in A$, A — множество атрибутов, разбивающих множество S на группы.

Для изделия $\tilde{m}$ описан технологический маршрут с указанием на каждом этапе необходимого вида группы производственных ресурсов a , одинаковое значение атрибута означает возможность использования любой группы производственных ресурсов с данным атрибутом на данном этапе. В этом случае добавление нового изделия в существующий план эквивалентно последовательному поиску на каждом этапе свободной группы производственных ресурсов, имеющего необходимый атрибут.

Пусть j ($1 \leq j \leq K_m$) — номер этапа обработки изделия $\tilde{m}$, на котором требуется группа производственных ресурсов с атрибутом a_j . Предположим, что на этапе $j-1$ изделие обрабатывалось с использованием группы производственных ресурсов s_{j-1} . Введем обозначение A_j — множество групп производственных ресурсов, содержащих атрибут a_j , $A_j \subseteq A$. Если существует t_1 для некоторого $s \in A_j$:

$$\begin{aligned} T_i(\tilde{m}) &\geq t_1 \geq t_0(s_{j-1}, \tilde{m}, j-1) + \tau(s_{j-1}, \tilde{m}, j-1), \\ D_s(t) &= 0, \quad t_1 \leq t \leq t_1 + \tau(s, \tilde{m}, j), \end{aligned} \quad (25)$$

то изделие $\tilde{m}$ может быть обработано на этапе j , и устанавливаются значения $s_j = s$, $t_0(s_j, \tilde{m}, j) = t_1$. Если такое t_1 не существует, то в плановом периоде изделие $\tilde{m}$ изготовить не возможно.

Таким образом, задача оценки внесения новой заявки без изменения текущего плана, сводится к поиску маршрута $z(\tilde{m})$ без изменения маршрутов $z(m)$, $m \in M$, удовлетворяющего условию $T_f(\tilde{m}) \leq T_i(\tilde{m})$.

Такая модель относится к оперативному управлению, не изменяющему горизонты планирования текущего плана изделий.

Модель оценки включения новой заявки с модификацией существующего плана

Предположим, что при оценке возможности внесения новой заявки на изделие $\tilde{m}$ в текущий план не удалось найти допустимый маршрут $z(\tilde{m})$, удовлетворяющий условию $T_f(\tilde{m}) \leq T_i(\tilde{m})$, без изменения $z(m)$, $m \in M$.

В этом случае встает задача модификации существующего плана. Основная проблема модификации состоит в распределении общих ресурсов между маршрутами.

Определение. Два маршрута $z(x)$ и $z(m)$, $x, y \in M$ назовём пересекающимися, если $\exists i \in \{1, 2, \dots, K_x\}, j \in \{1, 2, \dots, K_y\}$:

$$[t_0(s_i, x, i); t_0(s_i, x, i) + \tau(s_i, x, i)] \cap [t_0(s_j, y, j); t_0(s_j, y, j) + \tau(s_j, y, j)] \neq \emptyset, \quad s_i = s_j, \quad (26)$$

в противном случае маршруты назовем непересекающимися.

Расширим множество изделий, включив в принятый набор изделий новое изделие $\tilde{m}$: $\tilde{M} = M \cup \{\tilde{m}\}$. В этом случае множество маршрутов можно ввести в виде $\tilde{Z} = \{z_m, m \in \tilde{M}\}$.

Определение. Производственным планом назовем множество p : $p \subseteq \tilde{Z}$, для $\forall m \in \tilde{M}$ $\exists! z_m \in p: T_j(m) \leq T_l(m)$, $\forall x, y \in p$, x, y — непересекающиеся маршруты.

Тогда задача модификации плана сводится к нахождению плана p , задача является линейной, для решения проблемы могут быть использованы методы линейного программирования.

В общем случае план p может быть не единственным, введем множество планов $P = \{p: p \text{ — производственный план}\}$. Если множество P не пусто, то возникает проблема выбора производственного плана. Для выбора плана необходимо ввести соответствующий критерий отбора, рассмотрим некоторые из них.

Для оценки маршрута z_m изделия m введем величины c_j — стоимостные затраты, связанные с пребыванием изделия m на этапе j , $1 \leq j \leq K_m$. В общем случае $c_j = c_j(m, s_j)$, в эти затраты могут быть включены затраты на энергию, амортизацию оборудования, зарплата обслуживающему персоналу и т.д. В этом случае стоимостная оценка маршрута может быть сведена к функционалу: $C_m(z_m) = \sum_{j=1}^{K_m} c_j(m, s_j)$. Общие стоимостные затраты по плану p могут быть найдены в виде

$$C(p) = \sum_{m \in M} C_m(z_m). \quad (27)$$

Также для оценки плана важен учет случайных воздействий, отрицательно влияющих на производственный процесс. Для оценки маршрута z_m введем ξ_j — случайные величины, отражающие временные задержки по обработке изделия m на этапе j , $1 \leq j \leq K_m$. В общем случае, величины $\xi_j = \xi_j(m, s_j)$. В зависимости от этапа, это могут быть несвоевременная поставка материальных ресурсов, поставка бракованных материальных ресурсов, болезнь производственных рабочих, отгулы, неявки, декреты, несчастные случаи на производстве, брак на производстве и т.д.

Пусть $M(\xi_j(m, s_j))$ — математическое ожидание временных задержек на этапе j , $1 \leq j \leq K_m$. Введем

$$r_j(m, s_j) = t_0(s_j, m, j) + \tau(s_j, m, j) + M(\xi_j(m, s_j)) - t_0(s_{j+1}, m, j+1). \quad (28)$$

Если $r_j(m, s_j) < 0$, то можно утверждать, что в среднем на данном этапе задержки не влияют на выполнение маршрута, в противном случае будут систематические задержки, приводящие к срыву сроков выполнения маршрута.

Оценка временных рисков маршрута может быть вычислена на основе функционала:

$$R_m(z_m) = \sum_{j=1}^{K_m} r_j(m, s_j) I(r_j(m, s_j) > 0), \quad (29)$$

здесь $I(x)$ — индикатор, возвращающий 1, если x — истина, 0 — иначе.

Общая оценка временных рисков плана p может быть сведена к функционалу

$$R(p) = \sum_{m \in M} R_m(z_m). \quad (30)$$

Оптимизационная задача $C(p) \rightarrow \min_{p \in P}$ является задачей линейного программирования и представляет собой выбор плана, при котором минимизируются суммарные издержки на производство изделия.

Задача $R(p) \rightarrow \min_{p \in P}$ является задачей линейного программирования и представляет собой выбор плана, при котором минимизируются суммарные временные риски. Функционал $R(p)$ ограничен снизу нулем, если этот инфинум достижим, то риски можно признать нулевыми.

Анализ данных для решения данной задачи с их визуальным представлением может быть реализован с помощью следующих аналитических решений:

- программных продуктов SAS;
- среды разработки RStudio, язык программирования R;
- программного обеспечения Statistica, интеграция с языком R;
- пакета программ Minitab;
- статистического пакета Stata;
- статистического пакета Eviews;
- программного обеспечения ForecastPro (для расчета прогнозов) и др.

Представленные модели позволяют оценить возможность и целесообразность выполнения нового заказа путем расчета нового плана, учитывающего этот заказ, ресурсы предприятия, производственные риски на основе многокритериальной оценки выполнения плана производства.

Ценность данных математических моделей заключается в возможности их применения в качестве бизнес-функции АТР [58] при автоматизации процесса планирования и оценки планов производства. Апробация моделей была проведена в рамках выполнения государственного задания для авиастроительного предприятия АО «Авиастар-СП» как один из узлов комплексной модели оценки деятельности предприятия «точно в срок, под заданную себестоимость, с учетом рисков».

Использование предлагаемых моделей в информационной среде (в системах класса BI, ERP, MES, APS) позволит повысить качество планирования, оценить выполнение производственного плана, в минимальные сроки принять решение о возможности выполнения нового заказа.

Для реализации информационной системы можно:

- использовать уже внедренные программные продукты, если в них содержится необходимый функционал по математическому моделированию, экспертному оцениванию и представлению данных;

- расширить существующие программы с новыми библиотеками и модулями;

разработать новую информационно-аналитическую систему с включением в них полученных решений математического моделирования, реализованных с помощью готовых программных продуктов, например, RStudio, Mathcad, MATLAB и др.

Какой из этих вариантов выбрать — зависит от конкретных условий на предприятии.

В рамках проекта по разработке интегрированной автоматизированной системы управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия планируется программная реализация функций оценки модификации производственного плана на основе предлагаемых моделей, а также верификация моделей и программного обеспечения на данных предприятия АО «Авиастар-СП». Кроме того, требуется дальнейшее развитие предлагаемых моделей на случай «под заданную себестоимость», управление рисками, вызванными другими факторами, а не только временным.

Модель управления потребностью в режущем инструменте в механообрабатывающем цехе

При оценке деятельности производственного предприятия приходится рассматривать большую совокупность различных гетерогенных подсистем, влияющих на общие показатели деятельности. Принципы, на которых основана эффективная деятельность предприятия, выбираются исходя из общего понимания и учета стратегической направленности. Для предприятий авиастроительного комплекса РФ в нынешних условиях экономических ограничений, изменения экономической парадигмы (переход к цифровой экономике), развития новых технологий производства, формирования новых требований к компетенциям трудовых ресурсов особо важным является выбор эффективных методов оценки и управления деятельностью предприятия. В рамках общих принципов оценки и управления актуальным становится интеграция принципов: точно в срок, под заданную себестоимость, с учетом рисков.

В практике предприятий применяются статистические и нормативные методы расчета норм расхода режущего инструмента.

В массовом и крупносерийном производстве расход режущего инструмента на программу определяется по расчётному методу по формуле

$$H_p = \frac{N_d t_m i}{60 T_{изн} (1 - K_{уб})}, \quad (31)$$

где H_p — расход режущего инструмента определённого типоразмера, шт.; N_d — число деталей, обрабатываемых данным инструментом по годовой программе, шт.; t_m — машинное время на данную операцию, мин; i — число одновременно работающих инструментов данного типоразмера; $T_{изн}$ — машинное время работы инструмента до полного износа, ч; $K_{уб}$ — коэффициент преждевременного выхода инструмента из строя (равен 0,05).

В единичном и мелкосерийном типе производства норма расхода инструмента устанавливается укрупненно, например, на 1000 станко-часов работы данного вида оборудования:

$$H_p = \frac{1000 K_m K_{пр} i}{T_{изн} (1 - K_{уб})}, \quad (32)$$

где H_p — расход режущего инструмента определённого типоразмера, шт.; K_M — коэффициент машинного времени в общем времени работы станка; $K_{пр}$ — коэффициент применимости данного типоразмера инструмента в фонде машинного времени; i — число инструментов данного вида, одновременно участвующих в процессе обработки; $T_{изн}$ — машинное время работы инструмента до полного износа, ч; $K_{уб}$ — коэффициент преждевременного выхода инструмента из строя (равен 0,05).

Статистический метод использует отчётные данные о фактическом расходе инструмента за определённый период (год или несколько лет). Норма расхода режущего инструмента определяется как

$$H_p = \frac{(C_{рф} - C_{рн}) K_{вм}}{1000}, \quad (33)$$

где $C_{рф}$ — фактические расходы за период; $C_{рн}$ — неоправданный отклонения в расходе инструмента; $K_{вм}$ — коэффициент влияния мероприятий по сокращению расхода инструмента ($K_{вм} \leq 1$).

Данные методы не позволяют в полной мере выполнить принципы «точно в срок» и «под заданную себестоимость» при планировании производства.

Здесь рассмотрим модель управления себестоимостью изделия за счет определения оптимальных значений факторов, связанных с выбором режущих инструментов в механикообрабатывающем цехе. Входными параметрами модели являются ежемесячный план производства для данного цеха и набор управляющих программ и САМ-проектов для производства продукции цеха. Выходными характеристиками является перечень режущих инструментов, необходимых для выполнения производственного плана.

Введем переменные q_i , $1 \leq i \leq n$: q_i — количество изделий вида i , планируемых для производства.

Для каждого вида изделий i существует набор управляющих программ, обеспечивающих производство изделия данного вида. Пусть k_i — количество программ для производства изделия вида i . Для каждой программы определен свой набор режущих инструментов, на основе которого формируется инструментальная наладка для оборудования, определенного данной программой. Очевидно, что, исходя из набора режущих инструментов, можно определить стоимость инструментальной наладки и рабочее время её применимости.

Обозначим через τ_{ij} время обработки одной единицы i -го изделия в j -ой программе. Предположим, что при каждой обработке производственный процесс обработки имеет линейный многоэтапный последовательный характер, т.е. может использоваться последовательно несколько инструментальных наладок разного вида. Пусть a_{ijs} — количество инструментальных наладок, необходимых для изготовления одной единицы i -го изделия в j -ой программе на этапе s , $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq k_i$, $1 \leq s \leq m_{ij}$. Будем считать, что величина a_{ijs} выражается в общем случае дробным числом, а τ_{ij} задано в часах.

Задачей управления будем считать определение количества вызовов управляющих программ для выполнения производственного плана цеха. Пусть x_{ij} — количество вызовов j -й программы для изготовления i -го изделия. В предположении, что одна управляю-

щая программа обеспечивает выпуск одной единицы изделия, справедливо балансовое соотношение:

$$x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{ik_i} = q_i. \quad (34)$$

При этом $x_{ij} \geq 0$, $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq k_i$. Данное балансовое соотношение выполняется для всех видов продукции, т.е. при $1 \leq i \leq n$.

Во введенных обозначениях общее количество инструментальных наладок для изготовления i -го изделия в j -й программе на этапе S выражается произведением $a_{ijs}x_{ij}$. Если ввести цену p_{ijs} одной единицы инструментальной наладки для i -го изделия в j -й программе на этапе S , то общие издержки C , связанные с формированием инструментальных наладок, выражаются соотношением:

$$C(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}, \dots, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk_n}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{s=1}^{m_{ij}} p_{ijs} a_{ijs} x_{ij}. \quad (35)$$

А общие временные затраты T можно вычислить на основе соотношения:

$$T(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}, \dots, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk_n}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{k_i} \tau_{ij} x_{ij}. \quad (36)$$

Выбор набора переменных величин x_{ij} ($1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq k_i$) определяет денежные и временные издержки. Минимизация функции издержек C при условии соблюдения балансовых соотношений может привести к тому, что производственный план не будет выполнен в приемлемое время. В свою очередь, минимизация временных издержек T может слишком сильно увеличить издержки, связанные с приобретением режущего инструмента. В этом случае разумным представляется свертка данных критериев в единый критерий или минимизация одного из них при фиксированном уровне другого.

Например, можно зафиксировать допустимый уровень издержек C^* , направленных на приобретение режущего инструмента. Тогда задача

$$\begin{cases} T(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}, \dots, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk_n}) \rightarrow \min, \\ C(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}, \dots, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk_n}) \leq C^*, \\ \sum_{j=1}^{k_i} x_{ij} = q_i, \quad 1 \leq i \leq n, \\ x_{ij} \geq 0, \quad 1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq j \leq k_i; \quad x_{ij} \in \{0\} \cup N; \end{cases} \quad (37)$$

позволяет минимизировать временные издержки под заданную себестоимость.

Если зафиксировать временные издержки, то другой задачей может быть минимизация себестоимости при заданном временном уровне T^* :

$$\begin{cases} C(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}, \dots, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk_n}) \rightarrow \min, \\ T(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}, \dots, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk_n}) \leq T^*, \\ \sum_{j=1}^{k_i} x_{ij} = q_i, \quad 1 \leq i \leq n, \\ x_{ij} \geq 0, \quad 1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq j \leq k_i, \quad x_{ij} \in \{0\} \cup N. \end{cases} \quad (38)$$

Третьим вариантом построения оптимизационной задачи может быть свертка критериев:

$$\begin{cases} \alpha C(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}, \dots, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk_n}) + \\ (1 - \alpha) T(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}, \dots, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk_n}) \rightarrow \min, \\ C(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}, \dots, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk_n}) \leq C^*, \\ T(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}, \dots, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk_n}) \leq T^*, \\ \sum_{j=1}^{k_i} x_{ij} = q_i, \quad 1 \leq i \leq n, \\ x_{ij} \geq 0, \quad 1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq j \leq k_i, \quad x_{ij} \in \{0\} \cup N. \end{cases} \quad (39)$$

Здесь $\alpha \in [0; 1]$ и представляет значимость соответствующего критерия.

Все рассматриваемые варианты оптимизационных моделей являются задачами целочисленного линейного программирования, что требует применения соответствующего математического и инструментального аппарата анализа.

При решении задач (37)-(39) определяется не только оптимальное количество вызовов программ для выполнения плана $(q_1, q_2, \dots, q_n)$, но и потребность в инструментальных наладках. В связи с этим можно рассмотреть два варианта управления количеством наладок.

Пусть $x = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1k_1}, \dots, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk_n})$ — оптимальный план, полученный в одной из рассматриваемых моделей (46), (47) или (48). В этом случае потребность в инструментальных наладках составит $b_{ijs} = a_{ijs} x_{ij}$, $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq k_i$, $1 \leq s \leq m_{ij}$. Предположим, что цех имеет в наличии b_{ijs}^* наладок, $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq k_i$, $1 \leq s \leq m_{ij}$. Тогда дополнительный план по обеспечению инструментальных наладок определяется величинами $d_{ijs} = \max\{0, b_{ijs} - b_{ijs}^*\}$, $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq k_i$, $1 \leq s \leq m_{ij}$.

Возможны случаи, когда предприятие не имеет возможности быстрого обеспечения дополнительных инструментальных наладок. Тогда приходится решать задачу с учетом ограничений на количество наладок:

$$a_{ijs} x_{ij} \leq b_{ijs}^*, \quad 1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq j \leq k_i, \quad 1 \leq s \leq m_{ij}. \quad (40)$$

Если к одной из задач (37)-(39) добавить условие (40), то можно трактовать такую задачу как поиск оптимального количества вызовов управляющих программ с учетом имеющихся запасов инструментальных наладок.

Решение описанных выше задач требует наличия входных данных, таких как перечень применяемого инструмента для изготовления конкретных деталей, месячный производственный план изготовления деталей, наличие инструмента на складе, перечень инструмента для использования на конкретных станках и т.д.

На производстве зачастую возникает ситуация, когда одинаковые инструментальные наладки используются одновременно на разных станках. Складские запасы не всегда позволяют обеспечить производство достаточным количеством инструментов-дублеров, а заказ и закупка инструмента может занимать продолжительное время. Возникает необходимость определения позиций наиболее часто используемого инструмента для корректировки заявок на закупку инструмента и последовательности изготовления деталей.

На предприятиях часто используются автоматизированные системы, позволяющие создавать трехмерные модели инструментальных наладок и хранить информацию о них в базах данных предприятия. Однако такие программы не позволяют проводить анализ потребности инструмента для выполнения плана производства и отслеживать наличие инструмента на складе.

Для определения позиций часто используемого инструмента на основе производственного плана изготовления деталей было разработано программное обеспечение. На вход программы поступают производственный план на месяц, перечень инструмента из САМ-проектов, перечень инструмента, установленного на станках. На выходе программа предоставляет перечень необходимого инструмента для каждой единицы станка, рейтинг часто используемых инструментальных наладок в САМ-проектах, а также предоставляет информацию об инструменте, который необходимо установить или снять из магазина станка.

Данное программное обеспечение позволяет обеспечить входные данные для решения задач (37)-(39).

Предложенная модель управления потребностью в режущем инструменте в механикообрабатывающем цехе позволяет оптимизировать складские запасы в соответствии с принципами «точно в срок» и «под заданную себестоимость» для многономенклатурного производства, за счёт решения оптимизационных задач (38), (39), (40). Применение данной модели позволит повысить эффективность планирования закупок режущего инструмента и сократить расходы на его приобретение. В основе программного обеспечения, реализующего данную модель, предлагается использовать аппарат целочисленного линейного программирования.

Описание варианта построения статистической модели верхнего уровня

Авиастроительное предприятие, как и любое другое крупное промышленное производство, представляет собой сложную иерархическую систему с большим количеством разнообразных уровней. Соответственно, статистическая модель должна обязательно учитывать данный факт. Еще одним аспектом, требующим отражения в логике работы модели, является то, что предприятие как сложная динамическая структура подвергается внешним и внутренним воздействиям с разнообразным спектром частот. Для каждого наблюдаемого показателя временной интервал, по истечении которого его значения доступны для сохранения в информационной системе и, как следствие, для возможности его статистического анализа, определяет горизонт планирования управленческих решений, вырабатываемых с его участием. Следует выбирать показатели таким образом, чтобы мо-

дельные расчеты помогали обеспечить непрерывную связь между планированием работ и непосредственным управлением ПЭТП. Поскольку в сложных системах причина и результат часто разделены во времени и пространстве, именно статистические взаимосвязи могут помочь в обнаружении скрытых закономерностей и узких мест в работе предприятия.

С целью практической реализации приведенных выше соображений, в статистической модели следует выделить несколько уровней иерархии. В ее основу положена классификация показателей бизнес-процессов предприятия с помощью [22]. Показатели подразделяются на три группы:

- 1) общие индикативные уровня предприятия;
- 2) показатели уровня предприятия, ориентированные на стратегию;
- 3) показатели, ориентированные на операционную эффективность.

К первой группе относятся показатели, которые фиксируют состояние предприятия на верхнем уровне, но их сложно использовать для принятия конкретных управленческих решений. Примерами могут служить показатели стандартной бухгалтерской и финансовой отчетности, такие как прибыль, стоимость основных фондов и т.д.

Ко второй группе относятся показатели, измеряющие достижение стратегических целей предприятия. Они отражают результаты выполнения конкретных и понятных руководству решений на верхних уровнях управления в целом, но слабо применимы для принятия решений на уровне отдельно взятых процессов нижнего уровня. Например, если стратегической целью предприятия является наращивание объемов производства, то показатели, отражающие скорость роста объемов и пр. будут относиться к данной группе.

К третьей группе относятся показатели, характеризующие бизнес-процессы нижнего уровня, позволяющие принимать управленческие решения по повышению их эффективности. Именно в эту группу относятся показатели ПЭТП на разных участках производства, а также многие показатели процессов планирования и управления.

Соответственно, временные интервалы, на которых собираются показатели перечисленных выше трех групп, довольно сильно различаются. Показатели первой группы, как правило, фиксируются по итогам длительного периода (месяц, квартал, год). Меньший промежуток времени здесь малоинформативен, так как на нем показатель будет стабилен. Так, нецелесообразно анализировать в ежедневной динамике стоимость основных фондов авиастроительного предприятия, так как она относительно постоянна и меняется лишь в отдельные моменты времени. Поэтому обновление значений данной группы в базе данных статистической модели будет производиться сравнительно редко.

Показатели третьей группы, напротив, требуют фиксации по истечении малых промежутков времени. Состояние ПЭТП может значительно варьироваться на протяжении даже одного рабочего дня, и для принятия управленческого решения корректировка текущих данных должна делаться быстро. Соответственно, для показателей данной группы необходимо обеспечить оперативный перенос их актуальных значений в базу данных модели, сохраняя всю историю их развития.

Что касается второй группы, она занимает промежуточное положение между двумя другими, вследствие чего по ее показателям невозможно принять общее решение, для каждого из них выбирается свой временной интервал в зависимости от скорости динамики данного показателя.

Учитывая вышесказанное, в статистической модели выделяется три иерархических уровня (см. рисунок 33).

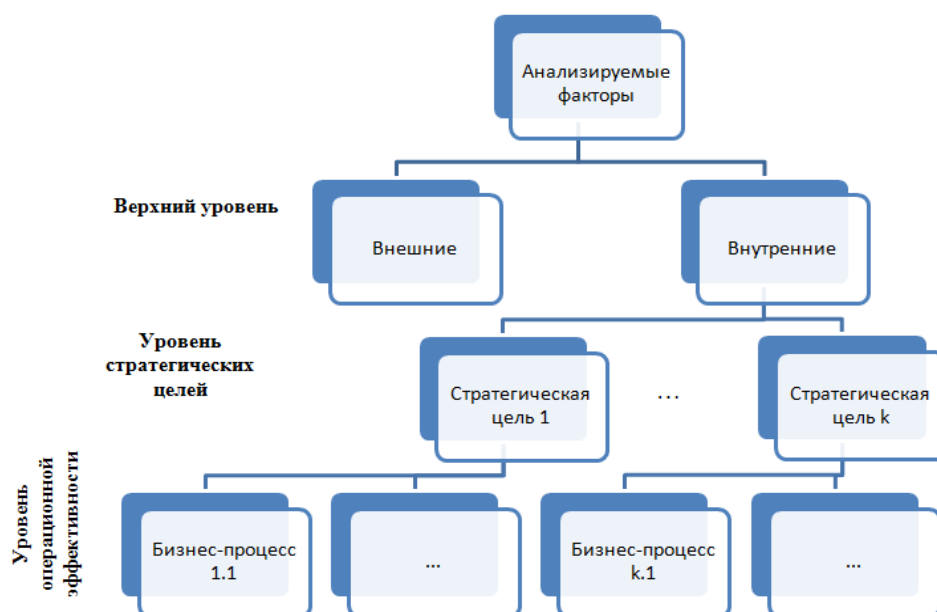


Рисунок 33 — Уровни статистической модели

На первом, верхнем уровне рассматриваются факторы внешней среды и основные бухгалтерские и финансовые показатели деятельности предприятия, временной интервал — один год. Статистические взаимосвязи, выявляемые на данном уровне, сложно использовать для принятия оперативных управленческих решений, их предназначение в том, чтобы задать направление для дальнейшего мониторинга и анализа. Так, если обнаружена статистическая взаимосвязь между внешним фактором и одним из внутренних факторов, можно экспертным путем выявить причину этой зависимости или по имеющейся информации о состоянии внешней среды рассчитать соответствующее предполагаемое значение внутреннего фактора. Если же обнаружена статистическая взаимосвязь между внутренними факторами первой группы показателей, то по ее направлению (связь прямая или обратная) можно сделать вывод о позитивной или негативной тенденции развития данной пары показателей. Кроме того, если для некоторой пары внутренних показателей статистическая связь не обнаружена, хотя, по мнению экспертов, она должна быть, следует на следующих уровнях детально проанализировать сложившуюся ситуацию и выяснить причины такого расхождения.

На втором уровне рассматриваются внутренние статистические показатели деятельности предприятия, собранные на относительно коротких промежутках времени (от недели до нескольких месяцев). Показатели здесь группируются в соответствии со стратегическими целями предприятия в целом и отдельных подразделений. Найденные статистические взаимосвязи предназначены для использования по следующей схеме: ЛПР выбирает показатель, важный для него в принятии управленческого решения, а также другие показатели, которые, по мнению ЛПР, могут быть связаны с ним. Статистическая модель проверяет наличие/отсутствие взаимосвязей между этими показателями. Если связь обнаружена, то в модели фиксируются ее количественные параметры, на основе которых пользователь получает прогнозные значения по сценарию «что будет, если...». В результате формируются причинно-следственные связи, позволяющие выбрать целевые показатели для воздействия на них с целью решить стоящую перед ЛПР задачу по поиску наи-

более эффективного управленческого решения. На этом уровне статистическая подмодель может взаимодействовать с экспертной моделью: в причинно-следственной цепочке часть взаимосвязей находится по статистическим данным, а часть выбирается исходя из мнений экспертов.

На третьем уровне рассматриваются показатели, отражающие операционную эффективность бизнес-процессов предприятия нижнего уровня, собранные на коротких промежутках времени (менее недели). Это обеспечит большое количество наблюдений, по которым будут строиться статистические модели, соответственно точность прогнозов таких моделей будет выше, чем на двух вышестоящих уровнях. Поэтому здесь целесообразно использовать следующую схему работы: ЛПР выбирает два показателя, причем один из них рассматривается как объясняющий поведение другого. Если обнаруживается статистическая связь между этими показателями, то ЛПР может указать интересующие его значения объясняющего фактора и получить прогноз, как при этом поведет себя объясняемый фактор.

Опишем формализованные правила логики принятия управленческих решений на основе математических расчетов, сделанных на верхнем уровне статистической модели. Начнем с разделения внутренних факторов на две группы в зависимости от того, какое направление динамики их развития благоприятно сказывается на работе предприятия. В первую группу включим факторы, относительно которых необходимо стремиться к росту показателей, т.е. чем больше значение данного фактора в рассматриваемый период, тем лучше. Примерами таких факторов являются прибыль, выручка, объем производства и т.д. Во вторую группу включим факторы, показатели которых следует по возможности минимизировать. Примерами являются затраты, себестоимость и пр. Для большей наглядности назовем первую группу «Факторы, требующие максимизации», а вторую — «Факторы, требующие минимизации».

Для каждого фактора вышеуказанных двух групп, основываясь на имеющихся в модели наблюдениях и экспертных оценках, выделим три интервала значений:

а) желаемый — показатель в норме, требуется контроль, но не требуется корректирующее вмешательство;

б) позитивный — значения показателя превосходят норму в лучшую сторону, не требуется корректирующего вмешательства, так как есть определенный «запас прочности», даже если динамика развития ухудшится;

в) негативный — значения показателя отклоняются от нормы в худшую сторону, требуется серьезное корректирующее вмешательство.

Схема разбиения на интервалы в зависимости от желаемой динамики развития фактора показана на рисунке (см. рисунок 34).

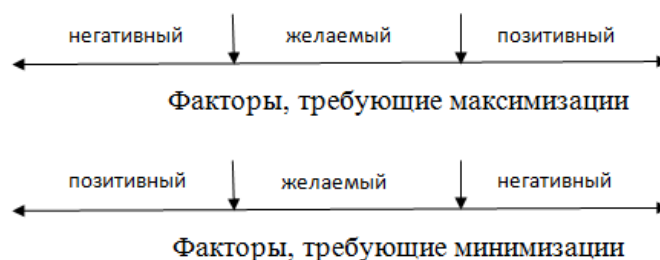


Рисунок 34 — Схема разбиения на интервалы фактора

Необходимость выделения данных интервалов обоснована следующими практическими соображениями. Известно, что точечные прогнозы в статистическом анализе дают лишь предварительную оценку, которая затем уточняется с помощью доверительных прогнозных интервалов и оценок ошибки построенного прогноза. Эта схема удобна для специалиста-эксперта в области математической статистики, однако одна из важнейших задач разрабатываемой статистической подмодели заключается в том, чтобы снять с пользователя системы необходимость в достаточно хорошей мере владеть математическим аппаратом. Вместо этого модель должна предлагать четкие и понятные ЛПР рекомендации, не требующие от него статистической расшифровки, чтобы ЛПР, будучи специалистом в своей предметной области, мог полностью сосредоточиться на решении управленческой задачи, не отвлекаясь на технические детали. Особенности этих рекомендаций для разных групп и типов факторов будут объяснены далее. Для тех же пользователей, которые владеют инструментами математической статистики, предусмотрен вывод подробных отчетов о построении моделей и прогнозов на их основе.

Рекомендации, разрабатываемые по связи факторов «внешний — внутренний»

Рассмотрим вначале логику решения для пары факторов верхнего уровня, когда один из них внешний, а другой внутренний. В этом случае снимается вопрос о том, какой из данных факторов выбрать в качестве объясняющего, а какой — объясняемого. Внешний фактор не контролируем со стороны предприятия и должен считаться для него экзогенным, т.е. на его основе можно строить модели, связывающие его с внутренними факторами деятельности предприятия. Обратное неверно, т.е. внутренний фактор деятельности предприятия не следует считать экзогенным при попытках объяснить состояние внешней среды.

Пусть для внутреннего фактора y и внешнего фактора x обнаружена статистическая связь в форме $y = a + bx$, причем если $b > 0$, то эта связь прямая, а если $b < 0$, то это связь обратная. В случае прямой связи факторы изменяются в одном направлении, т.е. увеличение/уменьшение фактора x влечет за собой увеличение/уменьшение фактора y . В случае обратной связи факторы изменяются в разных направлениях, т.е. увеличение/уменьшение фактора x влечет за собой уменьшение/увеличение фактора y .

ЛПР, контролируя ход процесса, за который он отвечает, в некоторый момент времени фиксирует текущее значение фактора y , обозначим его y^T , и проверяет, в какой из интервалов (желаемый, позитивный или негативный) попадает это значение. Если значение y^T находится в негативной зоне, нецелесообразно рассчитывать на коррекцию в нужном направлении за счет изменения только внешнего фактора, на который ЛПР не в состоянии повлиять, следует искать иные пути решения проблемы. Таким образом, здесь статистическая модель не может дать ЛПР эффективные рекомендации, ему следует обратиться к другим составляющим КМ.

Далее, если значение y^T находится в желаемой или позитивной зоне, когда управленческого вмешательства не требуется, модель может оценить риск выйти за пределы текущего диапазона и попасть в негативную зону в зависимости от динамики развития внешнего фактора. Т.е. ЛПР может проиграть различные сценарии изменения x и оценить, как это может отразиться на y .

Для этого берется текущее значение x^T и ЛПР выбирает один из двух сценариев: значение x^T увеличится (сценарий 1) или уменьшится (сценарий 2). Возможные комбинации и соответствующие им рекомендации представлены в таблице 41.

Таблица 41 — Рекомендации при изменении внешних факторов

Факторы, требующие максимизации	<i>Сценарий 1</i>	<i>Сценарий 2</i>	Факторы, требующие минимизации	<i>Сценарий 1</i>	<i>Сценарий 2</i>
Связь прямая	Норма	Есть риск	Связь прямая	Есть риск	Норма
Связь обратная	Есть риск	Норма	Связь обратная	Норма	Есть риск

Здесь вариант «норма» означает, что по построенному уравнению статистической связи, если реализуется выбранный сценарий, y останется в желаемой или позитивной зоне. «Есть риск» означает, что согласно построенному прогнозу y может переместиться в негативную зону.

Таким образом, в этом варианте работы модели она предупреждает ЛПР о возможных рисках изменений внутренних факторов, обусловленных изменениями внешних факторов.

Рекомендации, разрабатываемые по связи факторов «внутренний — внутренний»

Далее рассмотрим вариант решения для пары факторов верхнего уровня, когда оба они являются внутренними. Здесь вопрос о том, какой из них считать объясняемым, а какой объясняющим, следует оставить на усмотрение ЛПР как специалиста в своей предметной области. Сила статистической связи не меняется для выбранной пары y и x , меняются только параметры для расчета прогнозных значений.

Логика разрабатываемого моделью решения в этом случае по сравнению с предыдущим значительно изменяется. ЛПР фиксирует текущее значение x^T и анализирует последствия того или иного мероприятия, ведущего к увеличению/уменьшению x^T . Система по найденной взаимосвязи проверяет, как это отразится на значении y . Для этого предварительно строится точечный прогноз $y^* = a + bx^T$, делается проверка, в какую зону этот прогноз попадает, и в зависимости от типа y и знака параметра b оценивается, как отразится запланированное изменение x на y .

Значение y^* попадет в одну из трех зон, давая начальную точку отсчета для последующей оценки. Прогнозный доверительный интервал $y^* \pm p_{\text{прогноза}} \cdot s_y$, где s_y — стандартная ошибка прогноза, а $p_{\text{прогноза}}$ — доверительная вероятность, с которой этот прогноз строится, может полностью остаться в той же зоне, что и y^* . Кроме этого, доверительный интервал может охватить две соседние зоны. Если же стандартная ошибка прогноза будет слишком велика, то интервал может охватить все три зоны, в этом случае y модели недостаточно данных, чтобы давать конкретные рекомендации ЛПР, ему следует пересмотреть исходную постановку задачи или обратиться к другим блокам модели.

Вырабатываемые рекомендации в зависимости от типа y , зоны, в которую попало его прогнозное значение и типа связи (прямая/обратная) представлены в таблицах 42-45.

Таблица 42 — Фактор y в группе «Факторы, требующие максимизации». Связь между y и x прямая

Интервал y^*	x^T увеличивается	x^T уменьшается
Желаемый	Норма	Риск
Негативный	Улучшение	Ухудшение
Позитивный	Норма	Норма

Таблица 43 — Фактор y в группе «Факторы, требующие максимизации». Связь между y и x обратная

Интервал y^*	x^T увеличивается	x^T уменьшается
Желаемый	Риск	Норма
Негативный	Ухудшение	Улучшение
Позитивный	Норма	Норма

Таблица 44 — Фактор y в группе «Факторы, требующие минимизации». Связь между y и x прямая

Интервал y^*	x^T увеличивается	x^T уменьшается
Желаемый	Риск	Норма
Негативный	Ухудшение	Улучшение
Позитивный	Норма	Норма

Таблица 45 — Фактор y в группе «Факторы, требующие минимизации». Связь между y и x обратная

Интервал y^*	x^T увеличивается	x^T уменьшается
Желаемый	Норма	Риск
Негативный	Улучшение	Ухудшение
Позитивный	Норма	Норма

Рекомендация «Риск» означает, что при запланированном изменении x^T прогнозное значение y может перейти из текущего интервала в соседний в нежелательном направлении. Рекомендация «Норма» означает, что при запланированном изменении x^T прогнозное значение y с выбранной доверительной вероятностью останется в текущем интервале, но может перейти из желаемого в позитивный и наоборот. Рекомендация «Ухудшение» означает, что при запланированном изменении x^T прогнозное значение y останется в текущей негативной зоне, т.е. запланированное мероприятие не окажет положительного воздействия на этот фактор. Рекомендация «Улучшение» означает, что запланированное изменение x^T положительно скажется на прогнозном значении y , т.е. из негативного интервала y может перейти в желаемый.

Для построения статистических моделей необходимы статистические данные по конкретному предприятию.

Рекомендации по построению моделей узла КМ

Несмотря на общий заданный набор принципов управления, определение корректной совокупности математических соотношений для каждого узла модели является неоднозначным. Выбор соотношений зависит от множества причин: структура деятельности объекта описания, совокупность факторов, определяющих деятельность объекта, форма и вид факторов и т.д. А если ставится задача описания взаимодействия гетерогенных объектов, то построение связанной совокупности математических моделей для всех узлов комплексной модели является очень сложной задачей, требующей дополнительных исследований, так как в разных узлах модели различные условия функционирования, и требуется применение различных подходов к описанию. Ограничение на формы математических моделей вводится в виде следующих трёх типов:

параметрический — в условиях определенности;

статистический — в условиях риска;

экспертный — в условиях неопределенности и конфликта.

В простейшем случае построение параметрической модели сводится к использованию формулы расчета KPI на нижних уровнях модели и затем — к агрегированию показателей по выбранным измерениям для вышестоящих уровней, заканчивая верхним (операции суммирования или интегрирования).

В более сложном случае агрегирование дополняется синергетической компонентой, выявление которой требует глубокого знания и понимания содержания объекта описания. Математическое моделирование синергетической составляющей может потребовать нетривиального подхода и высокого уровня квалификации от исследователя.

Для статистической модели используются массивы накопленных данных о функционировании предприятия и выделяются значимые взаимосвязи между параметрами (операции корреляции, ковариации, регрессии и т.д.).

Для экспертной модели используется массив прецедентов (представлен в виде базы знаний или когнитивной карты), а при отсутствии прецедента формируется экспертная комиссия и проводится процедура формирования и согласования экспертной оценки.

Уровень инфологической модели (уровень хранения данных)

На большинстве предприятий задача построения единой информационной инфраструктуры решена в той или иной степени, но интеграция информационных систем без внедрения методологии контроля и управления производством не может решить поставленные задачи полностью. В связи с этим представляется актуальным разработка инструмента в виде информационной системы, реализующего методологию управления.

На практике при имеющихся на предприятии автоматизированных системах компонентную модель можно построить, используя имеющиеся данные из систем KPI, BPM и описания организационной структуры предприятия.

Инфологическое описание модели сводится к построению базы данных, содержащей всю необходимую информацию для расчета показателей и формирования управляющих воздействий. На практике эти данные находятся в различных информационных базах, поэтому задача сводится к интеграции данных из гетерогенных источников.

Для заполнения данных будет использоваться инфологическая модель (для конкретной базы данных она будет преобразована в физическую модель представления данных или модель интеграции данных из нескольких систем).

Для построения КМ необходимо задать значения входных данных по конкретному предприятию на всех уровнях, а именно:

структуру предприятия;

справочники;

бизнес-процессы;

структуру КРІ и т.д.

Представим инфологическую модель в виде ER-диаграммы.

Иерархическая структура предприятия может быть описана с помощью одной сущности (одной таблицы), но кроме дерева подразделений необходимы данные о сотрудниках, должностях (рисунок 35). Подразделения могут представлять собой филиалы, находящиеся в разных регионах, а значит, на них будут воздействовать разные факторы. Поэтому необходима и информация о регионе (если все подразделения находятся в одном месте, то поле можно или удалить или оставить пустым).

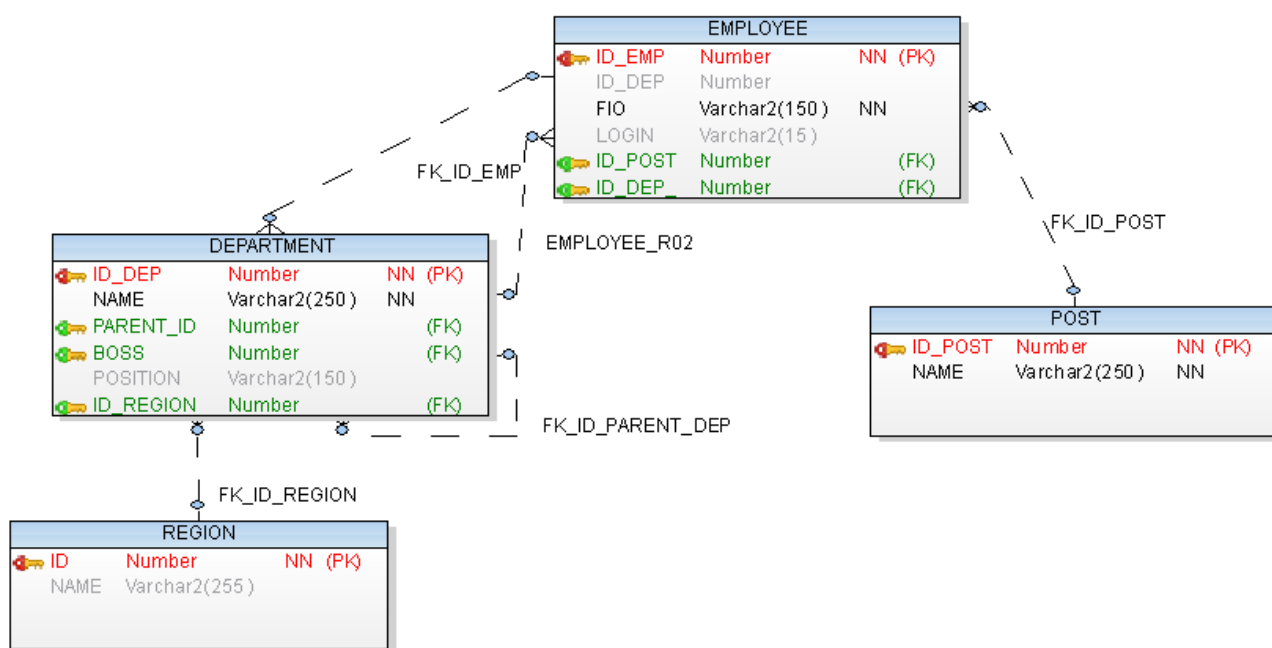


Рисунок 35 — Схема хранения данных о структуре предприятия

Особенность предприятия заключается не только в ее организации, но и в профиле, производимых изделиях, применяемых на предприятии нормативах и т.д. Такая информация соответствует так называемым справочникам. Так как справочники могут меняться и быть разными, то для их описание предлагается описать сами справочники (рисунок 36), а потом по мере необходимости добавлять их, дополняя схему данных. Причем таблицы, описывающие организационную структуру, тоже являются справочниками. Справочники для показателей являются измерениями (если использовать терминологию

многомерной модели представления данных). Для каждого показателя строится модель звезды или снежинки (ROLAP), где измерениями будут именно эти таблицы.

ID_DIRECTORY	NAME	TABLE_DIRECTORY	HEMA_DIRECTORY	TABLE_SYNONYM	COLUMN_ID
1	Подразделения	DEPARTMENT	KOP_ORGANIZATION	DEPARTMENT	id_dep
2	Серия+изделие	SERNUM	KOP_ORGANIZATION	SERNUM	id
3	Регион	REGION	KOP_ORGANIZATION	REGION	id
6	Этап	STEP	KOP_ORGANIZATION	STEP	STEP
7	Агрегаты	AGREGAT	KOP_ORGANIZATION	AGREGAT	AGR
8	СТК	STK	KOP_ORGANIZATION	STK	STK
9	Детали	DETAL	KOP_ORGANIZATION	DETAL	DET
4	Бизнес-процессы	PROCESSES	KOP_BPROCESS	PROCESSES	id_process
5	Функция бизнес-процесса	Function_of_bprocess	KOP_BPROCESS	KOP_BPROCESS	ID_ELEMENT

Рисунок 36 — Пример описания справочников

Бизнес-процесс, в какой бы нотации он не описывался (BPMN, UML, DFD и т.д.), можно представить как множество разнотипных элементов, соединенных различными связями. Это значит, что для описания бизнес-процесса необходимо описать типы связей, типы элементов (элемент может быть и элементом справочника, например, сотрудник или подразделение), сами элементы и дуги их связывающие (рисунок 37). Кроме того, бизнес-процесс может быть подпроцессом другого бизнес-процесса.

Для хранения структуры KPI необходимо определить для каждого показателя (необязательные параметры):

- тип (вычисляемый, нормативный, вносимый с клавиатуры);
- единицу измерения;
- частоту вычисления или замера (час, день, месяц и т.д.);
- уровень управления;
- перспективу;
- бизнес-процесс;
- группу;
- дочерние параметры (на основе которых он вычисляется);
- ответственных исполнителей, назначенных на разные роли (ответственный за контроль, согласующий и т.д.);
- способ вычисления (если это расчетный параметр) и т.д.

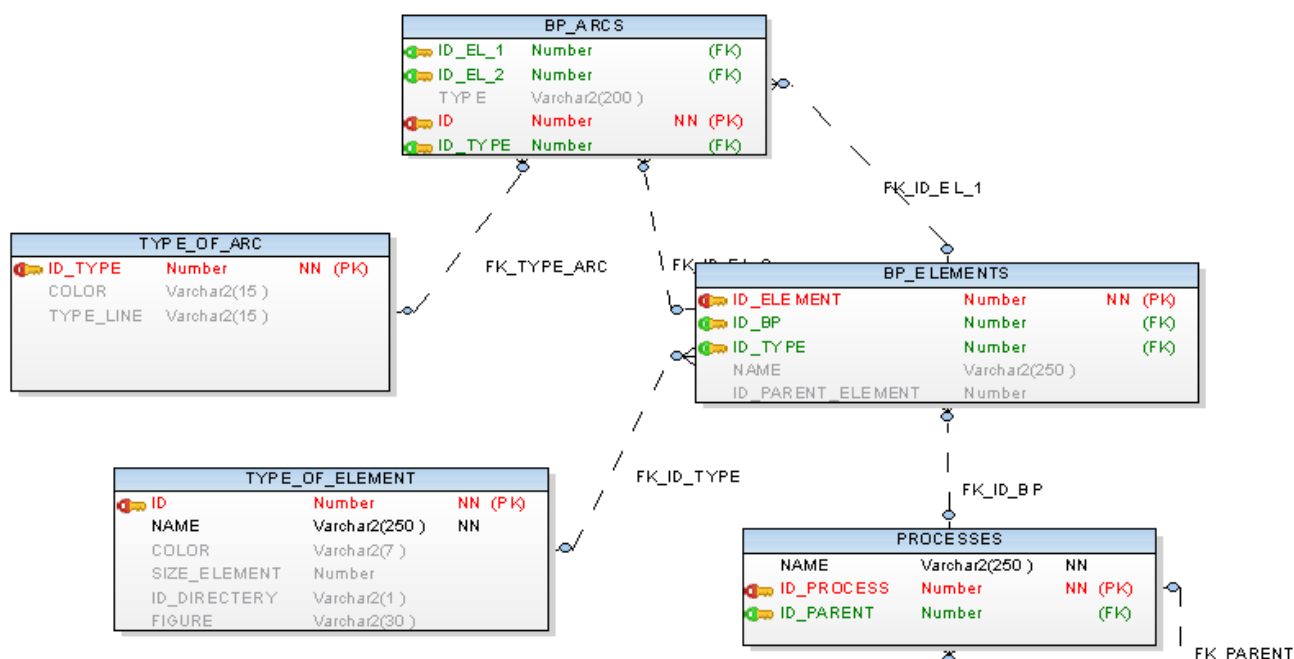


Рисунок 37 — Схема хранения бизнес-процессов в обобщенном виде (для произвольной нотации)

Для хранения данной информации и служебной информации для вычисления показателя и построения иерархии показателей формируется схема хранения, представленная на рисунке Рисунок 38, она не является единственно возможной, а лишь одним из возможных вариантов. Данная структура хранит данные о системе показателей, но не сами значения показателей. За счет назначения уровней, перспектив, бизнес-процессов и групп КРІ выстраиваются в иерархию.

Для хранения значений показателей создаются отдельные таблицы, внешние ключи в которых связываются с таблицами-справочниками (измерениями). Показатели, имеющие все одинаковые поля кроме набора измерений, являются разными, например, трудочасы по детали, по агрегату, по изделию. Такие показатели при наличии базовых (с максимальным числом измерений) вычисляются путем агрегирования по измерению, поэтому в требуется вносить в схему данных только по базовому показателю.

Алгоритм построения системы КРІ

Построение модели KPI (заполнение таблиц данными, т.е. создание иерархической структуры показателей) достаточно трудоемкая и сложная задача. Она сводится к формированию ключевых показателей эффективности (KPI) и результативности (KRI) [68] деятельности для основных (производство и др.) и вспомогательных (планирование, подготовка производства и др.) процессов. Под эффективностью понимается соотношение эффекта и затрат, вызвавших этот эффект, и позволяет оценить различные «траектории» достижения результата с учетом затраченных ресурсов (финансы, персонал, время). Результативность — достижение стратегических и тактических целей, показывает степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

Информационная система оценки деятельности предприятия должна обеспечивать:
гибкую настройку набора и структуры KPI и KRI, способную адаптироваться к быстро изменяющимся условиям внешней и внутренней среды с учетом специфики предприятия;

взаимосвязь KPI и KRI с бизнес-процессами предприятия, организационной структурой, функциями процессов (KPI и KRI должны быть четко распределены по зонам ответственности);

контроль отклонений от установленных норм KPI и KRI;

анализ значений временных рядов показателей (парная и множественная регрессия), прогнозирование значений временных рядов показателей;

возможность экспертного оценивания взаимосвязей показателей и способов их контроля.

Все приведенные методы имеют своё узкое специфическое предназначение, при этом развитие цифровых технологий формирует единую информационную среду и дает предпосылки к интеграции всех процессов и подходов к анализу деятельности предприятия. В связи с этим представляется актуальным разработка инструмента в виде информационной системы оценки деятельности предприятия. Для оценки рекомендуется использование ключевых показателей эффективности (KPI) и результативности (KRI) [68] деятельности для основных (производство и др.) и вспомогательных (планирование, подготовка производства и др.) процессов. Под эффективностью понимается соотношение эффекта и затрат, вызвавших этот эффект, и позволяет оценить различные «траектории» достижения результата с учетом затраченных ресурсов (финансы, персонал, время). Результативность — достижение стратегических и тактических целей, показывает степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов.

Информационная система для выполнения задачи оценки деятельности должна обеспечивать:

гибкую настройку набора и структуры KPI и KRI, способную адаптироваться к быстро изменяющимся условиям внешней и внутренней среды с учетом специфики предприятия;

взаимосвязь KPI и KRI с бизнес-процессами предприятия, организационной структурой, функциями процессов (KPI и KRI должны быть четко распределены по зонам ответственности);

расчет интегральных показателей KPI и KRI и получение значение выбранным по срезам (справочникам) на основе базовых значений;

контроль отклонений от установленных норм KPI и KRI;

анализ значений временных рядов показателей (парная и множественная регрессия), прогнозирование значений временных рядов показателей;

возможность экспертного оценивания взаимосвязей показателей и способов их контроля.

После получения данных о предприятии и представления их в виде модели описания можно получить компонентную (информационно-графовую) модель, которая представляет структуру компонентной модели.

Уровень компонентной (информационно-графовой) модели

Компонентная модель должна описывать как функции, так и структуру организации. Поэтому для ее построения необходимо произвести *функционально-структурную декомпозицию* деятельности организации.

Структура организации в большинстве случаев представляется в виде иерархии (дерева), но в некоторых случаях может иметь и более сложную структуру, и тогда она будет отображаться графом. Поэтому для описания структуры организации можем использовать множество вершин (подразделений) и множество вершин связей между ними, которые описывают иерархию подчинения отделов:

$$F=\{Dep, Arc_dep\},$$
$$Arc_dep=\{Dep_Input, Dep_Output\},$$

где Dep , Dep_Input , Dep_Output — подразделения.

Для описания функций организации и ее отделов наиболее удобным и активно применяемым на практике является описание бизнес-процессов. Существует много нотаций, позволяющих описать бизнес-процесс (DFD, BPMN, UML и другие), но все они могут быть сведены к графу с разными типами вершин:

$$BP=\{El, Arc_el, Parent\},$$
$$El=\{Name, Type, Value\},$$
$$Arc_el=\{El_Input, El_Output\},$$

где El , $Parent$, El_Input , El_Output — элементы бизнес-процесса, $Type$ — различные типы элементов (задача, ветвление, исполнитель, событие и т.д.), $Value$ — значение элемента с именем $Name$.

Для задачи функциональной декомпозиции нужны не все элементы бизнес-процесса, а только задачи (операции, процедуры) и исполнители. Если бизнес-процесс описывает операционную деятельность, то в качестве исполнителя будет выступать структурное подразделение или должность, а если описывается операционная деятельность, то в качестве исполнителя могут быть назначены конкретные работники. Поэтому в случае включения в модель проектной деятельности организации для формирования ее структуры требуется и описание ее трудовых ресурсов:

$$Emp=\{FIO, Dep, Post\},$$

где FIO — сотрудник, Dep — подразделение, $Post$ — должность.

Исходя из этого $Value$ может принимать значения множеств FIO или Dep или $Post$ (исполнитель — конкретный сотрудник, весь отдел, сотрудник, занимающий конкретную должность).

Целью модели является оценка и управление, поэтому для выполнения декомпозиции необходимы данные о целях организации. Для этого используются ключевые показатели эффективности. Для их описания также можно использовать граф, так как показатели связаны друг с другом. Но в этом случае граф не обязательно будет связным (некоторые вершины могут быть не связаны с графом, так как связь будет описываться через атрибутику показателя). Связь в этом случае обозначает, что один показатель используется для вычисления другого (множество P):

$$KPI=\{Asses, Acr_asses\}$$
$$Asses=\{Name, Function, Measure, Directory\},$$
$$Directory=\{El, Dep\},$$
$$Arc_asses=\{Asses_Input, Asses_Output\},$$

где Name, Asses_Input, Asses_Output — показатели, Function — процедура или функция расчета показателей (для декомпозиции не имеет значения), Measure — единица расчета (для декомпозиции не имеет значения). Элемент Directory имеет в общем случае свою структуру, указывая на совокупность измерений соответствующих значению показателя (как в многомерной модели представления данных). Но для целей декомпозиции необходимы только измерения подразделения, бизнес-процессы и элементы бизнес-процессов.

Таким образом, для формирования структуры комплексной модели необходимы следующие входные данные: F, Bp, Emp, KPI.

Алгоритм формирования структуры компонентной модели

Алгоритм формирования структуры комплексной модели содержит следующие шаги:
построение графа или дерева на основе структуры организации на базе множества F ;
добавление узлов (второго уровня декомпозиции), соответствующих бизнес-процессам BP . Бизнес-процессы связываются с узлами-подразделениями, которые являются исполнителями задач в бизнес-процессе (или исполнитель-сотрудник в нем работает или должность приписана к этому подразделению). Показатели, соответствующие бизнес-процессам (характеризующие весь процесс, а не отдельную задачу), привязываем к добавленным узлам;

добавление узлов (третьего уровня декомпозиции), соответствующих задачам El (тип узла= «задача/функция»), они привязываются к соответствующим им бизнес-процессам. Показатели, соответствующие задачам (характеризующие отдельную задачу), привязываем к добавленным узлам;

добавление связи от графа ключевых показателей эффективности (множество Acr_asses).

Узлы полученного графа будут соответствовать подмоделям M_i , часть из которых может быть простыми и вводиться извне (из другой системы или ручной ввод), а другие представлять сложные имитационные модели. По части показателей существуют общепринятые методики расчета, по другим получение значения является нетривиальной задачей. Построение конкретных подмоделей осуществляется для конкретного предприятия с учетом его особенностей.

Для визуализации подобный граф в полном виде является слишком сложным для восприятия (при большом количестве элементов), поэтому для простоты восприятия при визуализации рекомендуется граф преобразовать в дерево, в котором часть вершин будет повторяться (фрагмент дерева на тестовых данных). Если структура подразделений предприятия иерархична, то повторы будут встречаться, начиная со второго уровня декомпозиции.

Конечные вершины графа являются узлами модели нижнего уровня, и им требуются подмодели, рассчитывающие ключевые показатели. Значит, для таких вершин должен быть указан параметр Function в виде процедуры вычисления показателей на базе подмодели. Показатели более высокого уровня являются интегральными показателями нижнего уровня и требуют только указания метода расчета (сумма, среднее и т.д.). Интегральные показатели выявляются на основе наличия связи Acr_asses и при наличии показателей с одинаковым именем Name, но разными значениями Directory. Для таких показателей указывается параметр Function в виде функции расчета.

Полученная декомпозиция позволит провести анализ соответствия системы KPI, бизнес-процессов и организационной структуры. Для этого предлагается ряд правил:

если существуют вершины (подразделения и бизнес-процессы, возможно и задачи), для которых отсутствует прикрепленный к нему показатель эффективности, по необходимо уточнить входные данные (так как это значит, что отсутствует контроль);

если у вершины (подразделения) отсутствует прикрепленный к нему бизнес-процесс, то уточнить входные данные (возможно подразделение не задействовано в основной деятельности и потребуется реорганизация деятельности или структуры);

если показатель не прикреплен ни к подразделению ни к бизнес-процессу, значит требуется уточнить входные данные (они могут быть не внесены или показатель лишний, его можно удалить);

для входных показателей должны быть определены источники поступления данных (датчики, внешние базы, ручной ввод и т.д.), а для показателей расчетного типа должен быть определен P_{ij} (способ их вычисления на базе входных показателей);

если появляется показатель на более высоком уровне, не зависящий от расположенных ниже узлов, то это может указывать на недостаточную детализацию системы показателей или на необходимость добавления подмодели на данном узле.

Результаты анализа могут указывать на необходимость реорганизации, изменения бизнес-процессов или модификации системы ключевых показателей.

Предлагаемую комплексную модель можно применять как к субъектам экономики, так и к их частям (группе предприятий, предприятиям, подразделениям и др.). Ее реализация возможна на базе реляционной модели представления данных (моделирование проводилось на базе СУБД Oracle, визуализация дерева (рисунок 39) с помощью библиотеки Vega).

Предлагаемый подход позволяет на базе существующей информации определить структуру модели для такого объекта управления, как предприятие, и провести поэтапное внедрение выбранной методологии управления деятельностью предприятием (поэтапно описывая подмодели и внося необходимые изменения в системы KPI, бизнес-процессов и организационную структуру).

Результаты работы рекомендуется использовать при построении моделей управления предприятием и при внедрении методологии управления деятельностью предприятием.

Уровень информационной системы

Информационная система, реализующая компонентную модель (ИС КМ), может быть построена множеством способов (разные структуры, архитектуры, технологии и т.д.). Поэтому в рамках данного этапа формулируются основные функциональные требования, предъявляемые к ИС КМ, а также предлагается один из вариантов построения структуры ИС КМ.

Система управления процессами цифрового производства высокотехнологичных изделий на базе комплексной модели оценки деятельности предприятия

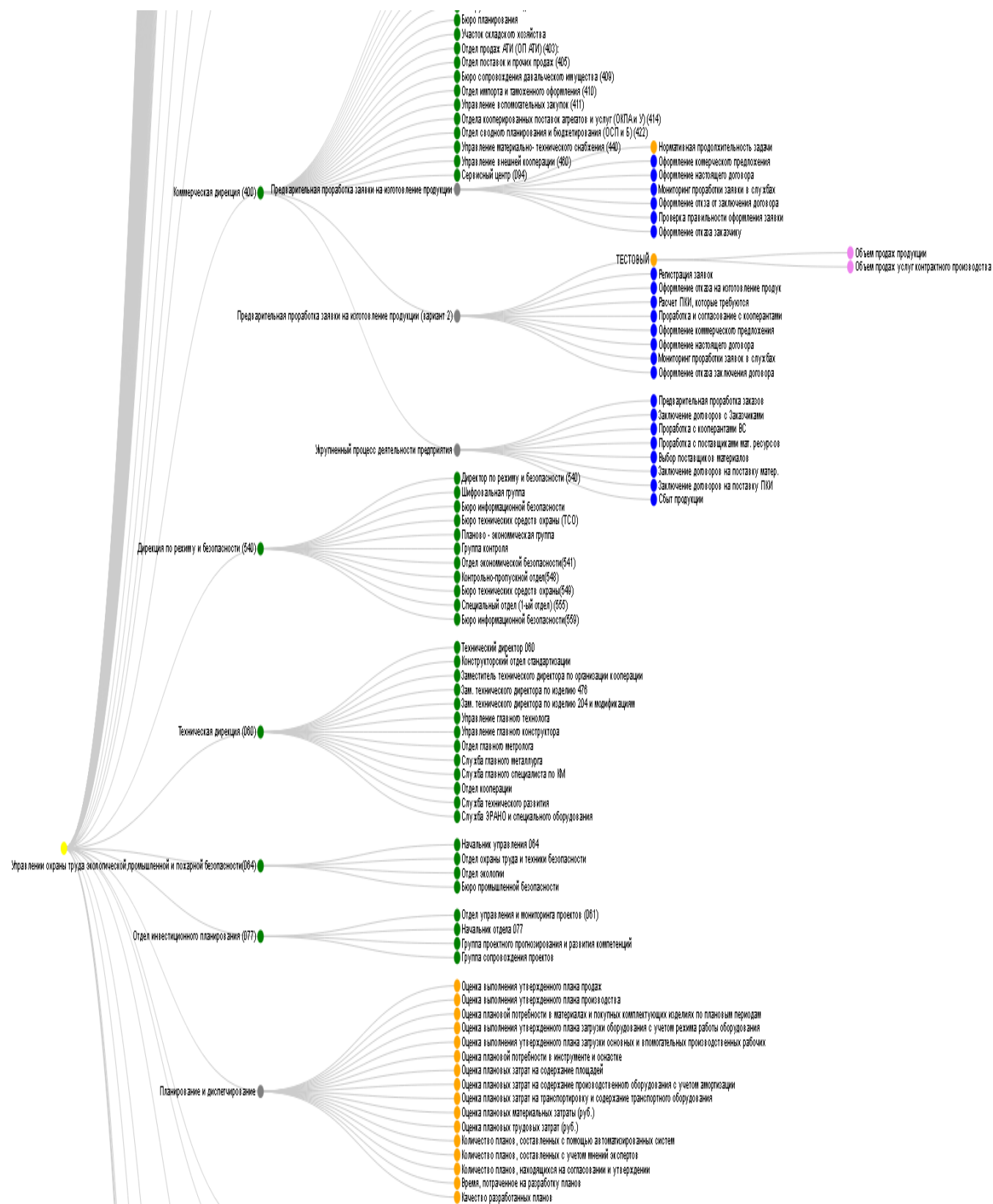


Рисунок 39 — Фрагмент декомпозиционного дерева компонентной модели (зеленые — подразделения, серые — процессы, оранжевые показатели, фиолетовые — входные показатели)

Функциональные требования к ИС КМ

Для описания функциональных требований были определены функциональные подсистемы ИС КМ. На текущем этапе предлагается уточнить функциональные требования, принимая во внимание конечных пользователей ИС КМ. Поэтому вначале определим типы пользователей ИС КМ.

ИС КМ ориентирована в первую очередь на специалистов предприятия разного уровня ответственности и разной специализации. Для каждого из них создавать роль является трудоемкой задачей, и для каждого предприятия набор ролей в таком случае будет различным.

Для унификации типов пользователей (ролей) ИС КМ предлагается опираться на понятие задачи КМ (см. пункт ниже «Понятие задачи в ИС КМ и типы пользователей, работающие с задачами»). Общего пользователя, работающего с задачей КМ, обозначим как «Основной пользователь». Кроме основного пользователя введём ещё три типа пользователей: оператор, аналитик, администратор.

Определим для каждой функциональной подсистемы типы пользователей, которые их используют, и данные, которые им требуются для обеспечения выполнения функций (таблица 46).

Таблица 46 — Использование функциональных подсистем разными типами пользователей

Подсистема	Типы пользователей	Данные
Подсистема ведения данных	Оператор	Значения показателей, справочники, организационная структура
	Аналитик	Структура KPI, бизнес-процессы, задачи
Подсистема контроля выполнения регламента	Основной пользователь	Статусы задач
Подсистема мониторинга ключевых показателей	Аналитик, ЛПР	Значения показателей, допустимые интервалы значений
Подсистема анализа и прогноза изменения значений ключевых показателей	Аналитик	Статистические данные
Подсистема сбора прецедентов и экспертных решений по влиянию на ключевые показатели	ЛПР	Экспертные мнения и оценки, параметры задач
	Эксперт	Экспертные мнения и оценки
	Согласующий	Параметры задач
Подсистема выдачи рекомендаций	ЛПР	Экспертные мнения и оценки
Подсистема формирования отчетов	Основной пользователь	Значения показателей

Из таблицы видно, что подсистемы используются разными типами пользователей. Поэтому логичнее проставляется в дальнейшем определять функциональные требования в разрезе типов пользователей и функциональные подсистемы переопределить в соответствии с типами пользователей. Для этого раскроем понятие задачи КМ и опишем в первую очередь функционал основного пользователя.

Понятие задачи в ИС КМ и типы пользователей, работающие с задачами

Для унификации типов пользователей (ролей) ИС КМ предлагается опираться на понятие задачи КМ. Каждый узел компонентной модели привязывается к конкретной задаче подразделения или сотрудника (соотношение у узла компонентной модели и задачи много ко многому). Задачи привязываются к элементам бизнес-процессов и формально могут создаваться на основе должностных инструкций. Но на практике рекомендуются формировать задачи в процессе построения или реорганизации бизнес-процессов, включая в задачу элементы-операции (действия), объединяемые исполнителем, временными рамками и последовательно расположенными в бизнес-процессе. В случае укрупненных бизнес-процессов задача может быть эквивалентна элементу-операции (действию).

В этом для каждой задачи выделим четыре типа пользователя (рисунок 40):

лицо, принимающее решение;

эксперт;

исполнитель;

согласующий.

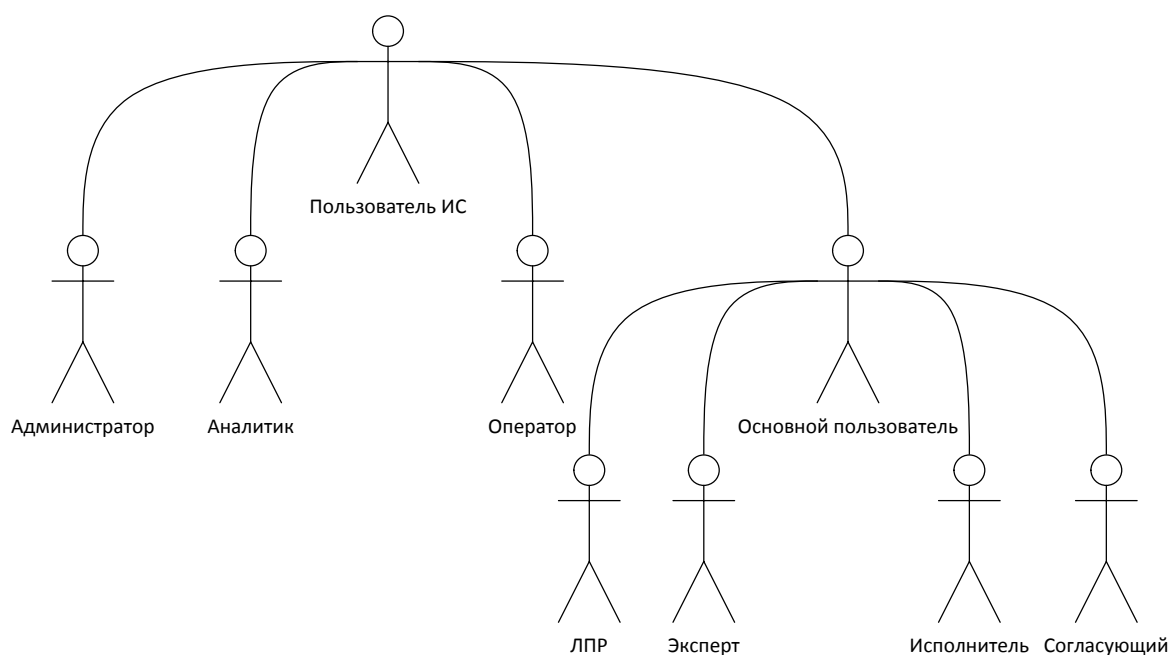


Рисунок 40 — Типы пользователей ИС КМ

Не все типы пользователей должны быть назначены для каждой задачи. В самом общем случае задача возникает при обнаружении выхода за допустимые границы показателя. Ответственный за показатель становится лицом, принимающим решения (рисунок 41), в задаче по нормализации этого значения. Если не существует очевидного или прецедентного решения, то он формирует экспертную группу из числа специалистов предприятия или при необходимости привлекает специалистов извне.

Для автоматизации процесса формирования экспертных мнений и накопления опыта (прецедентов), эксперты через систему формируют альтернативы решения поставленной задачи (рисунок 42).

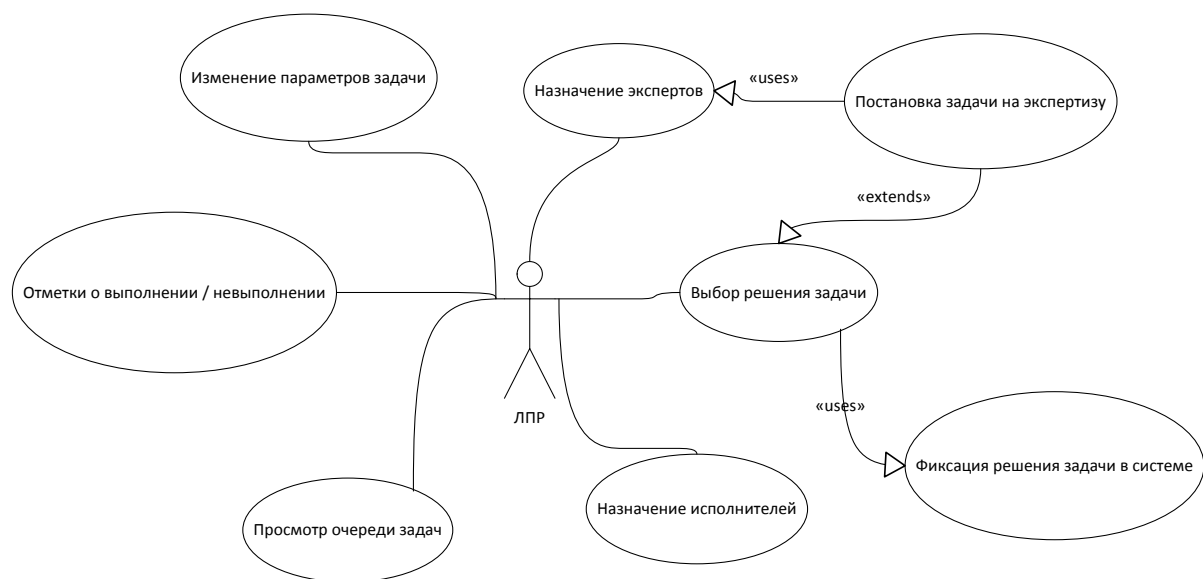


Рисунок 41 — Сценарий выполнения для типа пользователя «Лицо, принимающее решение» ИС КМ

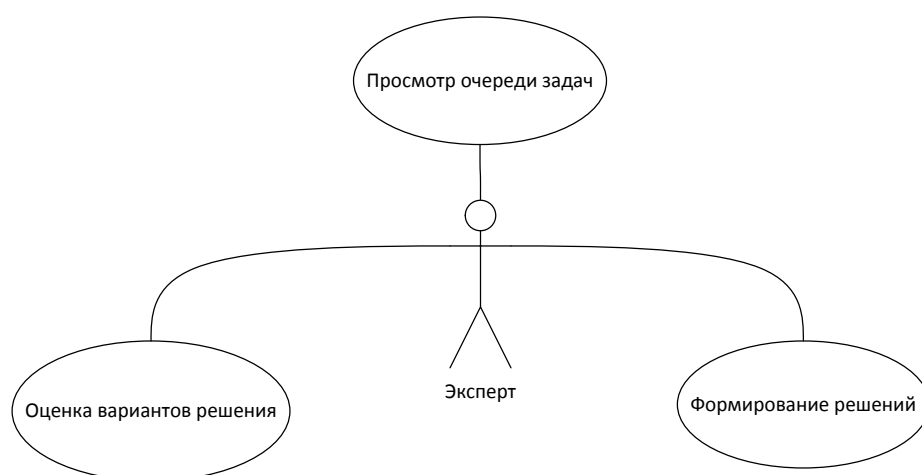


Рисунок 42 — Сценарий выполнения для типа пользователя «Эксперт» ИС КМ

После получения экспертных мнений и процедуры их оценки ЛПР принимает решение и назначает новых исполнителей в случае необходимости или приходит к выводу о невозможности решить задачу на текущем уровне управления и передает ее выше по иерархии с рекомендациями по ее решению, тем самым изменяя ЛПР задачи (данная возможность необходима, так как задачи верхнего уровня, например, требующие пересмотра регламентов управления, могут быть обнаружены на нижних уровнях управления, но у них нет полномочий по принятию решения, даже если решение найдено).

Исполнитель (рисунок 43), получив задачу, может изменять ее параметры (например, приоритетность, временные рамки исполнения и т.д.) и после ее выполнения изменить ее статус на «Выполнена». В случае невозможности ее выполнения и получения статуса «Невыполненная», она попадает как нерешенная ЛПР.

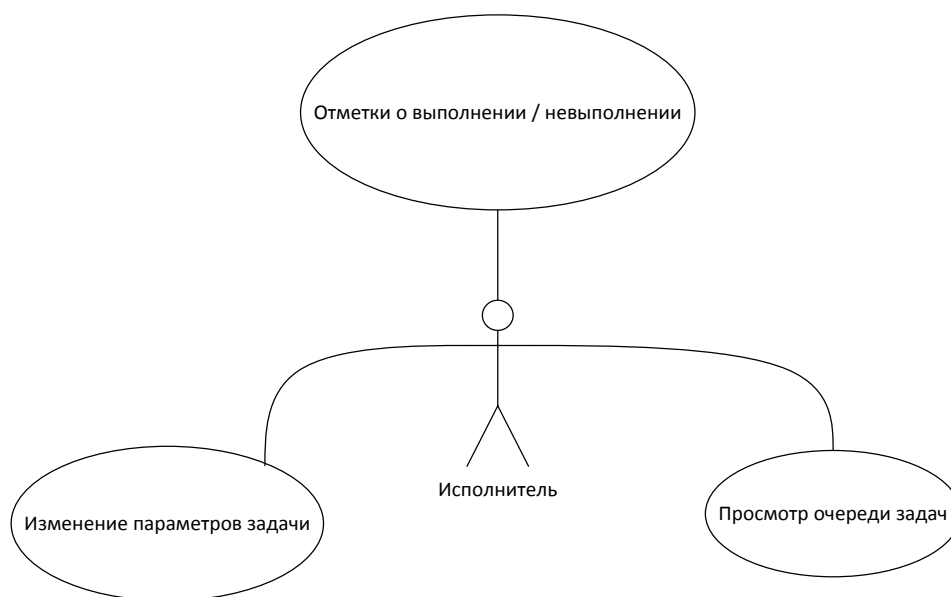


Рисунок 43 — Сценарий выполнения для типа пользователя «Исполнитель» ИС КМ

Изменение временных рамок задачи или выбор решения могут влиять на другие задачи и процессы, поэтому требуют согласования с ЛПР связанных задач (рисунок 44).

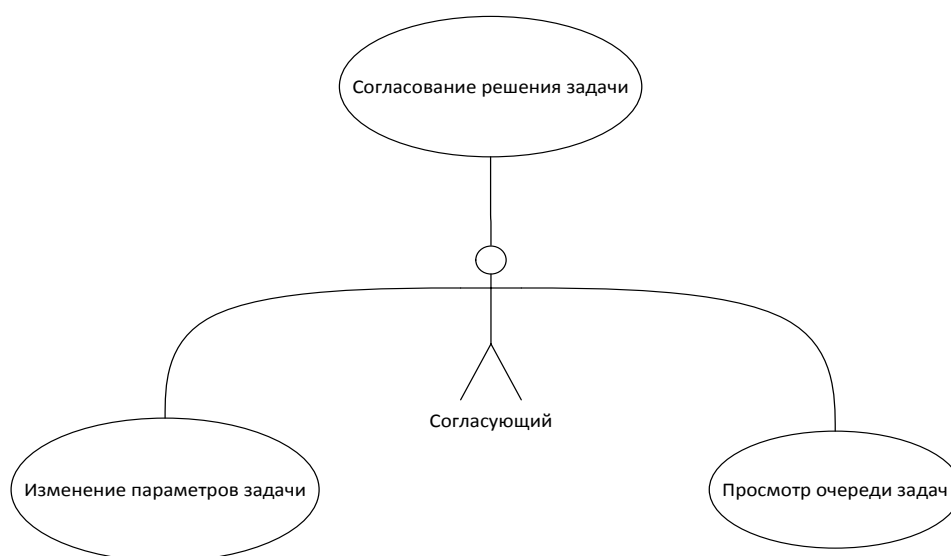


Рисунок 44 — Сценарий выполнения для типа пользователя «Согласующий» ИС КМ

В рамках разных задач один и тот же основной пользователь может быть и согласующим, и экспертом, и ЛПР, и исполнителем. Поэтому эти типы пользователей можно рассматривать как роли основного пользователя.

Задача обрабатывается разными типами пользователя и находится в различных состояниях по мере обработки (Рисунок 45).

Последовательность этапов работы с задачей различными типами пользователей представлена в виде диаграммы деятельности ниже (рисунок 46).

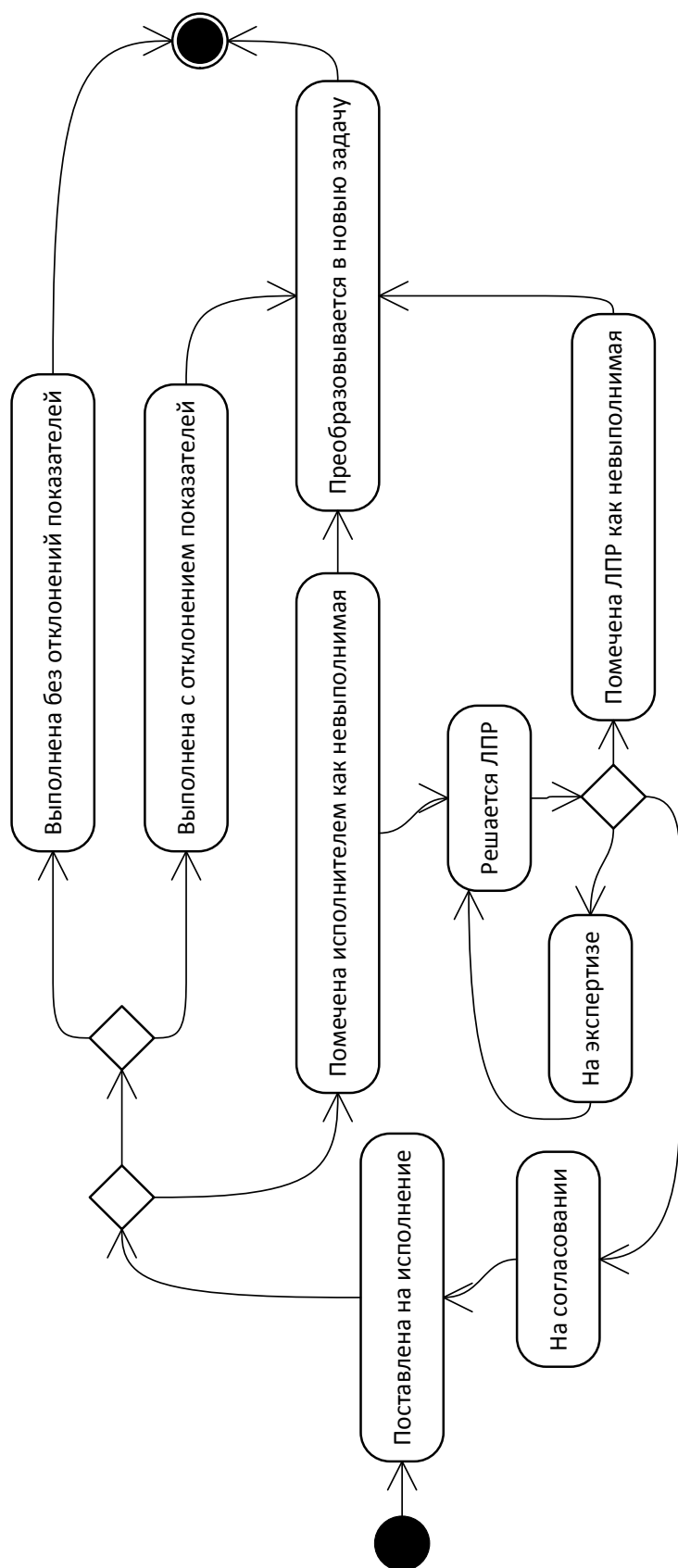


Рисунок 45 — Диаграмма состояний задачи

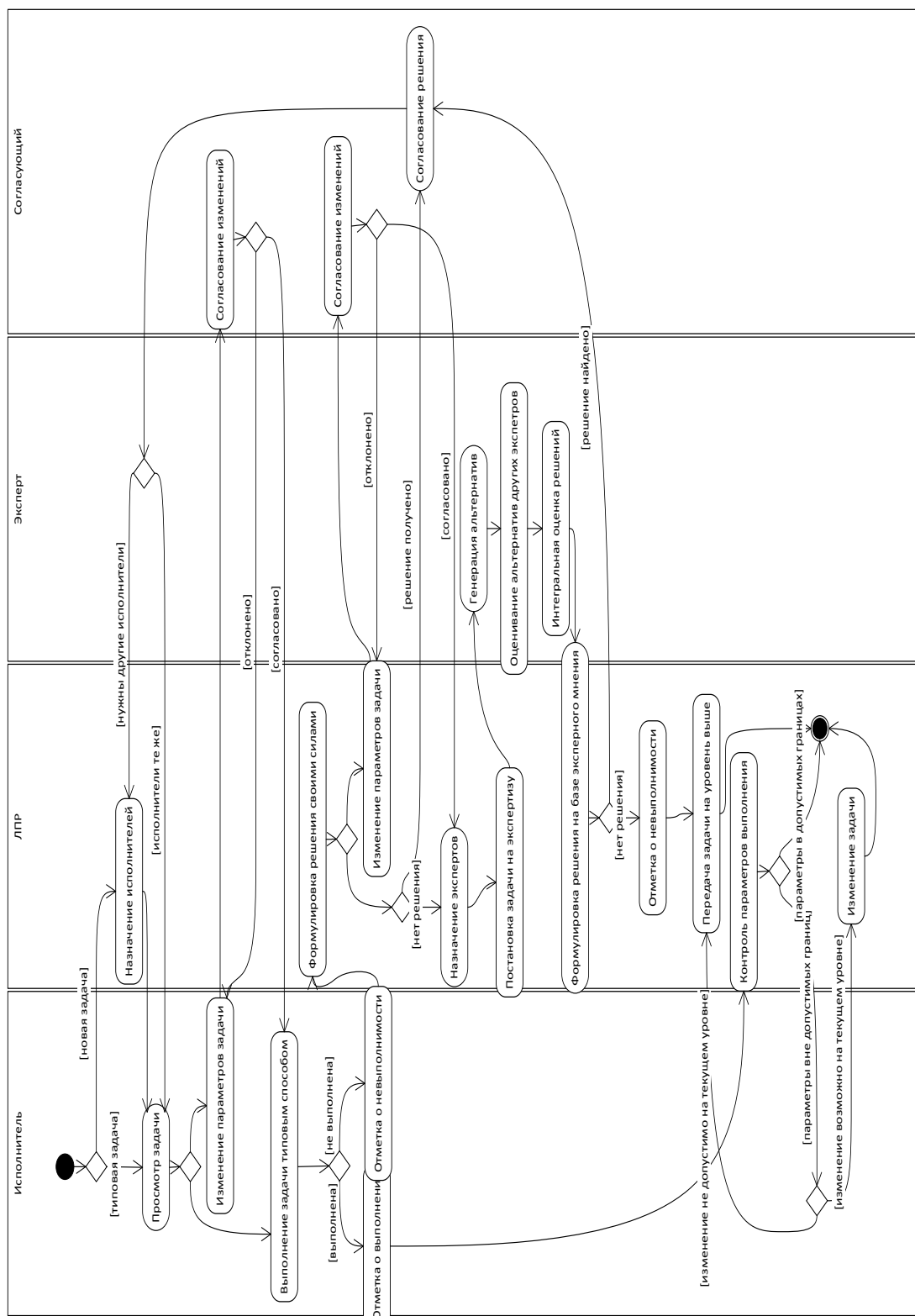


Рисунок 46 — Алгоритм обработки задачи разными типами пользователей

Типы пользователей ИС КМ, обеспечивающие функционирование ИС КМ

Типы пользователей, связанные с задачей, являются конечными пользователями ИС КМ. Но для того чтобы они смогли пользоваться системой, требуется обеспечить ввод в систему необходимых данных и настроить систему. Этим занимаются другие типы пользователей (рисунок 40).

Администратор (рисунок 47) обеспечивает ведение пользователей и ролей, а также ведение служебной информации ИС КМ. Кроме того, если на предприятии развернуты и функционируют системы BPM, ERP, KPI и т.д., администратор должен обеспечить их интеграцию. ИС КМ в этом случае должна получить доступ к имеющейся информации о бизнес-процессах, показателям, организационной структуре и т.д.



Рисунок 47 — Сценарий выполнения для типа пользователя «Администратор» ИС КМ

Если часть данных невозможно получить из интегрированной информационной среды предприятия, то данные могут вноситься операторами (рисунок 48). Но если объем вносимых оператором данных большой, то ИС КМ не может обеспечивать режим реального времени (данные будут поступать с задержкой и могут потерять свою актуальность).

Данные, необходимые для функционирования ИС КМ, не все могут вноситься оператором, так как если на предприятии нет BPM или KPI систем, то информацию о бизнес-процессах предприятия и структуре показателей может внести только аналитик (рисунок 49) после соответствующего обследования предприятия.

При наличии уже внедренных систем BPM и KPI, на предприятии скапливается статистическая информация, которая может быть использована для реинжиниринга бизнес-процессов, реорганизации структуры предприятия, а также выявления прецедентов принятия решения по различным задачам. Поэтому анализ статистической базы данных является одной из функций аналитика.



Рисунок 48 — Сценарий выполнения для типа пользователя «Оператор» ИС КМ

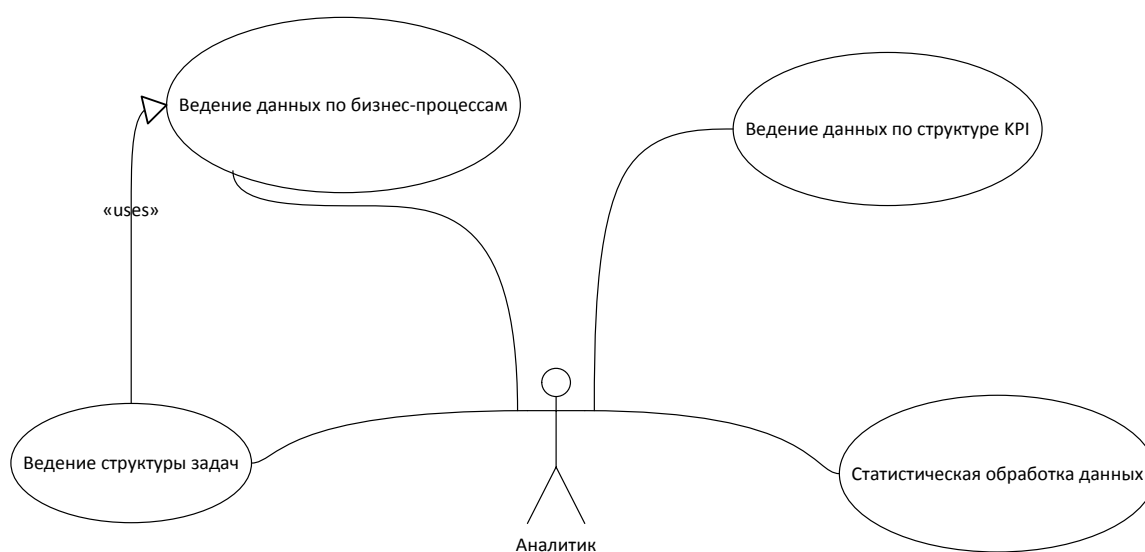


Рисунок 49 — Сценарий выполнения для типа пользователя «Аналитик» ИС КМ

Детализация функций системы зависит от особенностей предприятия, его информационной среды, от текущих задач и степени технологической готовности.

Вариант структуры и архитектуры

В зависимости от способа реализации структура ИС КМ и ее архитектуры могут быть различными (сервис-ориентированной, облачной, клиент-серверной: двух-, трех- или многоуровневой). Поэтому ниже приводятся лишь основные элементы системы с клиент-серверной архитектурой.

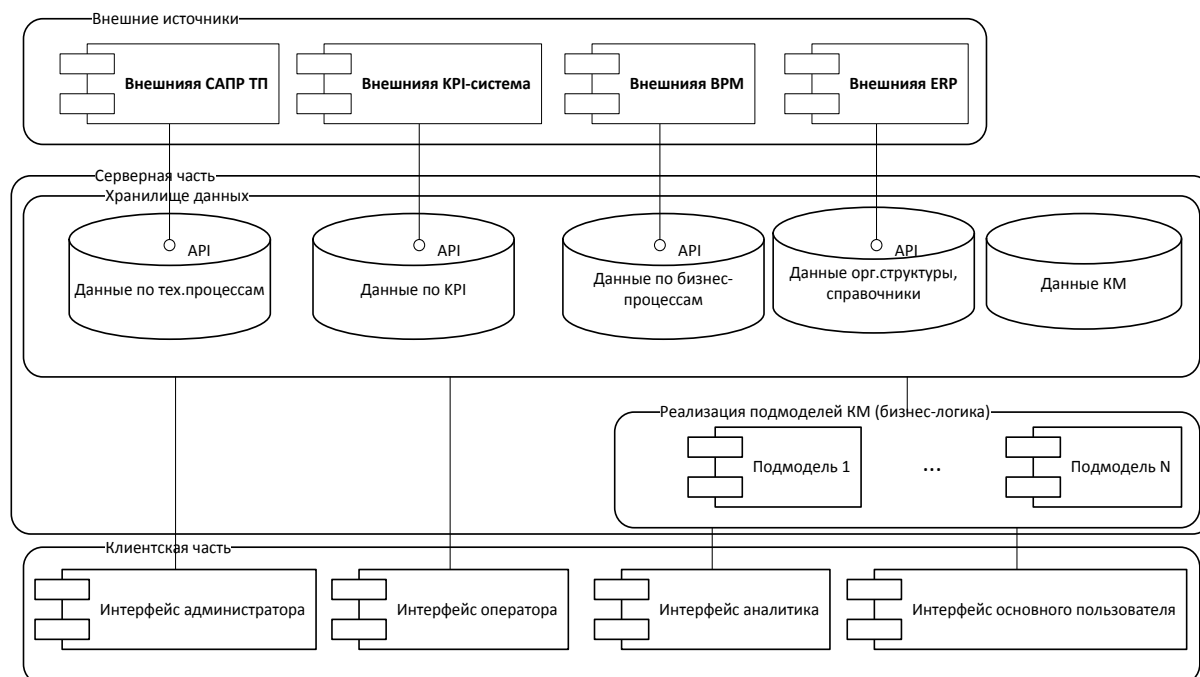


Рисунок 50 — Вариант структуры ИС КМ с клиент-серверной архитектурой

Уровень регламента

На предыдущем этапе были определены атрибуты:

задача КМ;

время начала выполнения и длительность или время окончания;

частота;

исполнители, согласующие лица, ответственный (ЛПР);

результаты выполнения.

Уточним их с учетом уже описанной модели представления знаний и отобразим в модели представления данных (дополним описание на уровне инфологической модели КМ (рисунок 51)).

Понятие задачи КМ уточнялось выше в пункте «Понятие задачи в ИС КМ и типы пользователей, работающие с задачами»; напомним, что она связывается с элементами бизнес-процесса (одним или несколькими). В задаче могут являться исполнителями как целое подразделение, так и один или несколько сотрудников. Задача выполняется с некоторой частотой (если это проектная деятельность, то задача может выполняться только один раз и частоту выполнения тогда заполнять не надо, если задача относится к операционной деятельности, то она может выполняться с разной периодичностью). Исполнители фиксируются в бизнес-процессах (элементы типа исполнитель, связанные с элементами типа операция задачи). Результаты выполнения задачи находят отражение в полученных значениях в связанных с ней показателях. Для контроля показателей и их вычисления также назначены сотрудники (они могут быть те же самые, что и исполнители задачи, а могут быть другими).

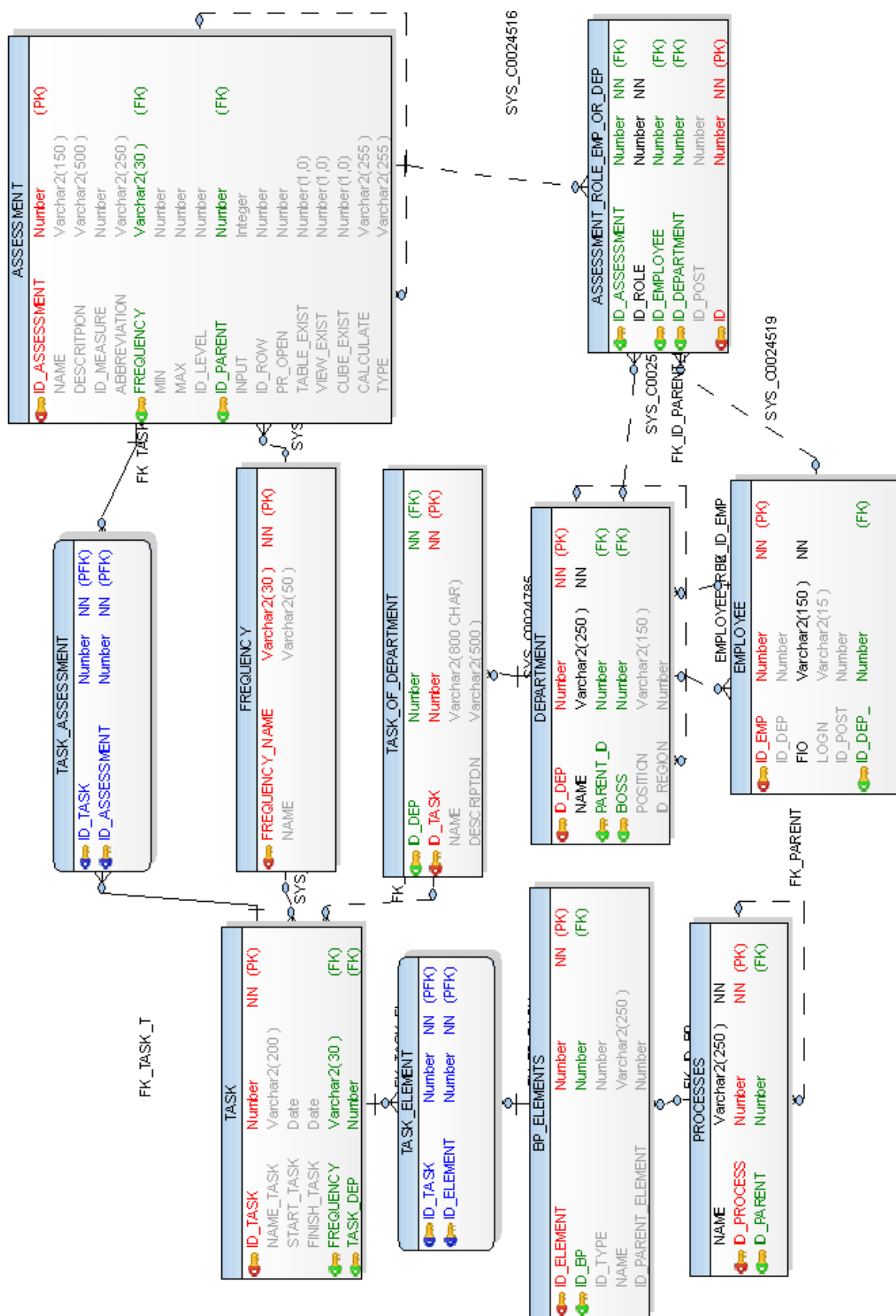


Рисунок 51 — Схема хранения данных для регламента

Кроме внесения базы данных и создания процедуры проверки выполнения задач в соответствии с их сроками для внедрения КМ на предприятии необходимы регламентирующие деятельность сотрудников документы, которые возможно разработать и утвердить только при сотрудничестве с руководством предприятия.

2.5. Функции системы оценки производственно-технологической деятельности авиастроительного предприятия

Следующий этап работы — это построение модели оценки производственно-технологической деятельности авиастроительного предприятия. Для построения КМ оценки производственно-технологической деятельности авиастроительного предприятия необходима реализация всех описанных уровней КМ. Уровень, объединяющий все остальные, — уровень информационной системы. Моделирование и исследование модели возможно через использование ИС КМ.

Поэтому для построения КМ оценки производственно-технологической деятельности требуется создать ИС, реализующую следующие функции (рисунок 52).



Рисунок 52 — Основные функции информационной системы оценки деятельности предприятия

Функция 1. Оценка составления бизнес-плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков

Описание процесса оценки составления бизнес-плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков

Бизнес-план на предприятии смешанного производства (мелкосерийного и единичного) (рассматриваем на примере АО «Авиастар-СП») обеспечивает концентрирование финансовых ресурсов, предназначенных для решения стратегических задач в долгосрочном плановом периоде от одного года до 20 лет.

Результат составления бизнес-плана зависит от факторов внешней окружающей среды, приоритетов предприятия, его возможностей в предстоящем плановом периоде (внутренних факторов), компетентности экспертной группы и лиц принимающих решений.

Для успешной организации бизнес-планирования на предприятии необходимо наличие четырех обязательных блоков, которые тесно связаны между собой и составляют инфраструктуру процесса бизнес-планирования предприятия:

аналитический блок процесса бизнес-планирования. Содержит в себе всю требуемую методологическую и методическую базу для разработки, контроля и анализа исполнения бизнес-плана. Функционирование процесса бизнес-планирования должно осуществляться в рамках действующего нормативно-правового обеспечения, к которому относятся законы, указы Президента РФ, послания Правительства РФ, приказы и распоряжения отраслевых министерств, уставные документы, инструкции и пр.;

информационный блок процесса бизнес-планирования. Содержит в себе всю требуемую внешнюю и внутреннюю информацию о деятельности предприятия:

1) экономическую информацию (прогноз процентных ставок, прогноз темпов инфляции и пр.);

2) учетную информацию (информацию бухгалтерского учета (баланс, отчет о прибылях и убытках, отчет о движении денежных средств, приложения к балансу) и управленческого учета);

3) финансовую информацию (сообщения финансовых органов, информацию учреждений банковской системы, информацию товарных, валютных бирж и пр.);

4) политическую информацию и др.;

организационный блок процесса бизнес-планирования. Содержит в себе всю требуемую информацию об организационной структуре и системе управления. Понятие организационной структуры включает в себя количество и функции служб аппарата управления, в чьи обязанности входят разработка, контроль и анализ исполнения бизнес-плана предприятия, совокупность структурных подразделений, которые ответственны за исполнение бизнес-плана;

программно-технический блок процесса бизнес-планирования. Содержит в себе набор программно-технических средств, обрабатывающий большие массивы информации и представляющий в интерфейсе системы для последующего анализа данные об оценке исполнения бизнес-плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков (угроз).

Содержимое блоков должно быть обеспечено высококвалифицированными сотрудниками.

Взаимодействие блоков представлено ниже (рисунок 53) через связывающие их действия и потоки информации.

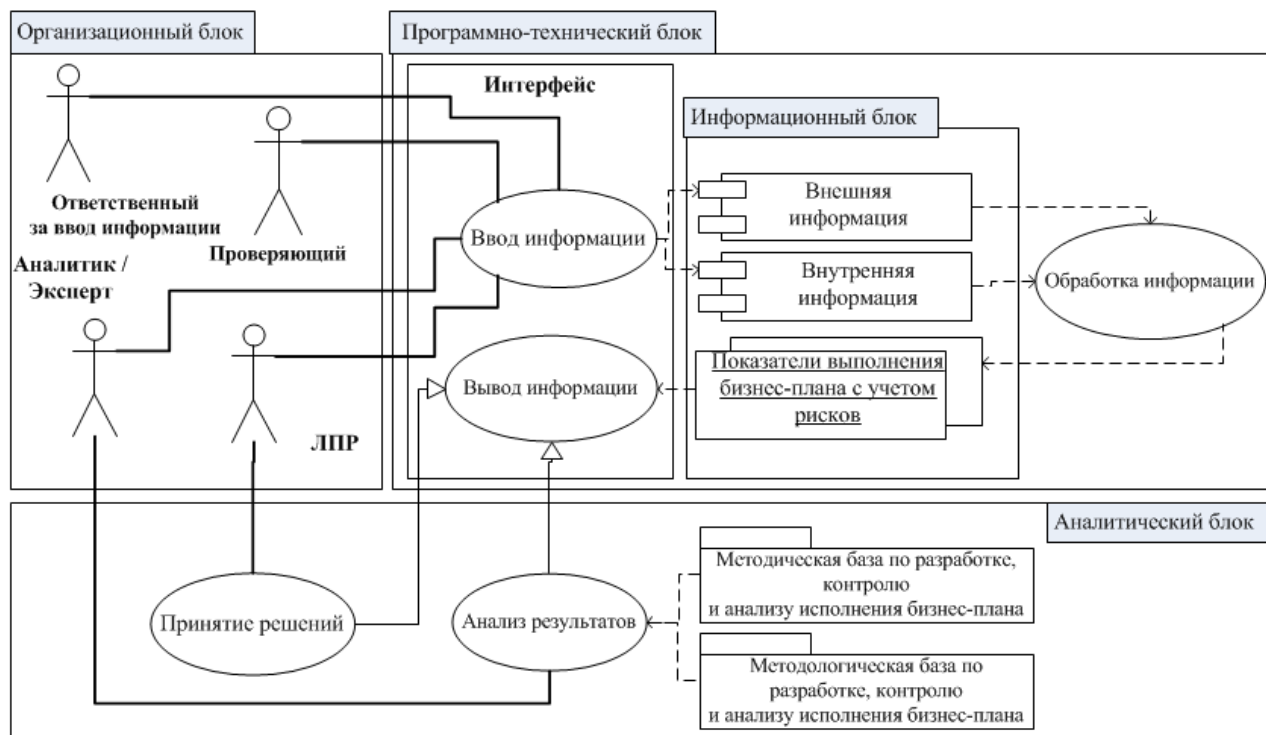


Рисунок 53 — Взаимодействие блоков процесса бизнес-планирования

Процесс составления бизнес-плана (рисунок 54) содержит набор основных функций, выполняемых ответственными лицами с использованием программно-технических средств.

Более подробное описание каждого элемента процесса представлено в таблице 47. Поясним структуру таблицы:

Столбец 2 «Задача/Условие» представляет собой действие, совершаемое указанным подразделением/должностью. Выполнение того или иного действия основано на обработке входящей информации и преобразовании ее в выходную информацию.

Столбец 3 «Входная информация» представляет собой набор электронных и/или бумажных документов, необходимых для выполнения соответствующей функции.

Столбец 4 «Выходная информация» представляет собой набор электронных и/или бумажных документов, являющихся результатом выполнения соответствующей функции.

Столбец 5 «Подразделение/Должность» представляет собой элемент организационной структуры, который выполняет соответствующую функцию.

Столбец 6 «Права выполнения» представляет собой разграничение обязанностей между участниками выполнения функции.

Столбец 7 «Показатели» представляет собой набор ключевых показателей эффективности, проявляемых на данном этапе.

Столбец 8 «Риски/Угрозы» представляет собой набор показателей-угроз, которые могут привести к ухудшению значений плановых показателей при условии их возникновения.

Система управления процессами цифрового производства высокотехнологичных изделий
на базе комплексной модели оценки деятельности предприятия

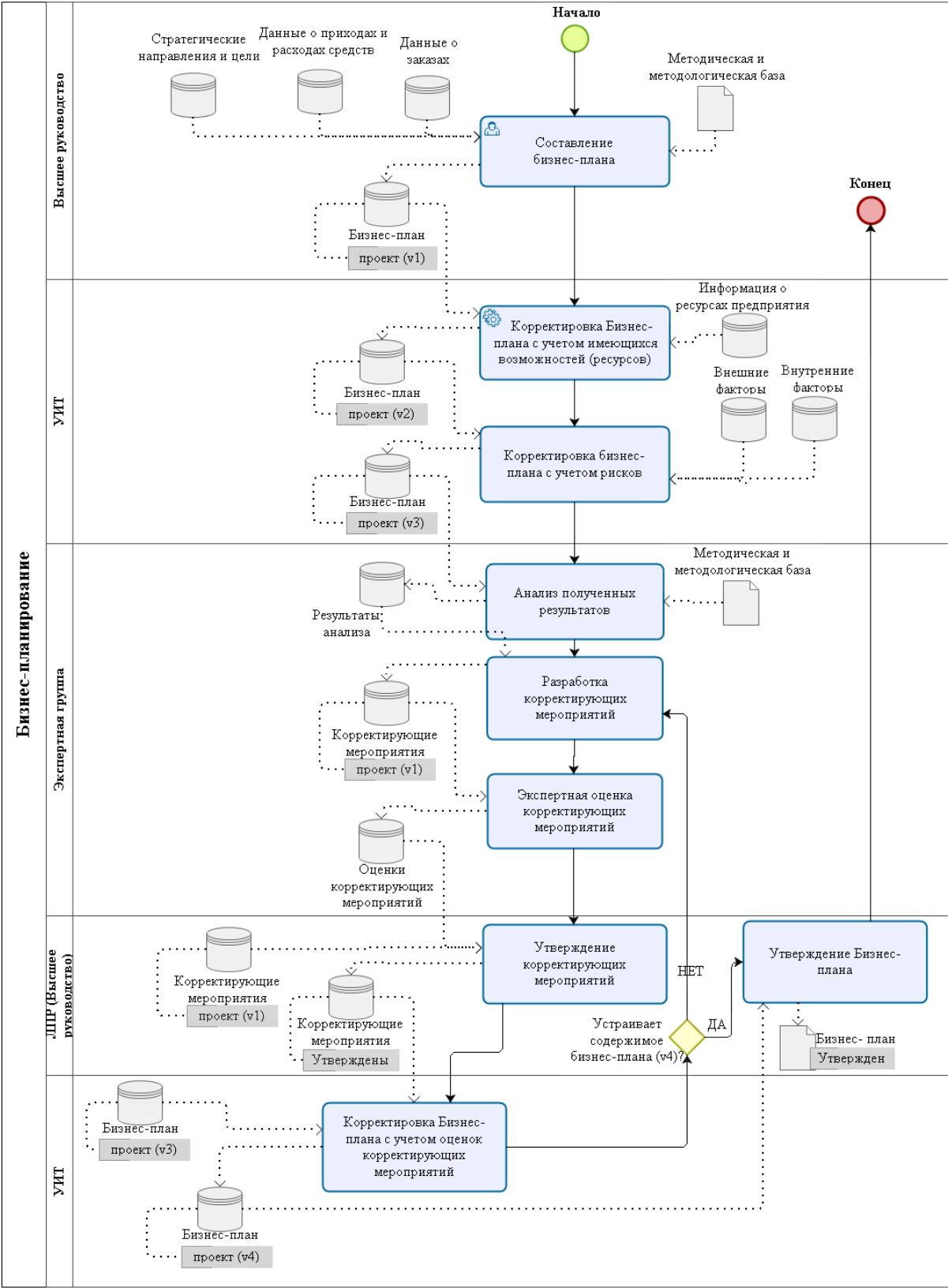


Рисунок 54 — Процесс оценки составления бизнес-плана

Таблица 47 — Описание элементов процесса составления бизнес-плана

№ п/п	Задача / Условие	Входная информация	Выходная информация	Подразделение / Должность	Права выполнения у столбца 5	Показатели	Риски	Используемое ПО
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Составление бизнес-плана	Стратегические направления и цели; Данные о приходах и расходах средств; Данные о заказах; Методическая и методологическая база	Бизнес-план (проект v1)	Высшее руководство	Разрабатывает проект документа	Набор KPI, составленный от определения стратегических целей	-	MS Excel, ERP + ИС ОДП
2	Корректировка Бизнес-плана с учетом имеющихся возможностей (ресурсов)	Бизнес-план (проект v1); Информация о ресурсах предприятия	Бизнес-план (проект v2)	Управление информационных технологий	Автоматизировано производит расчет проекта документа с учетом дополнительной информации	Задание значимый KPI (проект, первая итерация)	Слабые стороны предприятия	ERP + ИС ОДП
3	Корректировка бизнес-плана с учетом рисков	Бизнес-план (проект v2); Внешние факторы; Слабые стороны предприятия	Бизнес-план (проект v3)	Управление информационных технологий	Автоматизировано производит расчет проекта документа с учетом дополнительной информации	Задание значимый KPI (проект, вторая итерация)	Внешние факторы негативного воздействия	ERP + ИС ОДП
4	Анализ полученных результатов	Бизнес-план (проект v3); Методическая и методологическая база	Результаты анализа	Экспертная группа	Оценивает проектируемые решения	-	Некомпетентность эксперта	ИС ОДП
5	Разработка корректирующих мероприятий	Результаты анализа	Корректирующие мероприятия (проект v1)	Экспертная группа	Разрабатывает проект документа	-	Некомпетентность эксперта	ИС ОДП

№ п/п	Задача / Условие	Входная информация	Выходная информация	Подразделение / Должность	Права выполнения у столбца 5	Показатели	Риски	Используе- мое ПО
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Экспертная оценка коррек- тирующих ме- роприятий	Корректирующие ме- роприятия (проект v1)	Оценки корректи- рующих мероприя- тий	Экспертная группа	Оценивает проекти- руемые решения	Экспертные оценки разраба- тываемых ме- роприятий	Некомпетент- ность эксперта	ИС ОДП
7	Утверждение корректирую- щих мероприя- тий	Оценки корректирую- щих мероприятий; Корректирующие ме- роприятия (проект v1)	Корректирующие мероприятия (ут- вержденные)	ЛПП (Высшее ру- ководство)	Утверждает проект документа	-	Ответствен- ность на ЛПП	ИС ОДП
8	Корректировка Бизнес-плана с учетом оценок корректирую- щих мероприя- тий	Корректирующие ме- роприятия (утвержден- ные); Бизнес-план (проект v3)	Бизнес-план (про- ект v4)	Управление ин- формационных технологий	Разрабатывает про- ект документа	Задание значе- ний КР1 (про- ект, третья ите- рация)	-	ERP + ИС ОДП
9	Устраивает со- держимое биз- нес-плана (v4)?	- <условие>	- <условие>	ЛПП (Высшее ру- ководство)	Оценивает проекти- руемые решения	-	-	ERP
10	Утверждение Бизнес-плана	Бизнес-план (проект v4)	Бизнес-план (ут- вержден)	ЛПП (Высшее ру- ководство)	Утверждает проект документа	Задание значе- ний КР1 (про- ект, заключи- тельная итера- ция)	Ответствен- ность на ЛПП	ERP + ИС ОДП

Описание организационных элементов для данного процесса

В представленном выше в пункте «Описание процесса оценки составления бизнес-плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков» процессе участвуют следующие организационные элементы:

1) Высшее руководство.

Высшее руководство — руководители высшего уровня управления. В данную группу входят: директор предприятия, директор по экономике и финансам, коммерческий директор, директор по производству, директор по качеству, директор по персоналу.

В данном процессе руководители высшего уровня управления совершают следующее действие:

на основе стратегических целей, законов, указов Президента РФ, посланий Правительства РФ, приказов и распоряжений отраслевых министерств, уставных документов, данных о заказах, данных о приходах и расходах финансовых средств в процессе «мозгового штурма» составляют первую версию Бизнес-плана.

2) ЛПР (Высшее руководство).

Лицом, принимающим решение (ЛПР) в данном процессе является руководитель высшего уровня управления, компетентный в своей области деятельности.

Действия, которые совершает ЛПР:

утверждает разработанные и оцененные экспертными группами (внешними и внутренними) корректирующие мероприятия по выравниванию или приближению плановых показателей в Бизнес-плане;

утверждает итоговую версию Бизнес-плана.

Структура информационного объекта «Бизнес-план» представлена в таблице 48.

Таблица 48 — Структура информационного объекта «Бизнес-план»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1	Год	number()
2	Месяц	number()
3	Наименование показателя	varchar()
4	Значение (в %)	number(,)
5	Коэффициент временного риска	number(,)
6	Коэффициент финансового риска	number(,)
7	Дата формирования плана	date
8	Сформировал	varchar()
9	Дата изменения плана	date
10	Изменил	varchar()
11	Состояние	varchar()
12	Горизонт планирования	varchar()
13	Номер бизнес-плана	number()

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

3) Экспертная группа.

В экспертную группу входят специалисты в области анализа и прогноза деятельности предприятия под влиянием множества факторов (положительных и отрицательных). В данном процессе совершают следующие действия:

проводят анализ результатов автоматизированного планирования (составления бизнес-плана);

разрабатывают корректирующие мероприятия по выравниванию или приближению плановых показателей в Бизнес-плане;

проводят коллективную экспертную оценку разработанных корректирующих мероприятий.

4) Управление информационных технологий.

Управление информационных технологий (УИТ) — отдел на предприятии, занимающийся обеспечением и поддержкой пользователей программным обеспечением, выполняющий на предприятии все расчеты в автоматизированном режиме. Действия, которые совершает УИТ с использованием программного обеспечения (таблица 47, столбец 9):

корректирует проект бизнес-плана с учетом имеющихся ресурсов и возможностей, которые планировалось осуществить в рассматриваемом плановом периоде (закупить оборудование, произвести ремонт, расширить территорию и пр.);

корректирует проект бизнес-плана с учетом рисков: негативных факторов внешней среды, слабых сторон предприятия;

корректирует проект бизнес-плана с учетом оценок корректирующих мероприятий (итоговая версия проекта бизнес плана перед его утверждением).

Набор и структура входящих и исходящих информационных потоков данных

Входящими и исходящими информационными объектами являются (таблица 47):

1) Стратегические направления и цели.

На примере авиастроительного предприятия определен набор стратегических направлений и целей в разрезе перспектив, предлагаемых [69]: Финансы, Клиенты, Процессы, Персонал. Каждому направлению и цели присвоено условное обозначение, для матричного представления парной зависимости друг от друга (таблицы 49, 54).

SD — Стратегические направления:

F — Финансы:

SDF₁ — Повышение рыночной стоимости

SDF₂ — Увеличение прибыли и рентабельности

SDF₃ — Минимизация финансовых рисков

C — Клиенты и продукты:

SDC₁ — Интенсификация работы с клиентами

SDC₂ — Привлечение новых клиентов

SDC₃ — Выход на новые рынки стран

SDC₄ — Повышение силы бренда предприятия

P — Бизнес-процессы:

SDP₁ — Улучшение разработки новой продукции

SDP₂ — Улучшение производства продукции

SDP₃ — Улучшение продаж продукции

SDP₄ — Внедрение процессного управления

SDSR — Персонал и ресурсы:

SDSR₁ — Повышение эффективности персонала

SDSR₂ — Создание корпоративного учебного центра

SDSR₃ — Развитие ИТ-системы

ST — **Стратегические цели:**

STF — Финансы:

STF1 — Увеличение прибыли предприятия

STF2 — Увеличение оборота предприятия

STF3 — Уменьшение расходов предприятия

STF4 — Оптимизация активов предприятия

STC — Клиенты и продукты:

STC1 — Увеличение выручки с каждого заказа

STC2 — Увеличение количества заказов

STC3 — Расширение ассортимента производства и услуг

STC4 — Повышение удовлетворенности потребителей

STC5 — Региональное развитие

STC6 — Повышение силы бренда предприятия

STP — Бизнес-процессы:

STP1 — Уменьшение времени разработки новых изделий

STP2 — Оптимизация процесса производства продукции

STP3 — Улучшение процесса продаж и послепродажного обслуживания

STP4 — Внедрение процессного управления

STP5 — Создание корпоративного учебного центра

STSR — Персонал и ресурсы:

STSR1 — Повышение эффективности персонала

STSR2 — Повышение квалификации персонала

STSR3 — Повышение удовлетворенности персонала предприятия

STSR4 — Формализация деятельности персонала предприятия

STSR5 — Развитие корпоративной информационной системы

В таблице 49 отображено наличие взаимного влияния стратегических направлений и целей, которые поставило перед собой предприятие.

Таблица 49 — Зависимость влияния стратегических направлений
от стратегических целей

Стратегические цели	Стратегические направления													
	SDF1	SDF2	SDF3	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDP1	SDP2	SDP3	SDP4	SDSR1	SDSR2	SDSR3
STF ₁	+	+												
STF ₂		+												
STF ₃		+												
STF ₄	+		+											
STC ₁				+										
STC ₂					+									
STC ₃				+										
STC ₄				+										
STC ₅	+					+								
STC ₆	+						+							
STP ₁								+						
STP ₂									+					
STP ₃										+				
STP ₄											+			
STP ₅													+	
STSR ₁												+		
STSR ₂												+		
STSR ₃												+		
STSR ₄												+		
STSR ₅														+

2) Данные о заказах на рассматриваемый плановый период.

Данный информационный объект содержит информацию: о заказах правительства на основе реализации принятых программ; частных заказах на: изготовление продукции; ремонт и модернизации воздушных судов; изготовление отдельных агрегатов и пр.

Структура информационного объекта «Заказы» представлена ниже (таблица 50).

Таблица 50 — Структура информационного объекта «Заказы»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1	Код заказа	number()
2	Наименование заказа	varchar()
3	Код продукции	number()
4	Количество продукции	number()
5	Желаемые сроки сдачи продукции	date
6	Желаемая стоимость продукции	number(,)
7	Направление деятельности	varchar()
8	Статус заказа	varchar()
9	Код заказчика	number()

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

3) Данные о приходах и расходах средств на рассматриваемый плановый период.

Данный информационный объект содержит информацию о движении финансовых потоков, заемных и собственных средств, их распределении по видам производства и пр.

Структура информационного объекта «Информация о приходах и расхода финансовых средств» представлена ниже (таблица 51).

Таблица 51 — Структура информационного объекта
«Информация о приходах и расхода финансовых средств»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1.	Год	number()
2.	Месяц	number()
3.	Объем собственных финансовых средств	number(,)
4.	Объем затраченных финансовых средств	number(,)
5.	Объем заемных финансовых средств	number(,)
6.	Направление деятельности	varchar()

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

4) Методическая и методологическая база.

Данный информационный объект содержит информацию для разработки, контроля и анализа исполнения бизнес-плана. Функционирование процесса бизнес-планирования должно осуществляться в рамках действующего нормативно-правового обеспечения, к которому относятся законы, указы Президента РФ, послания Правительства РФ, приказы и распоряжения отраслевых министерств, уставные документы, инструкции и пр.

5) Бизнес-план (проект v1), где v1 — версия 1.

В данном информационном объекте отображены ключевые показатели эффективности (KPI), желаемые значения KPI в разрезе планового периода по годам.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Бизнес-план» (таблица 48).

Набор ключевых показателей эффективности определен от набора целей в разрезе известных по [69] перспектив (Финансы, Клиенты, Процессы, Персонал). Каждому KPI присвоено условное обозначение для матричного представления парной зависимости от стратегического направления в таблице 54.

STF — Финансы:

P_STF1 — % увеличения прибыли предприятия

P_STF2 — % увеличения оборота предприятия

P_STF3 — % уменьшения расходов предприятия

P_STF4 — % оптимизации активов предприятия

STC — Клиенты и продукты:

P_STC1 — % увеличения выручки с каждого заказа

P_STC2 — % увеличения количества заказов

P_STC3 — % расширения ассортимента производства и услуг

P_STC4 — % повышения удовлетворенности потребителей

P_STC5 — % регионального развития

P_STC6 — % повышения силы бренда предприятия

STP — Бизнес-процессы:

P_STP1 — % уменьшения времени разработки новых изделий

P_STP2 — % оптимизации процесса производства продукции

P_STP3 — % улучшения процесса продаж и послепродажного обслуживания

P_STP4 — % внедрения процессного управления

P_STP5 — % создания корпоративного учебного центра

STSR — Персонал и ресурсы:

P_STSR1 — % повышения эффективности персонала

P_STSR2 — % повышения квалификации персонала

P_STSR3 — % повышения удовлетворенности персонала предприятия

P_STSR4 — % формализации деятельности персонала предприятия

P_STSR5 — % развития корпоративной информационной системы

б) Бизнес-план (проект v2), где v2 — версия 2.

В данном информационном объекте отображены те же KPI, что и в Бизнес-плане (проект v1), но значения этих показателей уточняются в зависимости от имеющихся текущих ресурсов предприятия и его возможностей (факторов внутренней среды (сильные стороны)), которые планируется осуществить в рассматриваемом плановом периоде (закупить оборудование, произвести ремонт, расширить территорию и пр.).

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Бизнес-план» (таблица 48).

7) Бизнес-план (проект v3), где v3 — версия 3.

В данном информационном объекте отображены те же KPI, что и в Бизнес-план (проект v1) и Бизнес-план (проект v1), но значения этих показателей уточняются в зависимости от негативных факторов внешней среды (возможностей и угроз) и слабых сторон предприятия (внутренних факторов).

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Бизнес-план» (таблица 48).

8) Бизнес-план (проект v4), где v4 — версия 4.

В данном информационном объекте отображены те же KPI, что и в Бизнес-плане версий: 1, 2, 3; но значения этих показателей уточнены в зависимости от корректирующих мероприятий, разработанных и оцененных экспертными группами.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Бизнес-план» (таблица 48).

9) Бизнес-план (утвержден).

Данный информационный объект содержит утвержденные значения KPI, именно они приняты к исполнению как заданные значения.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Бизнес-план» (таблица 48).

10) Информация о ресурсах и возможностях предприятия на рассматриваемый плановый период.

В данном информационном объекте хранится информация в виде показателей об проценте использования имеющихся, допустимых ресурсов (материалы, ПКИ, оборудование, персонал), обозначим их через условные обозначения:

P_ROM — % допустимого использования основных материалов для основного производства

P_RVM — % допустимого использования вспомогательных материалов для основного производства

P_RPKI — % допустимого использования ПКИ для основного производства

P_RO — % допустимого использования оборудования

P_RS — % допустимого использования труда персонала

P_RI — % допустимого использования инструмента и др.

Информация о ресурсах предприятия структурирована и хранится в отдельных информационных справочниках (Справочник материалов, Справочник оборудования, Справочник оснастки и приспособлений, Справочник инструмента и др.).

В бизнес-планировании необходимо учитывать не только информацию об имеющихся ресурсах, но и перспективных возможностях, которые мы называем сильными сторонами факторов внутренней среды, обозначим их через условные обозначения (S — Сильные стороны), например:

S₁ — Географическое положение предприятия

S₂ — Налаженные отношения с региональными партнерами

S₃ — Наличие уникальных продуктов и технологических разработок

S₄ — Оснащенность производства современным оборудованием

S₅ — Развитая система управления маркетингом

S₆ — Высокий инновационный потенциал предприятия

Структура информационного объекта «Информация о допустимых ресурсах» представлена ниже (таблица 52).

Таблица 52 — Структура информационного объекта «Информация о допустимых ресурсах»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1.	Год	number()
2.	Месяц	number()
3.	Направление деятельности	varchar()
4.	Наименование показателя	varchar()
5.	Значение (в %)	number(,)

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

11) Внешние факторы.

Факторы внешней среды также обозначим через условные обозначения, где

O — Возможности, например:

O₁ — Благоприятная политическая конъюнктура в стране

O₂ — Рост спроса на продукцию

O₃ — Наличие на рынке свободных перспективных ниш

O₄ — Высокие цены на продукцию западных производителей

O₅ — Наличие доступа к долгосрочным финансовым ресурсам

O₆ — Появление в мире новых производственных технологий

R — Угрозы:

R₁ — Ухудшение экономической ситуации в стране и мире

R₂ — Увеличение стоимости основных материальных ресурсов

R₃ — Рост стоимости труда на рынке, опережающий его производительность

R₄ — Усиление конкуренции со стороны западных производителей

R₅ — Административные барьеры выхода в новые регионы

R₆ — Нехватка квалифицированных кадров на рынке труда в регионах

Структура информационного объекта «Факторы среды» представлена ниже (таблица 53).

Таблица 53 — Структура информационного объекта «Факторы среды»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1.	Год	number()
2.	Месяц	number()
3.	Наименование фактора	varchar()
4.	Значение (в %)	number(,)
5.	Тип фактора	varchar()
6.	Дата формирования	date

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

12) Слабые стороны предприятия.

Слабые стороны предприятия есть факторы внутренней среды, их также обозначим через условные обозначения (W — слабые стороны предприятия), например:

W₁ — Длительный цикл разработки новых продуктов

W₂ — Отставание по ключевым показателям от западных производителей

W₃ — Неразвитая система продаж продукции или послепродажного обслуживания

W₄ — Неформализованные бизнес-процессы и система управления

W₅ — Низкая эффективность труда и система управления персоналом

W₆ — Недостаточно развитая корпоративная информационная система

В таблице 54 отображена зависимость значений показателей основных стратегических направлений от факторов внешней и внутренней среды. Знаком «+» обозначено положительное влияние, знаком «-» — негативное влияние.

Таблица 54 — Зависимость значений показателей основных стратегических направлений от факторов внешней и внутренней среды

Факторы среды	Стратегические направления														
	SDF1	SDF2	SDF3	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDP1	SDP2	SDP3	SDP4	SDSR1	SDSR2	SDSR3	
O ₁		+	+			+									
O ₂		+		+	+	+									
O ₃						+									
O ₄	+			+	+	+									
O ₅			+												
O ₆									+						
R ₁			-								-				
R ₂									-		-				
R ₃									-	-	-				
R ₄								-	-	-	-				
R ₅							-								
R ₆												-	-	-	
S ₁					+	+									
S ₂	+					+									
S ₃	+			+	+	+									
S ₄				+	+	+									
S ₅	+			+	+	+	+								
S ₆								+	+	+	+				
W ₁								-	-						
W ₂															
W ₃										-					
W ₄											-				
W ₅												-	-	-	
W ₆														-	

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Факторы среды» (таблица 53).

13) Результаты анализа.

Данный информационный объект содержит данные о степени влияния внутренних факторов (сильных и слабых сторон предприятия), внешних факторов (возможностей, угроз) на KPI.

Структура информационного объекта «Результаты анализа» представлена ниже (таблица 55).

Таблица 55 — Структура информационного объекта «Результаты анализа»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность) *
1.	Наименование показателя	number()
2.	Отклонение от плана (%)	number(,)
3.	Версия бизнес-плана	varchar()

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

14) Корректирующие мероприятия (проект v1), где v1 — версия 1.

Данный информационный объект содержит информацию о разработанных экспертной группой корректирующих мероприятиях, направленных на выравнивание значений KPI, их приближении к первоначальным (желаемым) значениям.

Структура информационного объекта «Корректирующие мероприятия» представлена ниже (таблица 56).

Таблица 56 — Структура информационного объекта «Корректирующие мероприятия»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность) *
1.	Год	number()
2.	Месяц	number()
3.	Направление деятельности	varchar()
4.	Наименование мероприятия	varchar()
5.	Наименование показателя	varchar()
6.	Тип влияния (+/-)	varchar()
7.	Состояние	varchar()

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

15) Корректирующие мероприятия (утвержденные).

Данный информационный объект содержит информацию об оцененных и утвержденных разработанных экспертной группой корректирующих мероприятиях, направленных на выравнивание значений KPI или их приближении к первоначальным (желаемым) значениям.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Корректирующие мероприятия» (таблица 56).

16) Оценки корректирующих мероприятий.

Данный информационный объект содержит информацию об оценках корректирующих мероприятий, сделанных экспертной группой. Каждое разработанное корректирующее мероприятие имеет интегральное значение оценок экспертов. ЛПР, руководствуясь личным опытом и используя интегральные значения оценок корректирующих мероприятий, принимает решения о наборе мероприятий, которые, по его мнению, могут выровнять или приблизить значения КРІ к первоначальным (желаемым) показателям.

Структура информационного объекта «Оценки корректирующих мероприятий» представлена ниже (таблица 57).

Таблица 57 — Структура информационного объекта «Оценки корректирующих мероприятий»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность) *
1.	Год	number()
2.	Месяц	number()
3.	Направление деятельности	varchar()
4.	Наименование мероприятия	varchar()
5.	Значение (коэфф.)	number(,)
6.	Наименование показателя	varchar()
7.	Тип влияния	varchar()

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

Диаграмма взаимосвязи информационных объектов для рассматриваемого процесса

На рисунке 55 представлена диаграмма взаимосвязи информационных объектов, описанных в предыдущем пункте. Связь в виде пунктирной линии обозначает зависимость данных информационного объекта от объекта, на который указан конечник стрелки данной линии. Сплошная прямая линия (без конечника стрелки) обозначена между атрибутом информационного объекта и объектом «enumeration» («перечисление»). Объекты «enumeration» представляют собой возможные варианты значений для данного атрибута информационного объекта, а также пример набора для показателей, факторов, состояний составления бизнес-плана, статусов заказов, направлений деятельности предприятия и т.д.

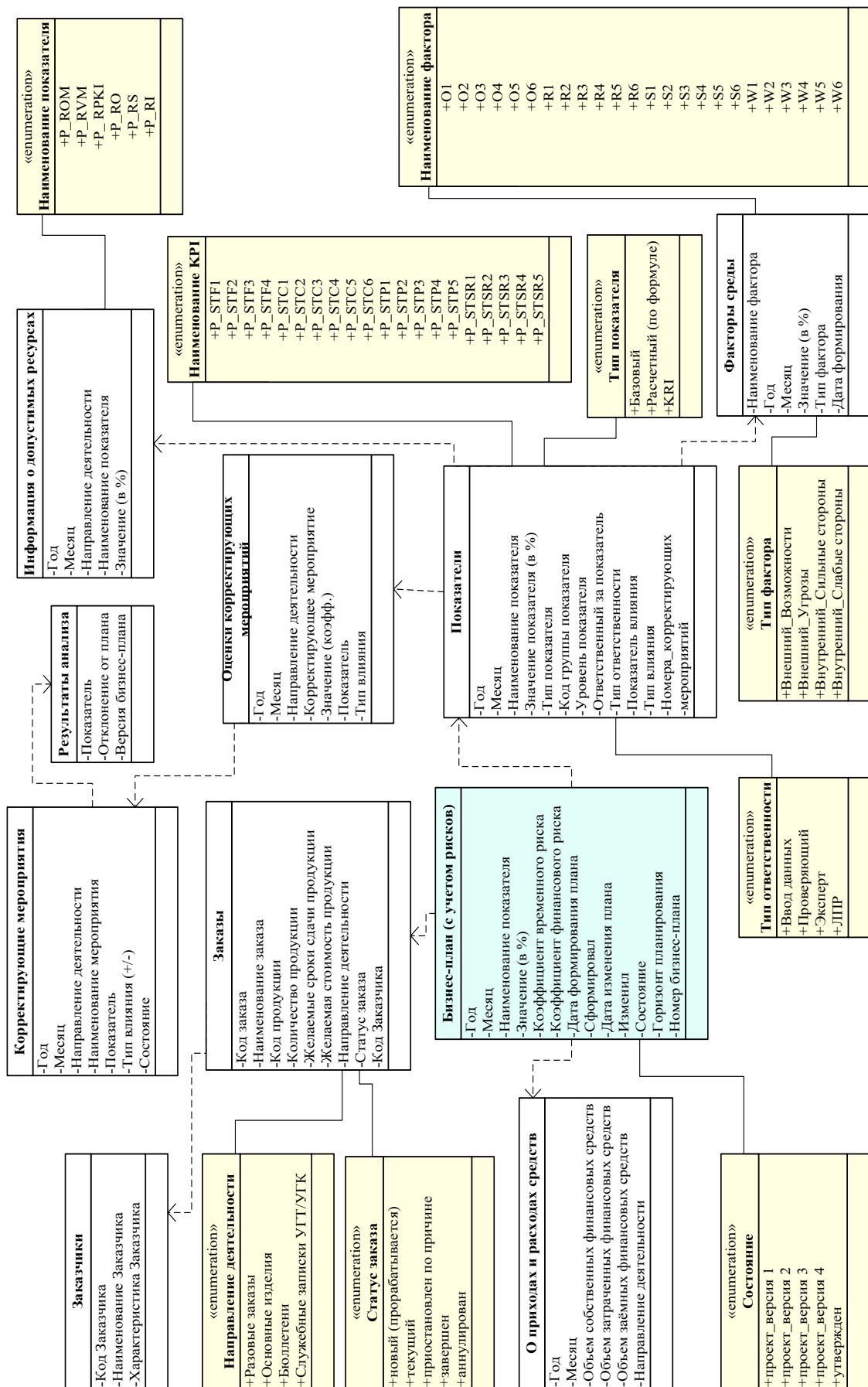


Рисунок 55 — Диаграмма взаимосвязи информационных объектов рассматриваемого процесса

Функция 2. Оценка составления объемно-календарного плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков

Описание процесса оценки составления объемно-календарного плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков

Объемно-календарный план на предприятии смешанного производства (мелкосерийного и единичного) (рассматриваем на примере АО «Авиастар-СП») обеспечивает концентрирование производственных ресурсов, предназначенных для решения объемно-календарных задач в долгосрочном плановом периоде от одного года до 20 лет.

Результат составления объемно-календарного плана зависит от факторов внешней окружающей среды, приоритетов предприятия, его возможностей в предстоящем плановом периоде (внутренних факторов), компетентности экспертной группы и лиц принимающих решений.

Для успешной организации объемно-календарного планирования, также, как и бизнес-планирования, на предприятии необходимо наличие четырех обязательных блоков, которые тесно связаны между собой и составляют инфраструктуру процесса объемно-календарного планирования предприятия:

Аналитический блок процесса объемно-календарного планирования. Содержит в себе всю требуемую методологическую и методическую базу для разработки, контроля и анализа исполнения объемно-календарного плана. Функционирование процесса объемно-календарного планирования должно осуществляться в рамках действующего нормативно-правового обеспечения, к которому относятся законы, указы Президента РФ, послания Правительства РФ, приказы и распоряжения отраслевых министерств, уставные документы, инструкции и пр.

Информационный блок процесса объемно-календарного планирования. Содержит в себе всю требуемую внешнюю и внутреннюю информацию о деятельности предприятия:

- 1) предшествующую плановую информацию: бизнес-план с заданными значениями KPI, которые планируется обеспечить; план продаж;
- 2) учетную информацию (информацию производственного учета (объемы выполненных заказов, объемы незавершенного производства, запасы и т.д.) и управленческого учета);
- 3) финансовую информацию (ограничения на использования финансовых средств в плановом периоде в разрезе по годам);
- 4) внутренние (слабые стороны) и внешние факторы (угрозы).

Организационный блок процесса объемно-календарного планирования. Содержит в себе всю требуемую информацию об организационной структуре и системе управления. Понятие организационной структуры включает в себя количество и функции служб аппарата управления, в чьи обязанности входят разработка, контроль и анализ исполнения объемно-календарного плана предприятия, совокупность структурных подразделений, которые ответственны за исполнение объемно-календарного плана.

Программно-технический блок процесса объемно-календарного планирования. Содержит в себе набор программно-технических средств, обрабатывающий большие массивы информации и представляющий в интерфейсе системы для последующего анализа данные об оценке исполнения объемно-календарного плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков (угроз).

Содержимое блоков должно быть обеспечено высококвалифицированными специалистами.

Взаимодействие блоков представлено на рисунке 56 через связывающие их действия и потоки информации.

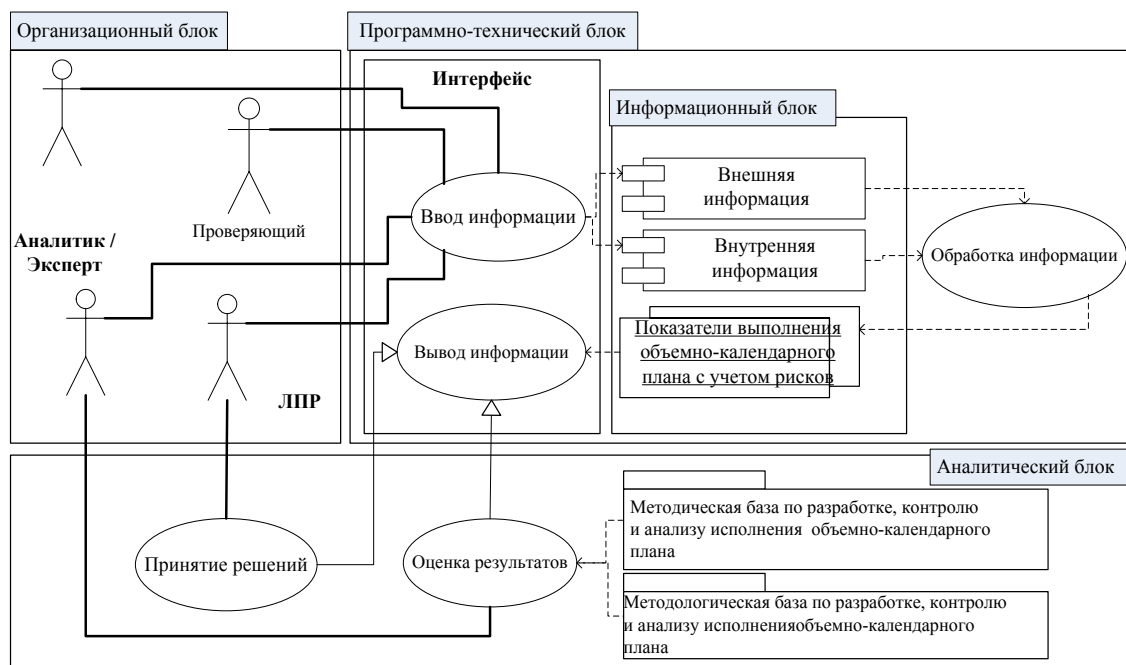


Рисунок 56 — Взаимодействие блоков процесса объемно-календарного планирования

Процесс составления объемно-календарного плана (рисунок 57) содержит в себе набор основных функций, выполняемых ответственными лицами с использованием программно-технических средств.

Более подробное описание каждого элемента представлено в таблице 58. Поясним структуру таблицы:

- столбец 2 «Задача/Условие» представляет собой действие, совершаемое указанным подразделением/должностью. Выполнение того или иного действия основано на обработке входящей информации и преобразовании ее в выходную информацию;
- столбец 3 «Входная информация» представляет собой набор электронных и/или бумажных документов, необходимых для выполнения соответствующей функции;
- столбец 4 «Выходная информация» представляет собой набор электронных и/или бумажных документов, являющихся результатом выполнения соответствующей функции;
- столбец 5 «Подразделение/Должность» представляет собой элемент организационной структуры, который выполняет соответствующую функцию;
- столбец 6 «Права выполнения у столбца 5» представляет собой разграничение обязанностей между участниками выполнения функции;
- столбец 7 «Показатели» представляет собой набор ключевых показателей эффективности, проявляемых на данном этапе планирования;
- столбец 8 «Риски/Угрозы» представляет собой набор показателей-угроз, которые могут привести к ухудшению значений плановых показателей при условии их возникновения.

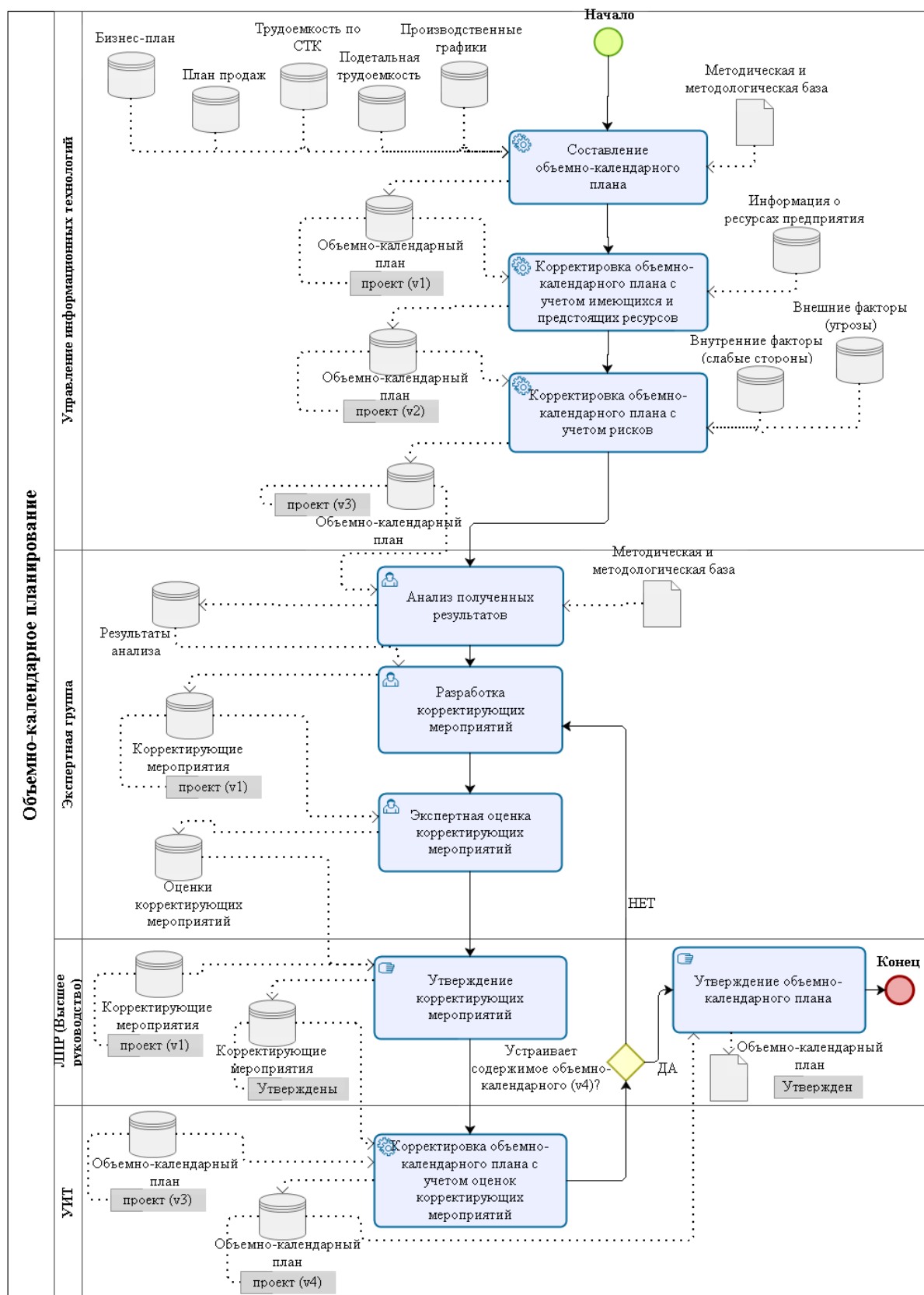


Рисунок 57 — Процесс оценки составления объемно-календарного плана

Таблица 58 — Описание элементов процесса составления объемно-календарного плана

№ п/п	Задача / Условие	Входная информация	Выходная информация	Подразделение / Должность	Права выполнения у столбца 5	Показатели	Риски	Используемое ПО
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Составление объемно-календарного плана	Бизнес-план План продаж Трудоемкость по СТК Подетальная трудоемкость Производственные графики	Объемно-календарный план (проект v1)	Управление информационных технологий	Автоматизировано производит расчет проекта документа с учетом входной информации	Набор KPI, определенных на этапе планирования	-	ERP + ИСОДП
2	Корректировка объемно-календарного плана с учетом имеющихся и предстоящих ресурсов	Объемно-календарный план проект v1); Информация о ресурсах предприятия	Объемно-календарный план (проект v2)	Управление информационных технологий	Автоматизировано производит расчет проекта документа с учетом дополнительной информации	Задание значений KPI (проект, пер-вая итерация)	Слабые стороны предприятия	ERP + ИСОДП
3	Корректировка объемно-календарного плана с учетом рисков	Объемно-календарный план (проект v2); Внешние факторы (угрозы); Внутренние факторы (слабые стороны)	Объемно-календарный план (проект v3)	Управление информационных технологий	Автоматизировано производит расчет проекта документа с учетом дополнительной информации	Задание значений KPI (проект, вторая итерация)	Внешние факторы негативного воздействия	ERP + ИСОДП
4	Анализ полученных результатов	Объемно-календарный план (проект v3); Методическая и методологическая база	Результаты анализа	Экспертная группа	Оценивает проектные решения	-	Некомпетентность эксперта	ИС ОДП
5	Разработка корректирующих мероприятий	Результаты анализа	Корректирующие мероприятия (проект v1)	Экспертная группа	Разрабатывает проект документа	-	Некомпетентность эксперта	ИС ОДП
6	Экспертная оценка корректирующих мероприятий	Корректирующие мероприятия (проект v1)	Оценки корректирующих мероприятий	Экспертная группа	Оценивает проектные решения	Экспертные оценки разрабатываемых мероприятий	Некомпетентность эксперта	ИС ОДП

№ п/п	Задача / Условие	Входная информация	Выходная информация	Подразделение / Должность	Права выполнения у столбца 5	Показатели	Риски	Используемое ПО
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Утверждение корректирующих мероприятий	Оценки корректирующих мероприятий; Корректирующие мероприятия (проект v1)	Корректирующие мероприятия (утвержденные)	ЛПР (Высшее руководство)	Утверждает проект документа	-	Ответственность на ЛПР	ИС ОДП
8	Корректировка объемно-календарного плана с учетом оценок корректирующих мероприятий	Корректирующие мероприятия (утвержденные); Объемно-календарный план (проект v3)	Объемно-календарный план (проект v4)	Управление информационных технологий	Разрабатывает проект документа	Задание значений KPI (проект, третья итерация)	-	ERP + ИС ОДП
9	Устраивает содержимое объемно-календарного плана (v4)?	- <условие>	- <условие>	ЛПР (Высшее руководство)	Оценивает проектируемые решения	-	-	ERP
10	Утверждение объемно-календарного плана	Объемно-календарный план (проект v4)	Объемно-календарный план (утвержден)	ЛПР (Высшее руководство)	Утверждает проект документа	Задание значений KPI (проект, заключительная итерация)	Ответственность на ЛПР	ERP + ИС ОДП

Описание организационных элементов для данного процесса

В представленном выше в пункте «Описание процесса оценки составления объемно-календарного плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков» процессе участвуют следующие организационные элементы:

1. Управление информационных технологий.

Управление информационных технологий (УИТ) — отдел на предприятии, занимающийся обеспечением и поддержкой пользователей программным обеспечением, выполняющий на предприятии все расчеты в автоматизированном режиме. Действия, которые совершает УИТ с использованием программного обеспечения (таблица 65, столбец 9):

- составляет проект объемно-календарного плана на основе входной электронной информации;
- корректирует проект объемно-календарного плана с учетом имеющихся ресурсов и возможностей, которые планируется осуществить в рассматриваемом плановом периоде (закупить оборудование, произвести ремонт, расширить территорию и пр.);
- корректирует проект объемно-календарного плана с учетом рисков: негативных факторов внешней среды, слабых сторон предприятия;
- корректирует проект объемно-календарного плана с учетом оценок корректирующих мероприятий (итоговая версия проекта объемно-календарного плана перед его утверждением).

2. Экспертная группа.

В экспертную группу входят специалисты в области анализа и прогноза деятельности предприятия под влиянием множества факторов (положительных и отрицательных). В данном процессе совершают следующие действия:

- проводят анализ результатов автоматизированного планирования (составления объемно-календарного плана);
- разрабатывают корректирующие мероприятия по выравниванию или приближению плановых показателей в объемно-календарном плане;
- проводят коллективную экспертную оценку разработанных корректирующих мероприятий.

3. ЛПР (Высшее руководство).

Лицом, принимающим решение (ЛПР) в данном процессе является руководитель высшего уровня управления, компетентный в своей области деятельности. Действия, которые совершает ЛПР в данном процессе:

- утверждает разработанные и оцененные экспертными группами (внешними и внутренними) корректирующие мероприятия по выравниванию или приближению плановых показателей в объемно-календарном плане;
- утверждает итоговую версию объемно-календарного плана.

Набор и структура входящих и исходящих информационных потоков данных

Входящими и исходящими информационными объектами являются:

1. Бизнес-план.

Данный информационный объект содержит утвержденные значения КРІ, именно они приняты к исполнению как заданные значения.

Структура объекта представлена выше (таблица 48).

2. План продаж.

Данный информационный объект содержит информацию о продажах продукции (выполнении заказа) в запланированные сроки.

Структура информационного объекта «План продаж» представлена ниже (таблица 59).

Таблица 59 — Структура информационного объекта «План продаж»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность) *
1.	Счетчик проекта плана продаж	number
2.	Код заказа	number
3.	Код продукции	number
4.	Дата продажи	date
5.	Дата формирования плана	date
6.	Сформировал	varchar
7.	Дата изменения плана	date
8.	Изменил	varchar
9.	Коэффициент временного риска	number(,)
10.	Коэффициент финансового риска	number(,)

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

3. Трудоемкость по сборочно-технологическим проектам (СТК).

Данный информационный объект содержит информацию о трудоемкости изготовления СТК, значения которых получены при суммировании подетальной трудоемкости.

Структура информационного объекта «Трудоемкость по СТК» представлена ниже (таблица 60).

Таблица 60 — Структура информационного объекта «Трудоемкость по СТК»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1.	Изделие	number
2.	Серия	number
3.	Цех-изготовитель	number
4.	Цех-потребитель	number
5.	СТК	number
6.	ГО СБЕ	number
7.	Сдаточная трудоемкость на СТК	number(,)
8.	Нормативная трудоемкость на СТК	number(,)
9.	Остаточная трудоемкость на СТК	number(,)
10.	Остаточная нормативная трудоемкость на СТК	number(,)
11.	Остаточная сдаточная трудоемкость на СТК	number(,)
12.	Шифр направления	varchar
13.	Группа мастера	number

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

4. Производственные графики.

Производственные графики содержат: графики комплектации СТК (сроки начала и окончания сборочных единиц); графики закрытия групп опережения (количество месяцев, за которые необходимо начать изготовление продукции); цикловые графики, в которых содержатся стадии и порядок изготовления деталей (сборки СТК), обеспечивающих согласованные действия по поступлению компонентов сборки к установленному сроку для сборочного процесса.

Структура объектов представлена ниже (таблицы 61-63).

Таблица 61 — Структура информационного объекта «График закрытия ГО изделия»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1.	Код изделия	number
2.	ГО	number
3.	Серия плановая	number
4.	Месяц плановый	number
5.	Год плановый	number
6.	Дата создания графика	date

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

Таблица 62 — Структура информационного объекта «График комплектации СТК»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1.	Код изделия	number
2.	Код агрегата	number
3.	Код СТК	number
4.	Серия плановая	number
5.	Месяц плановый	number
6.	Год плановый	number
7.	Дата создания графика	date

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

Таблица 63 — Структура информационного объекта «Цикловые графики»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1.	Изделие	number
2.	Серия	number
3.	Агрегат	number
4.	СТК	number
5.	Деталь	varchar
6.	Этап	varchar
7.	Стадия	number
8.	ГО	number
9.	ПГО	number

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

5. Применяемость основной номенклатуры.

В данном информационном объекте содержится информация о составе изделия с указанием количества (применяемости) на серию.

Структура информационного объекта «Применяемость основной номенклатуры» представлена в таблице 64.

Таблица 64 — Структура информационного объекта «Применяемость основной номенклатуры»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1.	Цех-изготовитель	number
2.	Цех-потребитель	number
3.	Изделие	number
4.	Агрегат	number
5.	СТК	number
6.	Деталь	varchar
7.	ПГО	number
8.	ГО	number
9.	Серия	number
10.	Применяемость	number(,)
11.	Раздел	number
12.	Шифр направления	varchar
13.	Признак сборки	number
14.	Дата ввода	date
15.	Количество устанавливаемое	number(,)
16.	Признак документа	varchar
17.	Дата корректировки	date

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

6. Учет сдачи готовой продукции.

В данном информационном объекте содержится информация о сданных позициях цехом-изготовителем на склад или в цех-потребитель с указанием сдаточной трудоемкости изготовления.

Структура информационного объекта «Учет сдачи готовой продукции» представлена в таблице 65.

Таблица 65 — Структура информационного объекта «Учет сдачи готовой продукции»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1.	Изделие	number
2.	Серия	number
3.	Агрегат	number
4.	СТК	number
5.	Деталь	varchar
6.	Цех-изготовитель	number
7.	Цех-поставщик	number
8.	Склад	number
9.	Дата сдачи	date
10.	Табельный номер	number

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

7. Методическая и методологическая база.

Данный информационный объект содержит информацию для разработки, контроля и анализа исполнения объемно-календарного плана. Функционирование процесса объемно-календарного планирования должно осуществляться в рамках действующего нормативно-правового обеспечения, к которому относятся законы, указы Президента РФ, постановления Правительства РФ, приказы и распоряжения отраслевых министерств, уставные документы, инструкции и пр.

8. Объемно-календарный план (проект v1), где v1 — версия 1.

В данном информационном объекте содержится информация о трудоемкости изготовления СТК с указанием планового года, в котором те или иные СТК должны быть изготовлены; с необходимой справочной информацией: изделие, серия, цех-изготовитель, цех-потребитель. При составлении объемно-календарного плана учитывают также ключевые показатели эффективности (KPI), желаемые значения которых представляются в разрезе планового периода по годам.

Структура информационного объекта «Объемно-календарный план (с учетом рисков)» представлена в таблице 66.

Таблица 66 — Структура информационного объекта «Объемно-календарный план (с учетом рисков)»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1.	Изделие	number
2.	Серия	number
3.	Цех-изготовитель	number
4.	Цех-потребитель	number
5.	СТК	number
6.	ГО СБЕ	number
7.	Сдаточная трудоемкость на СТК	number(,)
8.	Нормативная трудоемкость на СТК	number(,)
9.	Остаточная сдаточная трудоемкость на СТК	number(,)
10.	Остаточная нормативная трудоемкость на СТК	number(,)
11.	Шифр направления	varchar
12.	Группа мастера	number
13.	Год плановый	number
14.	Дата создания плана	date

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

Набор ключевых показателей эффективности определен:

P_OKF1 — % снижения технологической себестоимости (по СТК)

P_OKF2 — % снижения сверхнормативного запаса

P_OKF3 — % снижения незавершенного производства

P_OKF4 — % увеличения объема выполненного производства

P_OKF5 — % снижения объема дефицита материальных ресурсов

P_OKP1 — % сокращения длительности изготовления по СТК

P_OKP2 — % повышения качества продукции

- P_OKP3 — % увеличения обеспечения комплектности
- P_OKP4 — % повышения ритмичности
- P_OKP P5 — % улучшения обеспечения материальными ресурсами
- P_OKSR1 — % повышения эффективности персонала
- P_OKSR2 — % повышения квалификации персонала
- P_OKSR3 — % повышения удовлетворенности персонала предприятия
- P_OKSR4 — % формализации деятельности персонала предприятия
- P_OKSR5 — % развития корпоративной информационной системы

9. Объемно-календарный план (проект v2), где v2 — версия 2.

В данном информационном объекте отображена та же информация, что и в объемно-календарном плане (проект v1), но значения показателей трудоемкостей уточняются в зависимости от имеющихся текущих ресурсах предприятия и его возможностей (факторов внутренней среды (сильные стороны)), которые планируется осуществить в рассматриваемом плановом периоде (закупить оборудование, произвести ремонт, расширить территорию и пр.).

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Объемно-календарный план (с учетом рисков)» (таблица 66).

10. Объемно-календарный план (проект v3), где v3 — версия 3.

В данном информационном объекте отображена та же информация, что и в объемно-календарном плане (проект v1, проект v2), но значения показателей трудоемкостей уточняются в зависимости от негативных факторов внешней среды (возможностей и угроз) и слабых сторон предприятия (внутренних факторов).

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Объемно-календарный план (с учетом рисков)» (таблица 66).

11. Объемно-календарный план (проект v4), где v4 — версия 4.

В данном информационном объекте отображена та же информация, что и в объемно-календарном плане (проект v1, проект v2, проект v3), но значения показателей трудоемкостей уточняются в зависимости от корректирующих мероприятий, разработанных и оцененных экспертными группами.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Объемно-календарный план (с учетом рисков)» (таблица 66).

12. Объемно-календарный план (утвержден).

Данный информационный объект содержит утвержденные значения трудоемкостей изготовления СТК, именно они приняты к исполнению как заданные значения. В процессе производства при оптимизации технологических процессов необходимо придерживаться заданных значений трудоемкостей или обеспечивать снижение заданных значений трудоемкости.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Объемно-календарный план (с учетом рисков)» (таблица 66).

13. Информация о ресурсах и возможностях предприятия на рассматриваемый плановый период.

В данном информационном объекте хранится информация в виде показателей о проценте использования имеющихся, допустимых ресурсов (материалы, ПКИ, оборудование, персонал), обозначим их через условные обозначения:

P_ROM — % допустимого использования основных материалов для основного производства

P_RVM — % допустимого использования вспомогательных материалов для основного производства

P_RPKI — % допустимого использования ПКИ для основного производства

P_RO — % допустимого использования оборудования

P_RS — % допустимого использования труда персонала

P_RI — % допустимого использования инструмента и др.

Информация о ресурсах предприятия структурирована и хранится в отдельных информационных справочниках (Справочник материалов, Справочник оборудования, Справочник оснастки и приспособлений, Справочник инструмента и др.).

В объемно-календарном планировании необходимо учитывать не только информацию об имеющихся ресурсах, но и перспективных возможностях, которые мы называем сильными сторонами факторов внутренней среды, обозначим их через условные обозначения (S — Сильные стороны), например:

S₄ — Оснащенность производства современным оборудованием

S₆ — Высокий инновационный потенциал предприятия

S₇ — Оптимизация технологических процессов

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Информация о допустимых ресурсах» (таблица 52).

14. Внешние факторы.

Факторы внешней среды также обозначим через условные обозначения, где

O — Возможности, например:

O₇ — Закупка материальных ресурсов по выгодной цене

O₈ — Закупка ПКИ по выгодной цене

R — Угрозы:

R₂ — Увеличение стоимости основных материальных ресурсов

R₃ — Рост стоимости труда на рынке, опережающий его производительность

R₆ — Нехватка квалифицированных кадров на рынке труда в регионах

R₇ — Несвоевременная поставка материальных ресурсов

R₉ — Несвоевременная поставка ПКИ

R₁₀ — Некачественная поставка материальных ресурсов

R₁₁ — Некачественная поставка ПКИ

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Факторы среды» (таблица 53).

15. Слабые стороны предприятия.

Слабые стороны предприятия есть факторы внутренней среды, их также обозначим через условные обозначения (W — слабые стороны предприятия), например:

W₁ — Длительный цикл разработки новых продуктов

W₄ — Неформализованные бизнес-процессы и система управления

W₅ — Низкая эффективность труда и система управления персоналом

W₆ — Недостаточно развитая корпоративная информационная система

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Факторы среды» (таблица 53).

16. Результаты анализа.

Данный информационный объект содержит данные о степени влияния внутренних факторов (сильных и слабых сторон предприятия), внешних факторов (возможностей, угроз) на КРІ.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Результаты анализа» (таблица 55).

17. Корректирующие мероприятия (проект v1), где v1 — версия 1.

Данный информационный объект содержит информацию о разработанных экспертной группой корректирующих мероприятий, направленных на выравнивание значений КРІ, их приближении к первоначальным (желаемым) значениям.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Корректирующие мероприятия» (таблица 56).

18. Корректирующие мероприятия (утвержденные).

Данный информационный объект содержит информацию об оцененных и утвержденных разработанных экспертной группой корректирующих мероприятий, направленных на выравнивание значений КРІ или их приближении к первоначальным (желаемым) значениям.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Корректирующие мероприятия» (таблица 56).

19. Оценки корректирующих мероприятий.

Данный информационный объект содержит информацию об оценках экспертной группой корректирующих мероприятий. Каждое разработанное корректирующее мероприятие имеет интегральное значение оценок экспертов. ЛПР, руководствуясь личным опытом и используя интегральные значения оценок корректирующих мероприятий, принимает решения о наборе мероприятий, которые, по его мнению, могут выровнять или приблизить значения КРІ к первоначальным (желаемым) показателям.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Оценки корректирующих мероприятий» (таблица 57).

Диаграмма взаимосвязи информационных объектов для рассматриваемого процесса

На рисунке 58 представлена диаграмма взаимосвязи информационных объектов, описанных в предыдущем пункте. Связь в виде пунктирной линии обозначает зависимость данных информационного объекта от объекта, на который указан конечник стрелки данной линии. Сплошная прямая линия (без конечника стрелки) обозначена между атрибутом информационного объекта и объектом «enumeration» («перечисление»). Объекты «enumeration» представляют из себя возможные варианты значений для данного атрибута информационного объекта, представляют из себя пример набора для: показателей, факторов, статус составления объемно-календарного плана и т.д.

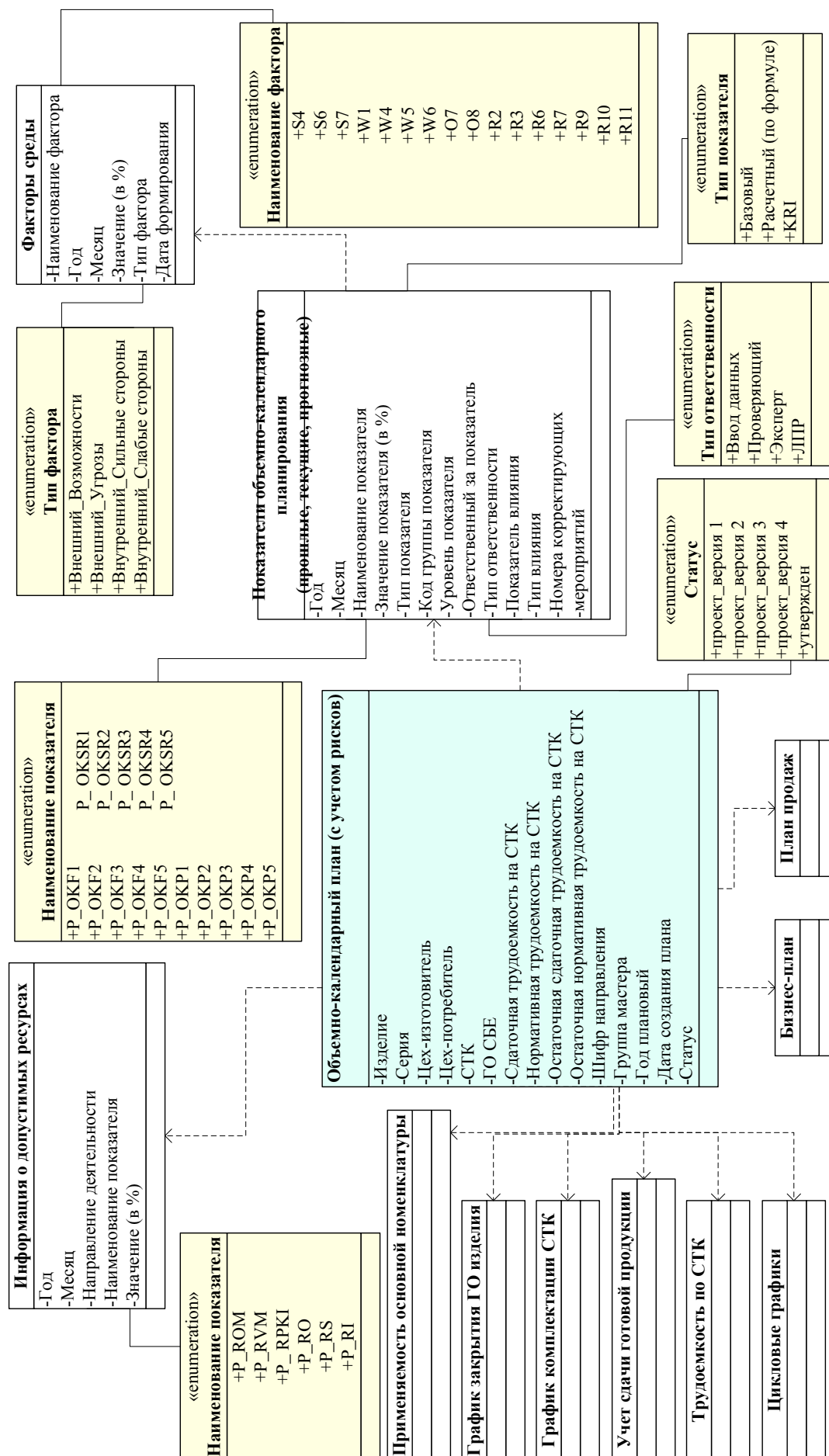


Рисунок 58 — Диаграмма взаимосвязи информационных объектов рассматриваемого процесса

Функция 3. Оценка составления детального плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков

Описание процесса оценки составления детального плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков

Детальный (или номенклатурный) план на предприятии смешанного производства (мелкосерийного и единичного) (рассматриваем на примере АО «Авиастар-СП») обеспечивает концентрирование производственных ресурсов, предназначенных для решения номенклатурных задач в краткосрочном плановом периоде на месяц.

Результат составления детального плана зависит от факторов внутренней среды, приоритетов предприятия, его возможностей в предстоящем плановом периоде (внутренних факторов), компетентности экспертной группы и лиц, принимающих решения.

Для успешной организации детального планирования, так же как и объемно-календарного планирования, на предприятии необходимо наличие четырех обязательных блоков, которые тесно связаны между собой и составляют инфраструктуру процесса детального планирования предприятия:

Аналитический блок процесса детального планирования. Содержит всю требуемую внутреннюю документацию (стандарты предприятия, нормативно-справочная информация, инструкции выполнения и пр.).

Информационный блок процесса детального планирования. Содержит всю требуемую внутреннюю информацию о деятельности предприятия:

- 1) предшествующую плановую информацию: объемно-календарный план с заданными значениями КРІ, которые планируется обеспечить;
- 2) учетную информацию (информацию производственного учета (объемы изготовления, объемы незавершенного производства, запасы и т.д.) и управленческого учета);
- 3) финансовую информацию (план-карты почасового выполнения производственным персоналом выдаваемого задания);
- 4) внутренние (слабые стороны).

Организационный блок процесса детального планирования. Содержит всю требуемую информацию об организационной структуре и системе управления. Понятие организационной структуры включает в себя количество и функции служб аппарата управления, в чьи обязанности входят разработка, контроль и анализ исполнения детального плана предприятия, совокупность структурных подразделений, которые ответственны за исполнение детального плана.

Программно-технический блок процесса детального планирования. Содержит набор программно-технических средств, обрабатывающий большие массивы информации и представляющий в интерфейсе системы для последующего анализа данные об оценке исполнения детального плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков (угроз).

Содержимое блоков должно быть обеспечено высококвалифицированными специалистами.

Взаимодействие блоков представлено на рисунке 59 через связывающие их действия и потоки информации.

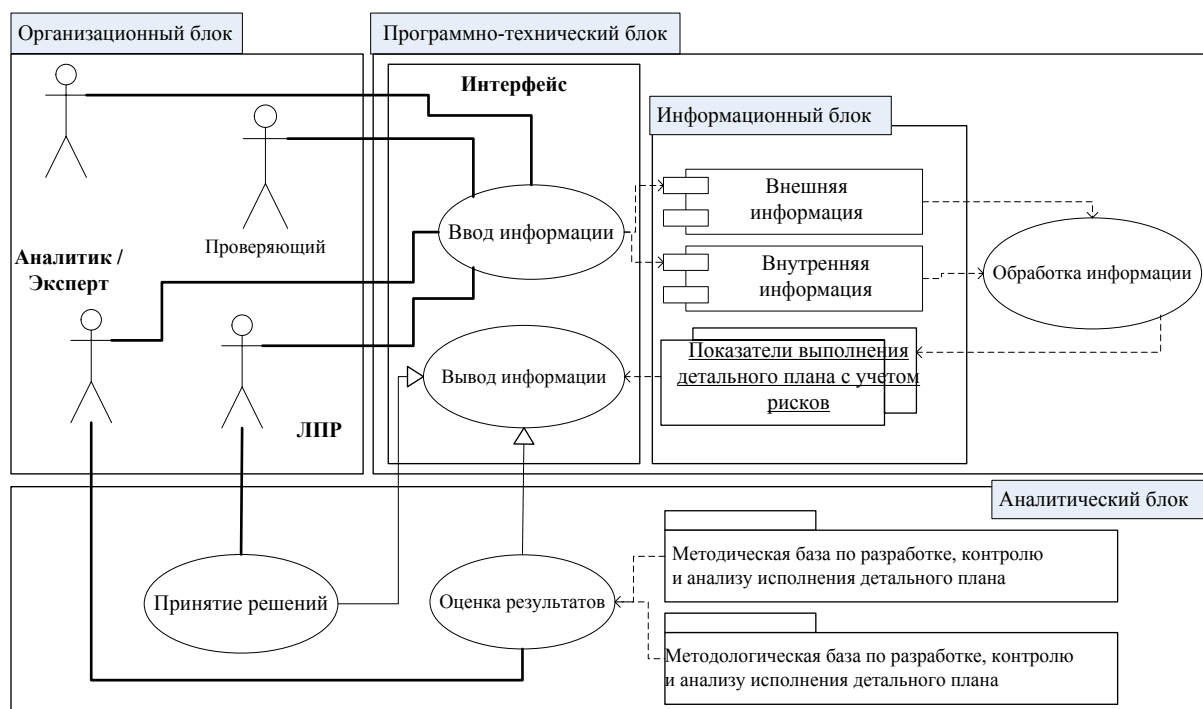


Рисунок 59 — Взаимодействие блоков процесса детального планирования

Процесс составления детального плана (Рисунок 60) содержит в себе набор основных функций, выполняемых ответственными лицами с использованием программно-технических средств. Более подробное описание каждого элемента рисунка представлено в таблице 67.

Поясним структуру таблицы:

- столбец 2 «Задача/Условие» представляет собой действие, совершаемое указанным подразделением/должностью. Выполнение того или иного действия основано на обработке входящей информации и преобразовании ее в выходную информацию;
- столбец 3 «Входная информация» представляет собой набор электронных и/или бумажных документов, необходимых для выполнения соответствующей функции;
- столбец 4 «Выходная информация» представляет собой набор электронных и/или бумажных документов, являющихся результатом выполнения соответствующей функции;
- столбец 5 «Подразделение/Должность» представляет собой элемент организационной структуры, который выполняет соответствующую функцию;
- столбец 6 «Права выполнения у столбца 5» представляет собой разграничение обязанностей между участниками выполнения функции;
- столбец 7 «Показатели» представляет собой набор ключевых показателей результативности, проявляемых на данном этапе планирования;
- столбец 8 «Риски/Угрозы» представляет собой набор показателей-угроз, которые могут привести к ухудшению значений плановых показателей при условии их возникновения.

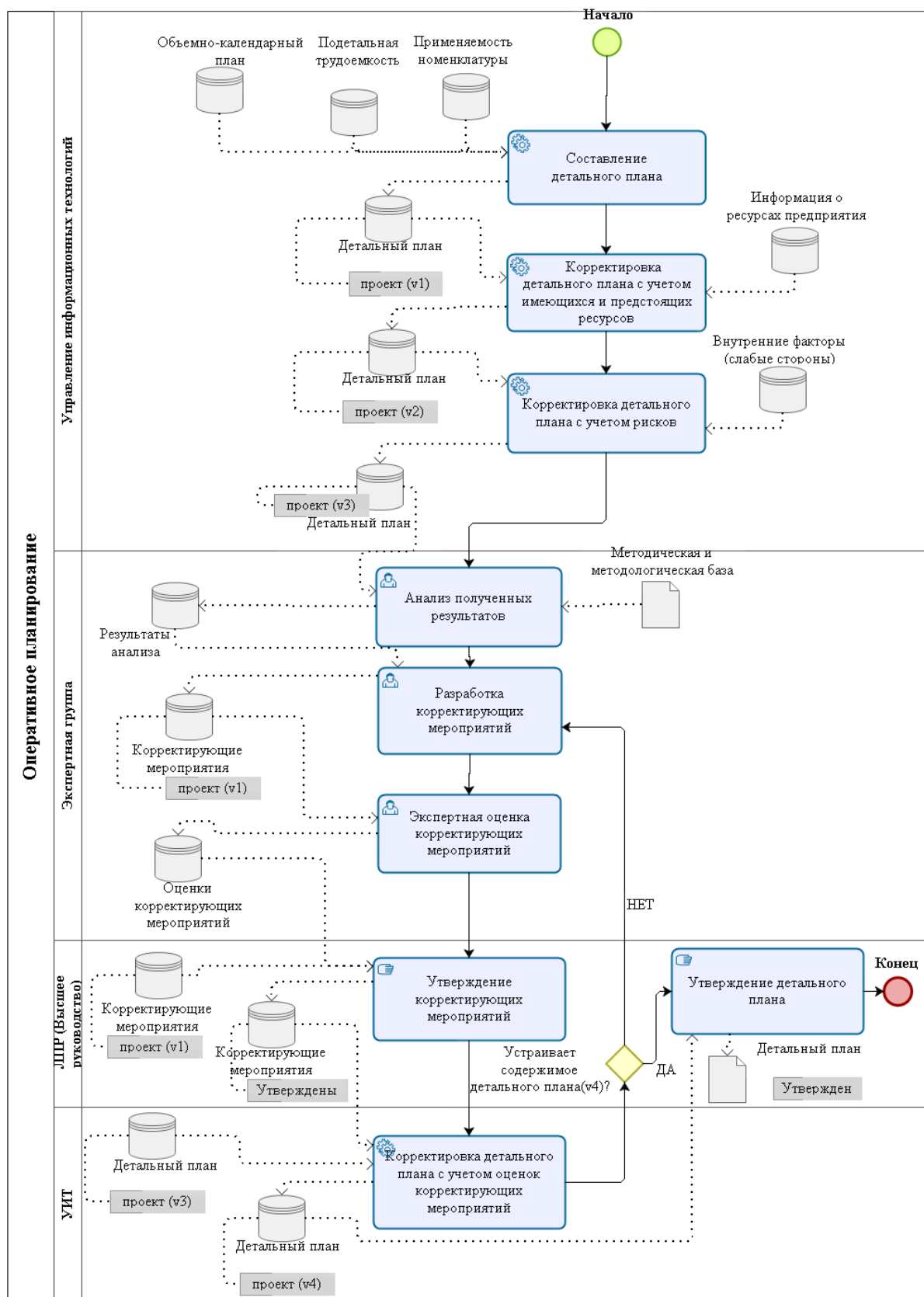


Рисунок 60 — Процесс оценки составления детального плана

Таблица 67 — Описание элементов процесса составления детального плана

№ п/п	Задача / Условие	Входная информация	Выходная информация	Подразделение / Должность	Права выполнения у столбца 5	Показатели	Риски	Используемое ПО
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Составление детального плана	Объемно-календарный план (утвержден)	Детальный план (проект v1)	Управление информационных технологий	Автоматизировано производит расчет проекта документа с учетом входной информации	Набор KRI, определенных на этапе планирования	-	ERP + ИСОДП
2	Корректировка детального плана с учетом имеющихся и предстоящих ресурсов	Детальный план (проект v1); Информация о ресурсах предприятия	Детальный план (проект v2)	Управление информационных технологий	Автоматизировано производит расчет проекта документа с учетом дополнительной информации	Задание значений KRI (проект, пер-вая итерация)	Слабые стороны предприятия	ERP + ИСОДП
3	Корректировка детального плана с учетом рисков	Детальный план (проект v2); Внутренние факторы (слабые стороны)	Детальный план (проект v3)	Управление информационных технологий	Автоматизировано производит расчет проекта документа с учетом дополнительной информации	Задание значений KPI (проект, вторая итерация)	Внутренние факторы негативного воздействия	ERP + ИСОДП
4	Анализ полученных результатов	Детальный план (проект v3); Методическая и методологическая база	Результаты анализа	Экспертная группа	Оценивает проектируемые решения	-	Некомпетентность эксперта	ИС ОДП
5	Разработка корректирующих мероприятий	Результаты анализа	Корректирующие мероприятия (проект v1)	Экспертная группа	Разрабатывает проект документа	-	Некомпетентность эксперта	ИС ОДП
6	Экспертная оценка корректирующих мероприятий	Корректирующие мероприятия (проект v1)	Оценки корректирующих мероприятий	Экспертная группа	Оценивает проектируемые решения	Экспертные оценки разрабатываемых мероприятий	Некомпетентность эксперта	ИС ОДП

№ п/п	Задача / Условие	Входная информация	Выходная информация	Подразделение / Должность	Права выполнения у столбца 5	Показатели	Риски	Используемое ПО
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Утверждение корректирующих мероприятий	Оценки корректирующих мероприятий; Корректирующие мероприятия (проект v1)	Корректирующие мероприятия (утвержденные)	ЛПР (Высшее руководство)	Утверждает проект документа	-	Ответственность на ЛПР	ИС ОДП
8	Корректировка объемно-календарного плана с учетом оценок корректирующих мероприятий	Корректирующие мероприятия (утвержденные); Детальный план (проект v3)	Детальный план (проект v4)	Управление информационных технологий	Разрабатывает проект документа	Задание значений KRI (проект, третья итерация)	-	ERP + ИС ОДП
9	Устраивает содержание детального плана (v4)?	- <условие>	- <условие>	ЛПР (Высшее руководство)	Оценивает проектируемые решения	-	-	ERP
10	Утверждение детального плана	Детальный план (проект v4)	Детальный план (утвержден)	ЛПР (Высшее руководство)	Утверждает проект документа	Задание значений KRI (проект, заключительная итерация)	Ответственность на ЛПР	ERP + ИС ОДП

Описание организационных элементов для данного процесса

В представленном выше пункте «Описание процесса оценки составления детального плана с учетом имеющихся ресурсов, возможностей, рисков» в процессе участвуют следующие организационные элементы:

1. Управление информационных технологий.

Управление информационных технологий (УИТ) — отдел на предприятии, занимающийся обеспечением и поддержкой пользователей программным обеспечением, выполняющий на предприятии все расчеты в автоматизированном режиме. Действия, которые совершает УИТ с использованием программного обеспечения (таблица 67, столбец 9):

- составляет проект детального плана на основе входной электронной информации;
- корректирует проект детального плана с учетом имеющихся ресурсов и возможностей, которые планируется осуществить в рассматриваемом плановом периоде (произвести ремонт, выполнить замену изделия и др.);
- корректирует проект детального плана с учетом рисков: негативных факторов внутренней среды, слабых сторон предприятия;
- корректирует проект детального плана с учетом оценок корректирующих мероприятий (итоговая версия проекта детального плана перед его утверждением).

2. Экспертная группа.

В экспертную группу входят специалисты в области анализа и прогноза оперативной деятельности предприятия под влиянием множества факторов (положительных и отрицательных). В данном процессе совершают следующие действия:

- проводят анализ результатов автоматизированного планирования (составления детального плана);
- разрабатывают корректирующие мероприятия по выравниванию или приближению плановых показателей в детальном плане;
- проводят коллективную экспертную оценку разработанных корректирующих мероприятий.

3. ЛПР (Высшее руководство).

Лицом, принимающим решение (ЛПР) в данном процессе является директор по производству. Действия, которые совершает ЛПР в данном процессе:

- утверждает разработанные и оцененные экспертными группами (внутренними) корректирующие мероприятия по выравниванию или приближению плановых показателей в детальном плане;
- утверждает итоговую версию детального плана.

Набор и структура входящих и исходящих информационных потоков данных

Входящими и исходящими информационными объектами являются:

1. Объемно-календарный план

Данный информационный объект содержит утвержденные значения КРІ, именно они приняты к исполнению как заданные значения.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Объемно-календарный план (с учетом рисков)» (таблица 66).

2. Применяемость основной номенклатуры.

В данном информационном объекте содержится информация о составе изделия с указанием количества (применяемости) деталей на каждый СТК.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Применяемость основной номенклатуры» (таблица 64).

3. Подетальная трудоемкость.

Данный информационный объект содержит информацию о трудоемкости изготовления деталей, входящих в СТК или самостоятельных, значения которых получено при нормировании операций технологического процесса.

Структура информационного объекта «Подетальная трудоемкость» представлена ниже (таблица 68).

Таблица 68 — Структура информационного объекта «Подетальная трудоемкость»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность)*
1.	Изделие	number
2.	Серия	number
3.	Цех-изготовитель	number
4.	Цех-потребитель	number
5.	СТК	number
6.	Деталь	
7.	ГО	number
8.	Сдаточная трудоемкость	number(,)
9.	Нормативная трудоемкость	number(,)
10.	Остаточная трудоемкость	number(,)
11.	Остаточная нормативная трудоемкость	number(,)
12.	Остаточная сдаточная трудоемкость	number(,)
13.	Шифр направления	varchar
14.	Группа мастера	number

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

4. Методическая и методологическая база.

Данный информационный объект содержит информацию для разработки, контроля и анализа исполнения детального плана. Функционирование процесса оперативного планирования должно осуществляться в рамках действующих стандартов предприятия, инструкций и другой внутренней нормативной документации.

5. Детальный план (проект v1), где v1 — версия 1.

В данном информационном объекте содержится информация о трудоемкости изготовления деталей, входящих в СТК или самостоятельных, с указанием планового месяца, в котором те или иные детали должны быть изготовлены; с необходимой справочной информацией: изделие, серия, цех-изготовитель цех-потребитель, СТК. При составлении детального плана учитывают также ключевые показатели результативности (KRI), желаемые значения которых устанавливаются в плановом месяце.

Структура информационного объекта «Детальный план (с учетом рисков)» представлена ниже в таблице 69.

Таблица 69 — Структура информационного объекта
«Детальный план (с учетом рисков)»

№ п/п	Столбец (атрибут)	Тип (значность) *
1.	Год плановый	number
2.	Месяц плановый	number
3.	Изделие	number
4.	Серия	number
5.	Цех-изготовитель	number
6.	Цех-потребитель	number
7.	СТК	number
8.	Деталь	
9.	ГО	number
10.	Сдаточная трудоемкость	number(,)
11.	Нормативная трудоемкость	number(,)
12.	Остаточная трудоемкость	number(,)
13.	Остаточная нормативная трудоемкость	number(,)
14.	Остаточная сдаточная трудоемкость	number(,)
15.	Шифр направления	varchar
16.	Группа мастера	number
17.	Дата создания плана	date
18.	Статус	varchar

* — значность столбца зависит от специфики предприятия.

Набор ключевых показателей результативности определен в составе:

P_OKFr₆ — Технологическая себестоимость (по деталям), руб.

P_OKFr₂ — Объем сверхнормативного запаса, руб.

P_OKFr₃ — Объем незавершенного производства, руб.

P_OKFr₄ — Объем выполненного производства, руб.

P_OKFr₅ — Объем дефицита материальных ресурсов, руб.

P_OKPr₁ — Длительность изготовления по СТК, н-час

P_OKPr₂ — Качество продукции, %

P_{OKPr_3} — Комплектность, %

P_{OKPr_4} — Ритмичность, %

P_{OKPr_5} — Обеспеченность материальными ресурсами, %

P_{OKSR_3} — Удовлетворенность персонала предприятия, %

P_{OKSR_6} — Исполнение трудовой дисциплины, %

P_{OKSR_7} — Мотивация персонала, %

6. Детальный план (проект v2), где v2 — версия 2.

В данном информационном объекте отображена та же информация, что и в детальном плане (проект v1), но значения показателей уточняются в зависимости от имеющихся текущих ресурсов предприятия и его возможностей (факторов внутренней среды (сильные стороны)), которые планируется осуществить в рассматриваемом плановом месяце (произвести ремонт, произвести замену и др.).

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Детальный план (с учетом рисков)» (таблица 69).

7. Детальный план (проект v3), где v3 — версия 3.

В данном информационном объекте отображена та же информация, что и в детальном плане (проект v1, проект v2), но значения показателей уточняются в зависимости от негативных внутренних факторов.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Детальный план (с учетом рисков)» (таблица 69).

8. Детальный план (проект v4), где v4 — версия 4.

В данном информационном объекте отображена та же информация, что и в детальном плане (проект v1, проект v2, проект v3), но значения показателей уточняются в зависимости от корректирующих мероприятий, разработанных и оцененных экспертными группами.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Детальный план (с учетом рисков)» (таблица 69).

9. Детальный план (утвержден).

Данный информационный объект содержит утвержденные значения поддетальных трудоемкостей, именно они приняты к исполнению как заданные значения. В процессе производства при оптимизации технологических процессов необходимо придерживаться заданных значений трудоемкостей или обеспечивать снижение заданных значений трудоемкостей.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Детальный план (с учетом рисков)» (таблица 69).

10. Информация о ресурсах и возможностях предприятия на рассматриваемый плановый период.

В данном информационном объекте хранится информация в виде показателей о проценте использования имеющихся, допустимых ресурсов (материалы, ПКИ, оборудование, персонал), обозначим их через условные обозначения:

P_ROM — % допустимого использования основных материалов для основного производства

P_RVM — % допустимого использования вспомогательных материалов для основного производства

P_RPKI — % допустимого использования ПКИ для основного производства

P_RO — % допустимого использования оборудования

P_RS — % допустимого использования труда персонала

P_RI — % допустимого использования инструмента и др.

Информация о ресурсах предприятия структурирована и хранится в отдельных информационном справочниках (Справочник материалов, Справочник оборудования, Справочник оснастки и приспособлений, Справочник инструмента и др.).

В оперативном планировании необходимо учитывать не только информацию об имеющихся ресурсах, но и перспективных возможностях, которые мы называем сильными сторонами факторов внутренней среды, обозначим их через условные обозначения (S — Сильные стороны), например:

S₄ — Оснащенность производства современным оборудованием

S₆ — Высокий инновационный потенциал предприятия

S₇ — Оптимизация технологических процессов

S₈ — Улучшение системы мотивации персонала

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Информация о допустимых ресурсах» (таблица 52).

11. Слабые стороны предприятия.

Слабые стороны предприятия есть факторы внутренней среды, их также обозначим через условные обозначения (W — слабые стороны предприятия), например:

W₁ — Длительный цикл разработки новых продуктов

W₄ — Неформализованные бизнес-процессы и система управления

W₅ — Низкая эффективность труда и система управления персоналом

W₆ — Недостаточно развитая корпоративная информационная система

W₇ — Несвоевременная поставка детали от цеха-поставщика

W₈ — Поставка детали от цеха-поставщика в бракованном виде

W₉ — Несвоевременная выдача инструмента со склада

W₁₀ — Несвоевременное получение оснастки для изготовления

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Факторы среды» (таблица 53).

12. Результаты анализа.

Данный информационный объект содержит данные о степени влияния внутренних факторов (сильных и слабых сторон предприятия) на KRI.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Результаты анализа» (таблица 55).

13. Корректирующие мероприятия (проект v1), где v1 — версия 1.

Данный информационный объект содержит информацию о разработанных экспертной группой корректирующих мероприятиях, направленных на выравнивание значений KRI, их приближении к первоначальным (желаемым) значениям.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Корректирующие мероприятия» (таблица 56).

14. Корректирующие мероприятия (утвержденные).

Данный информационный объект содержит информацию об оцененных и утвержденных разработанных экспертной группой корректирующих мероприятиях, направленных на выравнивание значений KRI, или их приближении к первоначальным (желаемым) значениям.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Корректирующие мероприятия» (таблица 56).

15. Оценки корректирующих мероприятий.

Данный информационный объект содержит информацию об оценках экспертной группой корректирующих мероприятий. Каждое разработанное корректирующее мероприятие имеет интегральное значение оценок экспертов. ЛПР, руководствуясь личным опытом и используя интегральные значения оценок корректирующих мероприятий, принимает решения о наборе мероприятий, которые, по его мнению, могут выровнять или приблизить значения KRI к первоначальным (желаемым) показателям.

Структура объекта повторяет структуру информационного объекта «Оценки корректирующих мероприятий» (таблица 57).

Диаграмма взаимосвязи информационных объектов для рассматриваемого процесса

На рисунке 61 представлена диаграмма взаимосвязи информационных объектов, описанных в предыдущем пункте. Связь в виде пунктирной линии обозначает зависимость данных информационного объекта от объекта, на который указывает конечник стрелки данной линии. Сплошная прямая линия (без конечника стрелки) обозначена между атрибутом информационного объекта и объектом «enumeration» («перечисление»). Объекты «enumeration» представляют собой возможные варианты значений для данного атрибута информационного объекта, а также пример набора для показателей, факторов, статус составления детального плана и т.д.

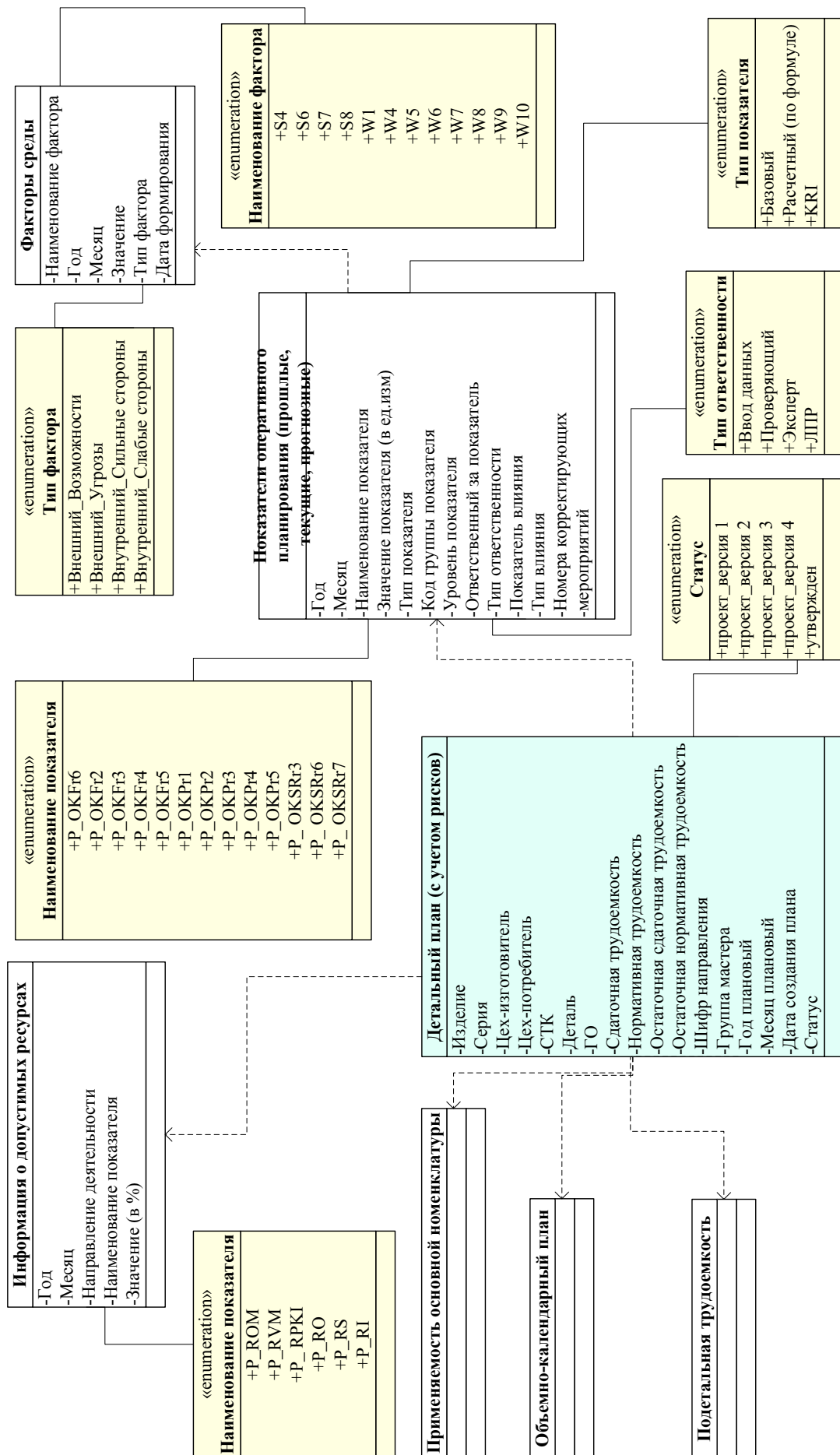


Рисунок 61 — Диаграмма взаимосвязи информационных объектов рассматриваемого процесса

Функция 4. Оценка выполнения процессов подготовки производства и планирования

Представленные выше процессы предприятия состоят из набора элементов: задача, организационный элемент (подразделение / должность), входные и выходные материальные потоки.

Оценки выполнения процессов производятся по следующим критериям:

- «execution time» (время выполнения задания);
- «waiting time» (время ожидания задачи в очереди на исполнение);
- «transport time» (время транспортировки);
- «resting time» (время ожидания транспортировки);
- «cycle time» (общее время процесса);
- «cost» (стоимость процесса);
- «quantity» (частота возникновения процесса в пределах указанного интервала времени «Time period»);
- «calendar» (позволяет составить календарь, дает возможность назначить профили дня (рабочий, выходной, укороченный) и привязать их к конкретной дате; данный параметр необходим для «Workload Analysis» — определения рабочей загрузки процессов с учетом частоты возникновения процесса и реальной доступности исполнителей (календарное планирование));
- «tolerance waiting time» (время ожидания между началом процесса и выполнением первой операции после завершения которого, процесс будет отменен);
- «abandonafter tolerance waitingtime» (если данный признак активирован, то после завершения времени ожидания (Tolerance waitingtime) процесс будет прерван; параметр учитывается при выполнении «Workload Analysis»);
- «EDP transaction cost» (затраты на электронную обработку данных);
- «EDP batch cost» (затраты на электронную обработку партии данных (этот признак будет использован при оценке стоимости процесса));
- «print cost» (затраты на печать);
- «cooperative» (Если данный признак активирован, то для выполнения операции может быть выделено несколько исполнителей (например, задание направлено всем свободным исполнителям). При этом задание не будет подано к исполнению до тех пор, пока в системе не будет достаточного количества свободных исполнителей («Average number of participants») или не истечёт установленное время ожидания («Max. start period»));
- «cooperation mode» (При установке «synchron» задание будет одновременно выполняться всеми назначенными исполнителями. При установке «asynchron» задание будет выполняться исполнителями последовательно (порядок зависит от их занятости));
- «average number of participants» (В этом поле задается коэффициент поправки времени исполнения задания. Данный атрибут участвует в расчётах только в том случае, если данная операция выполняется несколькими исполнителями (активирован признак «cooperative»). Этот параметр необходим для расчёта оптимального пути исполнения процесса (Path analysis). При этом если для кооперативной операции задан параметр «asynchron», то данный коэффициент будет равен среднему числу исполнителей данной задачи. В случае если задан параметр «synchron», то теоретически выполнение задачи будет завершено только после окончания работы над ней последнего исполнителя, как при параллельных процессах. При расчёте «Path analysis» конкретные исполнители не заданы,

поэтому необходимо время реализации данной задачи скорректировать в зависимости от возможных задержек. Это позволит провести более корректный расчёт);

- «min. quota of presence» (в этом поле указывается минимальное число свободных исполнителей, необходимых для активации задания. В случае если в системе нет достаточного числа свободных специалистов, задание откладывается. Время отсрочки, однако, не должно превышать указанного в поле «Max. startperiod» минимума);

- «max. startperiod» (минимальное время отсрочки выполнения задания при кооперативной работе, см. «Min. quota of presence»);

- «priority» (приоритет задания. Все операции выполняются в порядке уменьшения их приоритета. Задания с одинаковым приоритетом исполняются в порядке поступления);

- «max. resource waiting time» (максимальное время ожидания, в течение которого исполнитель ждёт освобождения ресурсов, необходимых для реализации задачи. Если это время будет превышено, автоматически запускается выполнение последующей задачи. После чего происходит возврат к пропущенной операции и, снова запускается механизм ожидания ресурсов и так далее);

- «time dependent cost» (затраты времени исполнителем на операцию (рассчитываются при стоимостном анализе)).

Соответственно, для выполнения данного вида анализа необходимо задать для элементов диаграммы, как все вышеперечисленные параметры, так и ряд других. В противном случае система выдаст сообщение — предупреждение об ошибке, либо в результирующих данных эти переменные будут иметь нулевые значения.

Функция 5. Статистическая оценка влияния значений одних показателей на другие

Механизм статистической оценки влияния значений одних показателей на другие подробно описан в пункте «Описание варианта построения статистической модели верхнего уровня» (см. с. 124).

Функция 6. Экспертная оценка корректирующих мероприятий, направленных на выравнивание или приближение значений фактических показателей к значениям плановых показателей

Механизм экспертной оценки корректирующих мероприятий, направленных на выравнивание или приближение значений фактических показателей к значениям плановых показателей частично описан в пункте «Рекомендации по построению моделей узла КМ» (с. 131), более подробно деятельность экспертов будет определена на следующем этапе.

Функция 7. Выявление отклонений значений фактических показателей от плановых в режиме реального времени (мониторинг)

Механизм выявления отклонений значений фактических показателей от плановых в режиме реального времени выполняется в ИС ОДП при обеспечении всей необходимой учетной (фактической) информацией и при условии настройки в системе сравнения планового показателя (id) с фактическим. При этом система обеспечивает агрегирование значений для рассматриваемых показателей, заданных пользователем. Механизм мониторинга значений показателей описан в пункте «Алгоритм проверки параметров» (см. с. 199).

2.6. Описание вариантов использования КМ

Использование комплексной модели для мониторинга параметров ПЭТП

Для обеспечения мониторинга параметров ПЭТП необходимо обеспечить хранение значений базовых (поступающих в систему) значений показателей, вычисление значений показателей на основе формул и агрегации значений по измерениям (справочникам), хранение/расчет допустимых значений показателей. Имея эти данные, система может выполнять проверку нахождения значений в допустимых интервалах значений согласно регламенту проверки.

Хранение значений показателей

Для хранения показателей можно было бы использовать нормализованное представление для хранения значений (рисунок 62), но при большом количестве значений параметров и большом количестве показателей, количество записей в таблице значений будет стремительно расти.

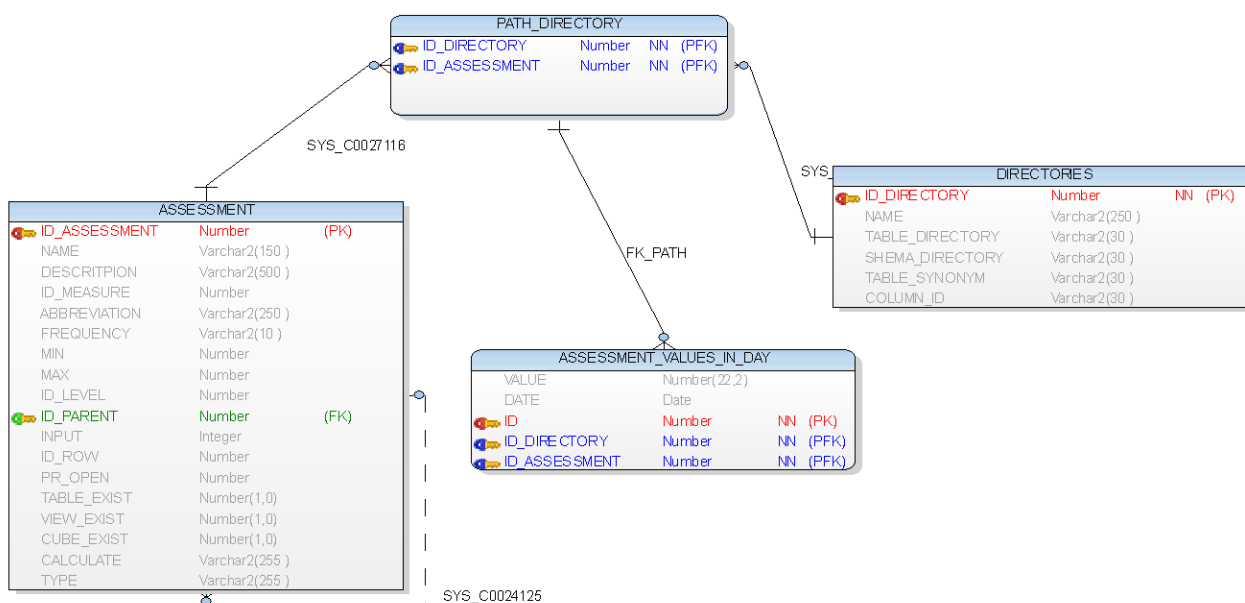


Рисунок 62 — Нормализованная схема хранения значения параметров (нерекомендуемая)

Поэтому для удобства обработки значений показателей предлагается хранить значений каждого показателя в отдельной таблице. Структура таблицы будет зависеть от подключенных справочников (от количества измерений), т.е. значения показателей будут храниться в виде схемы «Звезда» для ROLAP (пример с тремя изменениями) (рисунок 63).

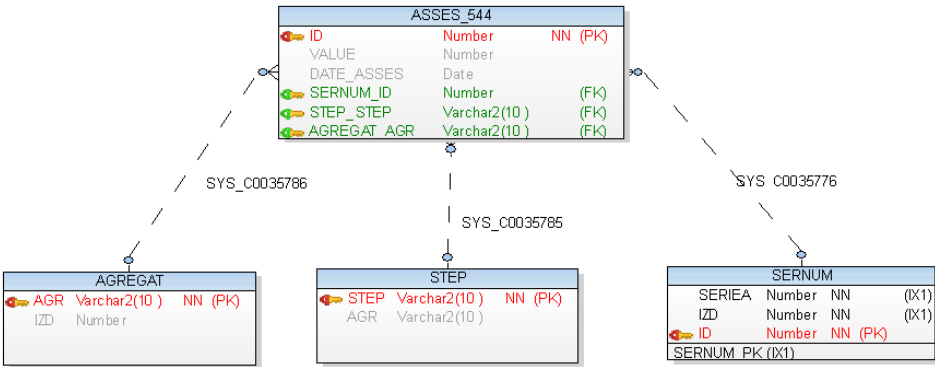


Рисунок 63 — Пример схемы хранения значений показателя (одного) с тремя измерениями (справочниками)

Хранение данных о допустимых значениях показателей

Допустимые интервалы значений показателей могут быть заданы различными способами:

- интервал значений:
 - 1) постоянные;
 - 2) с учетом временного параметра;
 - 3) вычисляемые (задаются функцией от времени или других показателей);
- разница между плановым и фактическим значением.

Для определения текущего статуса показателя (находится ли он в допустимых / оптимальных / пограничных / недопустимых значениях) рекомендуется задавать интервалы в виде шкал.

Шкала задается для показателя и состоит из интервалов, которые могут быть заданы числами или вычисляться, т.е. представлять собой некое условие (при реализации в виде реляционной модели это может быть условие, записываемое в опцию WHERE оператора SELECT). Для хранения шкал показателей можно использовать следующую схему представления данных (рисунок 64).

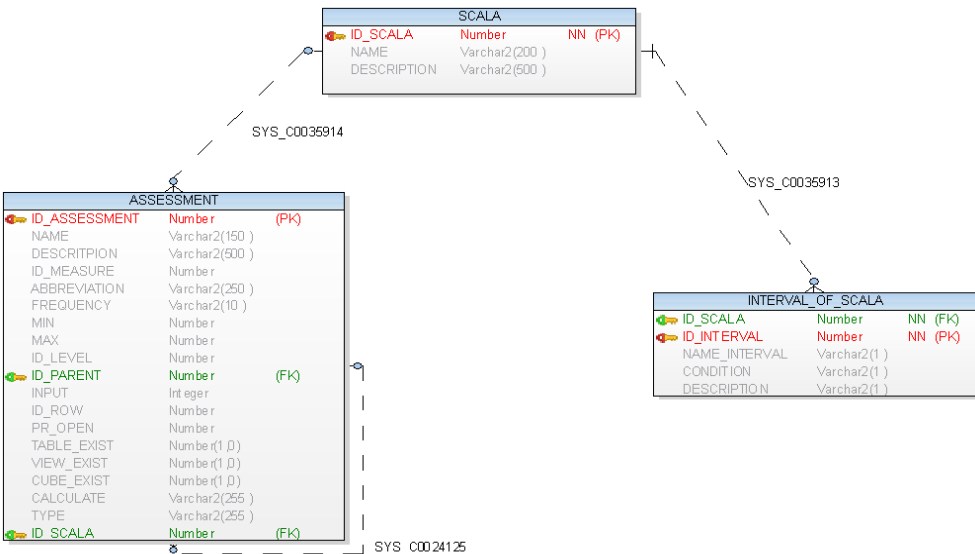


Рисунок 64 — Схема хранения для шкал показателей

Для оценки и наглядности представления оценок рекомендуется в представлении допустимых интервалов использовать цветовую маркировку (типа светофора).

Алгоритм проверки параметров

Задача мониторинга можно представить из последовательности следующих шагов:
вычисление значения показателя;

сопоставление с интервалами шкалы показателя и определение текущего статуса показателя (допустимое / оптимальное / пограничное / недопустимое значение);

оповещение ответственного лица в случае пограничности / недопустимости значений;

проверка через заданный регламентом интервал значения или при наступлении контрольных событий.

Интервал задается через атрибут «Частота» показателя. Причины, вызывающее изменение показателя, могут быть различными и перечисление их всех не представляется возможным. Поэтому в качестве контрольных событий можно использовать событие расчета связанных показателей. При этом следует учитывать возможность заикливания процесса перерасчета.

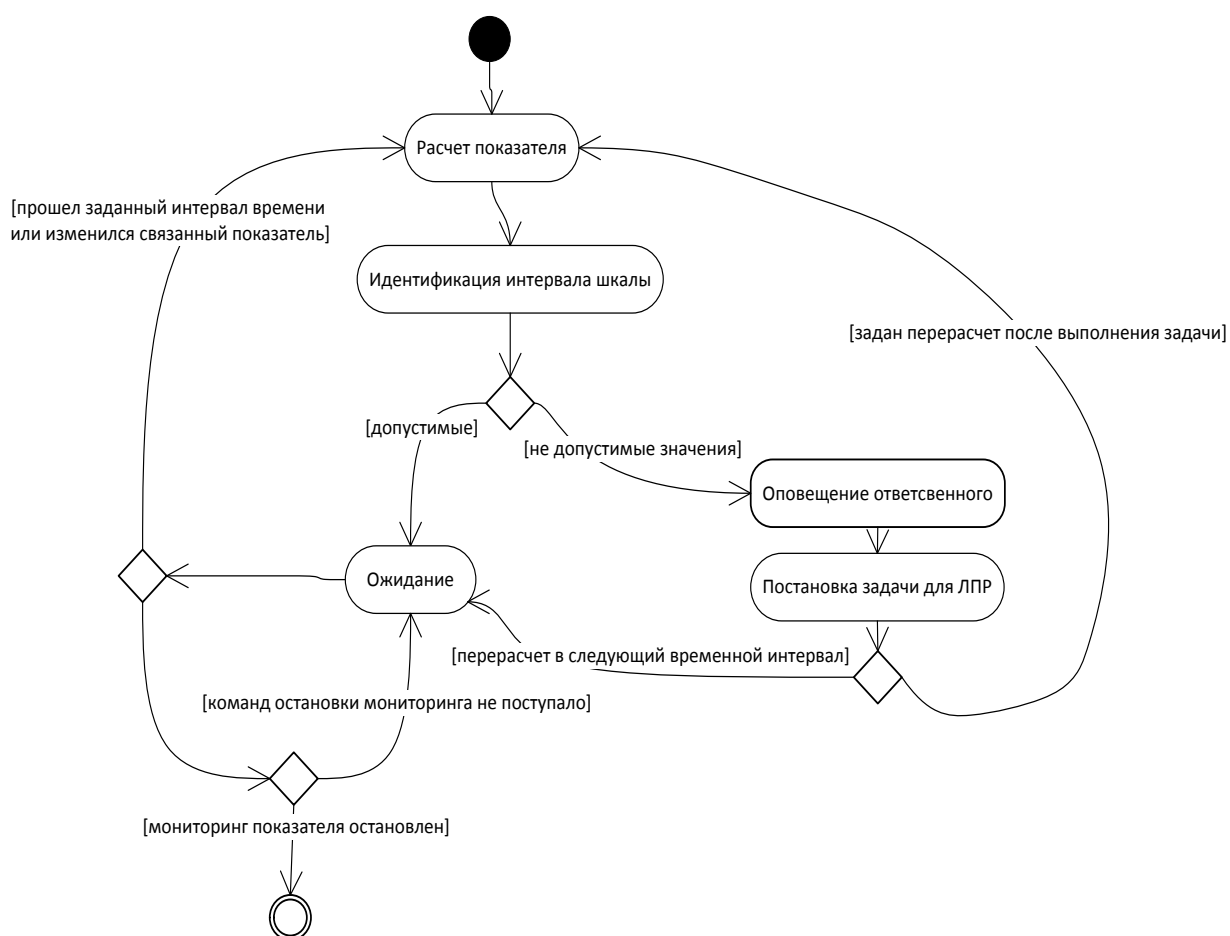


Рисунок 65 — Алгоритм мониторинга значений показателя

Мониторинг параметров ПЭТП

Основные контролируемые параметры ПЭТП, расчет которых выполняется в подсистеме управления комплектом ЭТД, приведен ниже (таблица 70).

Таблица 70 — Перечень контролируемых параметров ПЭТП

№ п/п	Контролируемый параметр	Описание
1	T_0	основное (машинное) технологическое время, мин
2	$T_{всп}$	вспомогательное время, затраченное на управление станком, установку, закрепление и снятие детали, подвод и отвод режущего инструмента, измерение детали, мин
3	$T_{орм}$	время на организацию рабочего места, затраченное на смазывание станка, удаление стружки, уборку рабочего места, установку и снятие режущего инструмента, мин
4	$T_{отд}$	время на отдых, мин
5	$T_{шт}$	штучное время — продолжительность выполнения технологической операции, не учитывающее время на подготовку исполнителя (рабочего) к выполнению данной операции
6	$T_{пзв}$	подготовительно-заключительное время, необходимое на ознакомление исполнителя с чертежом, получение консультаций у мастера, настройку станка и приспособлений. Это время распределяется не на одну деталь, а на всю партию деталей (n), подлежащих изготовлению
7	$T_{шк}$	штучно-калькуляционное время, это и есть технически обоснованная норма времени на выполнение операции
8	$T_{шт}$	является суммой основного (машинного) технологического времени, вспомогательного времени, времени на отдых, времени на организацию рабочего места

Использование комплексной модели для анализа параметров ПЭТП

Покажем, каким образом проводится анализ параметров ПЭТП в рамках статистической модели в составе КМ. В основе данного блока лежит поиск и анализ статистических взаимосвязей между факторами, разделенными на следующие категории: факторы внешней среды и внутренние факторы деятельности предприятия, т.е. показатели бухгалтерской и финансовой отчетности, а также необходимые данные о параметрах ПЭТП. Информация о внешней среде собирается из официальных статистических источников и характеризует, в том числе, возникающие для предприятия риски, которые оно не может устранить, но может минимизировать их последствия на основе модельных расчетов. Внутренние факторы деятельности предприятия поступают из системы планирования и управления ресурсами и из других блоков информационной системы, реализующей комплексную модель. Предполагается, что к моменту проведения расчетов в этих информационных системах уже накоплен некоторый объем наблюдений интересующих нас показателей за предыдущие периоды времени. Это необходимое условие работы статистической модели, поскольку для поиска статистически значимых связей требуется хотя бы по 6-7 наблюдений на каждый оцениваемый параметр. Если же по некоторому показателю это условие не выполнено, то для его анализа следует использовать экспертную модель, а затем перенести полученные выводы в статистическую модель.

Общая схема работы такова: выбирается группа факторов, относительно которых предполагается наличие взаимосвязей. Для подтверждения или опровержения данной гипотезы проводится корреляционно-регрессионный анализ по имеющимся наблюдениям и формируется набор моделей, описывающих найденные взаимосвязи. Далее на основе моделей разрабатываются рекомендации для принятия управленческих решений, а также формируются данные, которые могут быть переданы в экспертную подмодель.

Целесообразно ограничиться статистическими моделями с одной зависимой переменной, т.е. не рассматривать системы многофакторных уравнений. Это объясняется тем фактом, что построение систем этого типа и их дальнейшее преобразование к пригодной для расчетов форме требуют от пользователя высокого уровня математической квалификации, что будет выступать лимитирующим фактором для применения модели.

Тогда для поиска и анализа взаимосвязей будут строиться регрессионные модели. В общем виде под регрессией случайной величины Y на X понимается зависимость, задающая траекторию движения точки (y_x, x) , которая определяется условным математическим ожиданием $y_x = E[Y|X=x]$ для каждого текущего значения x . Эта траектория моделируется с использованием некоторой функции регрессии $f(x, \beta)$ с постоянными параметрами β , которая позволяет оценить средние значения $\hat{y}$ реализаций зависимой переменной Y для каждого фиксированного значения x независимой переменной (предиктора) X . Поскольку для точного описания $f(x, \beta)$ необходимо знать закон условного распределения $E[Y|X=x]$, то на практике ограничиваются ее наиболее подходящей аппроксимацией $\hat{f}(x, b)$, обеспечивающей минимум средней ошибки восстановления значений $Y(x)$.

Таким образом, регрессия представляет модель, позволяющую оценить функцию $f(x, \beta)$ на основе ограниченной совокупности наблюдений. Причем X может быть как одномерной, так и многомерной величиной. Тогда возникает вопрос, что должно быть принято за X , а что за Y , особенно в том случае, когда анализируется большое количество взаимосвязанных факторов. Предлагается следующее решение данной проблемы: ограничиться парной регрессией, т.е. рассматривать все возможные пары факторов из выбранной совокупности и для каждой из них проверять наличие/отсутствие статистической взаимосвязи. В этом случае не важно, что будет считаться за X , а что за Y , поскольку показатели тесноты связи (коэффициенты корреляции и детерминации) будут идентичными для выбранной пары факторов. Если статистическая связь будет обнаружена, то в дальнейшем можно построить оба варианта регрессионного уравнения или предложить пользователю выбрать тот вариант, который он считает целесообразным.

Данный подход позволяет решить целый ряд проблем, связанных с практическим применением регрессионных зависимостей.

Во-первых, оставаясь в классе выбранных моделей, мы снимаем проблему выбора из множества взаимосвязанных факторов одного, выступающего в роли Y . Это упрощает использование статистической подмодели, так как требуется только выбрать группу интересующих нас факторов, и дальнейшие вычисления могут быть проделаны автоматически без участия пользователя. Также может быть автоматизировано получение выводов и рекомендаций.

Во-вторых, снимается проблема, связанная с возможным наличием мультиколлинеарности, т.е. зависимости между факторами, принятыми за X . Наличие в модели мультиколлинеарности существенно искажает оценки ее параметров, они могут иметь неоправданно большие значения и/или неправильные знаки, вследствие чего теряется практиче-

ский смысл построенного уравнения. Поскольку анализируются факторы, представляющие разные аспекты деятельности одного и того же предприятия или даже одного и того же процесса, протекающего на нем, высока вероятность появления данной проблемы. В случае же парной регрессии эта проблема снимается.

В-третьих, при построении моделей парной регрессии, в отличие от множественной, не требуется большого количества наблюдений. Это весьма существенное преимущество с точки зрения практического использования статистической подмодели, так как она сможет функционировать в рамках комплексной модели даже при небольшом стартовом наборе данных, т.е. не потребуются долго ждать, пока в соответствующих информационных системах не появится нужный объем наблюдений. Более того, даже если предположить, что система функционирует достаточно долго и располагает большим количеством наблюдений по выбранным факторам, использование парной регрессии и в этом случае представляется целесообразным. В условиях цифровой экономики предприятие функционирует и развивается в высоко динамичной внешней среде, в связи с чем оно должно проявлять гибкость и постоянно адаптироваться к меняющимся условиям. Поэтому значения одного и того же фактора, фиксируемые на протяжении длительного периода времени, скорее всего не будут отражать одну и ту же закономерность его развития, а будут содержать в себе одну или несколько точек структурных изменений, обусловленных изменением внешней среды, технологий производства и т.д. Поэтому значения, собранные за небольшой временной промежуток, будут точнее характеризовать именно текущую ситуацию, что и требуется для выработки управленческих решений в краткосрочном и среднесрочном горизонте планирования, а именно это и является основной целью моделирования в данном случае.

Опишем общий алгоритм работы статистической модели, учитывая вышесказанное. На вход подается набор факторов $f_1, f_2, \dots, f_k$, относительно которых предполагается наличие взаимного влияния. Требуется оценить силу этого влияния для дальнейшей выработки управленческого решения. Из соответствующей базы данных извлекаются имеющиеся за выбранный период значения факторов $f_{1i}, f_{2i}, \dots, f_{ki}$, где i — номер наблюдения, $i = 1, \dots, n$. На их основе формируются выборки (f_{li}, f_{pi}) , $i = 1, \dots, n$, $l = 1, \dots, k$, $p = 1, \dots, k$, $l \neq k$. По каждому набору проверяется наличие/отсутствие статистической взаимосвязи по выбранному экспертным путем правилу. Если связь обнаружена, дополнительно строится уравнение парной регрессии для данной пары факторов. Выходом подмодели будет многомерный массив, каждая строка которого соответствует паре факторов l и k , $l \neq k$, для которой связь обнаружена, а элементами строки будут оценки параметров полученной связи и показатели их качества. Этот массив сохраняется в базе данных системы, реализующей статистическую модель, для дальнейшего анализа и выработки управленческого решения.

Очевидно, что такой объем информации должен быть соответствующим образом переработан в рекомендации различных форматов, на основе которых пользователь будет принимать управленческие решения. В первую очередь, найденную структуру связей требуется визуализировать для полноценного восприятия пользователем. С точки зрения структуры результаты проведенных расчетов формируют таблицу 71, содержащая столбцы «фактор 1» и «фактор 2», куда заносятся номера проверяемых пар, столбец «наличие связи», где указывается, обнаружена ли она в ходе расчетов, и дополнительные столбцы, поясняющие детали связи в случае ее обнаружения.

Таблица 71 — Структура результатов проведенных расчетов

Фактор 1	Фактор 2	Наличие связи	Параметры связи	Качество уравнения связи
f_1	f_2	да	$\beta = \dots$	высокое
f_1	f_3	нет	—	—

Однако уровень наглядности такой таблицы невысок, особенно в случае большого количества строк. Поэтому в рамках разрабатываемой комплексной модели предлагается следующий вариант визуализации. Полученный многомерный массив представляется в виде графа (рисунок 66), вершинами которого являются выбранные факторы. Если между данной парой факторов обнаружена статистическая связь, на графе это отображается ребром, соединяющим соответствующие вершины. Толщина ребра демонстрирует силу этой связи: чем толще ребро, тем сильнее связь. Направление связи (прямое или обратное) может быть показано цветом ребра и, при необходимости, дополнительным текстовым комментарием. Принадлежность факторов к разным категориям отображается разным цветом и/или формой вершин. Если какой-либо из факторов не связан с остальными, соответствующая ему вершина в графе не будет иметь входящих и исходящих ребер. Предлагаемый в статистической модели подход позволяет в наглядной форме показать структуру взаимосвязей даже между большим количеством факторов. Выявленные взаимосвязи далее будут использованы для построения прогнозов и выработки рекомендаций для работы предприятия.

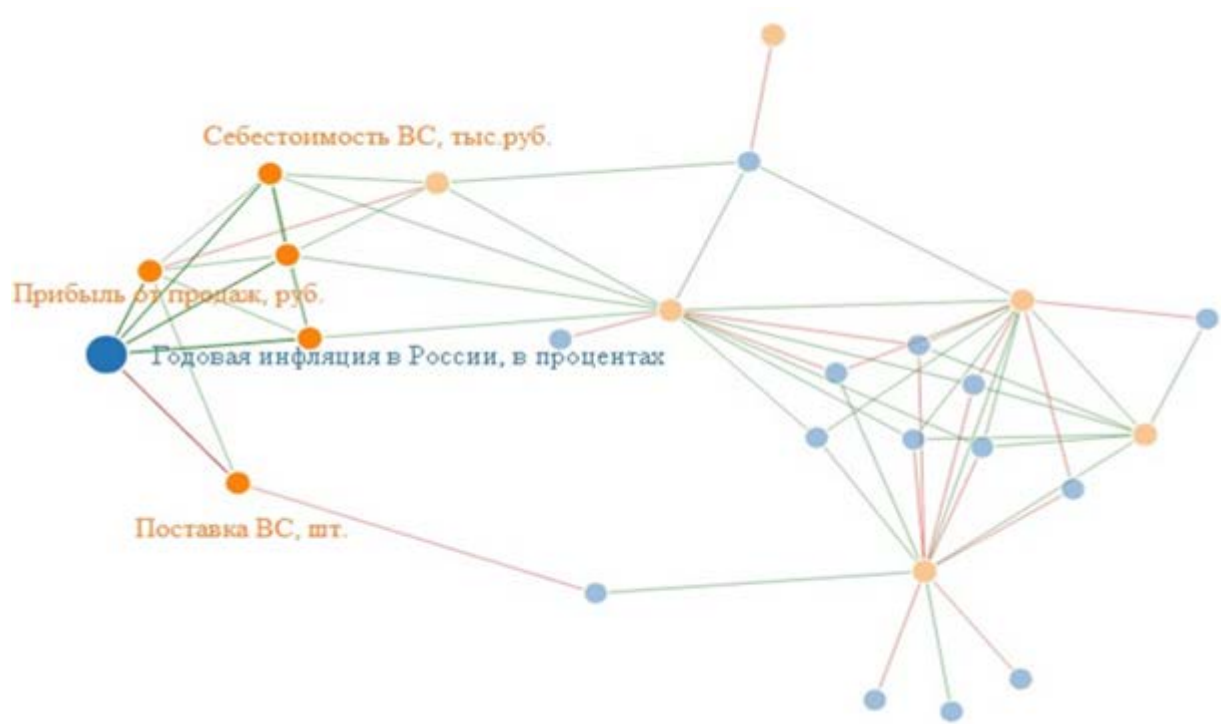


Рисунок 66 — Граф взаимосвязей между факторами

Статистическая модель выявляет взаимосвязь факторов и показателей, отражающих широкий круг аспектов деятельности авиастроительного предприятия на разных уровнях. Поскольку прогнозирование является одной из основных сфер практического использования статистических моделей, именно этот инструмент является основой данной подмодели. Используя данные, собранные в ходе деятельности предприятия за оценочный период в интервале от 0 до T , в текущий момент T_1 строятся статистические модели. Затем строятся безусловные (когда значения независимых факторов известны точно) и условные (значения независимых факторов определяются из планов и предположений) прогнозы, далее разрабатываются управленческие рекомендации на их основе (см. рисунок 67).

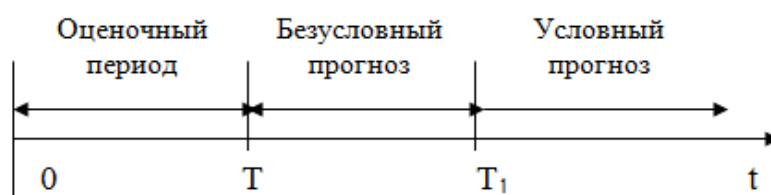


Рисунок 67 — Периоды прогноза

В общем случае статистический прогноз разрабатывается для оценки будущих состояний рассматриваемого процесса в зависимости от ожидаемых уровней влияющих на него факторов. При этом факторы делятся на три группы: управляемые, неуправляемые и частично управляемые. Если прогноз разрабатывается на основе неуправляемых факторов, то система управления имеет возможность приспособиться к тенденциям прогнозируемого процесса и учесть их при обосновании управляющих мер для соответствующего объекта. Если факторы являются управляемыми, то система управления может выбирать их оптимальные уровни, формируя тем самым желаемую тенденцию развития прогнозируемого процесса. Для частично управляемых факторов возможности регулирования прогнозируемого процесса ограничены, при этом статистическая модель представляет практически всю информацию относительно границ управления. Также прогноз может быть сделан в форме «прогноз-предупреждение», когда результат оказывается нежелательным для прогнозируемого процесса, и реакция системы управления состоит в этом случае в определении мер, способных внести необходимые коррективы. Таким образом, статистические прогнозы предоставляют широкий набор возможностей для выработки управленческих решений различного формата, необходимых для повышения эффективности процессов, протекающих на авиастроительном предприятии.

Использование комплексной модели для оценки и управления параметрами ПЭТП

Оценивание деятельности предприятия — задача не новая, и уже существует множество подходов к ее решению:

- построение матрицы 3×3 для оценки технологической деятельности предприятия [70];
- групповой анализ и метод оценки конкурентоспособности предприятий на основе PLPO (закона логического частичного порядка) [71];

- модель оценки производительности предприятия на основе алгоритма DEA с блоком принятия решений [72];
- оценка производительности предприятия на основе модели FLI-GA [73];
- динамическая комплексная оценка инновационной способности предприятий [74];
- партнерский метод оценки доверия виртуального предприятия [75];
- оценка системы производства с дискретным методом моделирования [76];
- подходы, сочетающие корреляционный анализ Пирсона с идентификацией ключевых показателей [77].

Применение статистических методов

Как было указано ранее, на втором и третьем уровнях статистической модели рассматриваются внутренние статистические показатели деятельности предприятия, собранные на относительно коротких промежутках времени (до нескольких месяцев). Каждый из этих показателей связан с имеющимися целями предприятия и в той или иной степени характеризует группу соответствующих ПЭТП. Построение регрессионных моделей на этом уровне позволит оценить достижимость/недостижимость поставленных целей в текущих условиях, а также предупредить о возможных рисках и последствиях корректирующих мероприятий.

По каждому показателю, аналогично первому уровню, проводим разделение на группы: «показатели, требующие максимизации» и «показатели, требующие минимизации». Выделяем три зоны значений показателей: желаемая, позитивная и негативная.

Первый вариант работы строится по той же схеме, что и на первом уровне иерархии в случае пары факторов «внутренний — внутренний». ЛПР проверяет пару выбранных показателей на наличие либо отсутствие статистической связи. Если связь обнаружена, ЛПР оценивает, как отразится запланированное изменение объясняющего фактора на объясняемом, получая при этом рекомендации «норма», «риск», «улучшение» или «ухудшение».

Второй вариант работы основан на идее, применяемой в методологии «6 сигм» в рамках DMAIC-проекта [78, 79]. Согласно этому управленческому подходу, для решения некоторой проблемы в процессе надо найти ее причину и устранить. На первых стадиях DMAIC-проекта выявляется, в чем суть проблемы, вызывающей «узкое место» в рассматриваемом процессе. Важно, что выбирается измеряемый показатель, отражающий эту проблему. Далее с помощью статистического анализа ищутся связи с другими показателями. Если такие связи обнаружены, то проблема может заключаться в неудовлетворительном состоянии других показателей. Выяснив возможные причины, ЛПР получает возможность найти меры по устранению проблемы и проконтролировать, помогли ли предлагаемые мероприятия.

Используем следующую схему работы. ЛПР выбирает показатель, находящийся в негативной зоне, т.е. имеется проблема в данном бизнес-процессе, которую нужно устранить. Далее пользователь выбирает другие показатели, которые, по его мнению, могут влиять на исходный показатель. Система проверяет наличие статистических связей между этими показателями. Пусть для проблемного показателя y и другого показателя x обнаружена статистическая связь. Тогда ЛПР фиксирует текущее значение x^T и проверяет, в какую зону оно попадает. Если x^T в негативной зоне, то оба изучаемых показателя под-

лежат улучшению. Если x^T в желаемой или позитивной зоне, то принимаемое решение зависит от групп, к которым относятся y и x , и типа связи между ними. Возможные комбинации представлены в таблицах 72-79.

Таблица 72 — Показатель y в группе «Факторы, требующие максимизации», показатель x в группе «Факторы, требующие максимизации». Связь между y и x прямая

Влияние на x	x^T в негативной зоне	x^T в желаемой или позитивной зоне
x^T увеличивается	<i>Следует выполнить</i>	<i>Следует выполнить</i>
x^T не меняется	<i>Иное воздействие на y Искать проблемы в x</i>	<i>Иное воздействие на y</i>
x^T уменьшается	<i>Не следует выполнять</i>	<i>Не следует выполнять</i>

Таблица 73 — Показатель y в группе «Факторы, требующие максимизации», показатель x в группе «Факторы, требующие максимизации». Связь между y и x обратная

Влияние на x	x^T в негативной зоне	x^T в желаемой или позитивной зоне
x^T увеличивается	<i>Не следует выполнять</i>	<i>Не следует выполнять</i>
x^T не меняется	<i>Иное воздействие на y Искать проблемы в x</i>	<i>Иное воздействие на y</i>
x^T уменьшается	<i>Не следует выполнять</i>	<i>Следует выполнить в ограниченных пределах</i>

Таблица 74 — Показатель y в группе «Факторы, требующие максимизации», показатель x в группе «Факторы, требующие минимизации». Связь между y и x прямая

Влияние на x	x^T в негативной зоне	x^T в желаемой или позитивной зоне
x^T увеличивается	<i>Не следует выполнять</i>	<i>Следует выполнить в ограниченных пределах</i>
x^T не меняется	<i>Иное воздействие на y Искать проблемы в x</i>	<i>Иное воздействие на y</i>
x^T уменьшается	<i>Следует выполнить</i>	<i>Не следует выполнять</i>

Таблица 75 — Показатель y в группе «Факторы, требующие максимизации», показатель x в группе «Факторы, требующие минимизации». Связь между y и x обратная

Влияние на x	x^T в негативной зоне	x^T в желаемой или позитивной зоне
x^T увеличивается	<i>Не следует выполнять</i>	<i>Не следует выполнять</i>
x^T не меняется	<i>Иное воздействие на y Искать проблемы в x</i>	<i>Иное воздействие на y</i>
x^T уменьшается	<i>Следует выполнить</i>	<i>Следует выполнить</i>

Таблица 76 — Показатель y в группе «Факторы, требующие минимизации», показатель x в группе «Факторы, требующие максимизации». Связь между y и x прямая

Влияние на x	x^T в негативной зоне	x^T в желаемой или позитивной зоне
x^T увеличивается	Не следует выполнять	Не следует выполнять
x^T не меняется	Иное воздействие на y Искать проблемы в x	Иное воздействие на y
x^T уменьшается	Не следует выполнять	Следует выполнить в ограниченных пределах

Таблица 77 — Показатель y в группе «Факторы, требующие минимизации», показатель x в группе «Факторы, требующие максимизации». Связь между y и x обратная

Влияние на x	x^T в негативной зоне	x^T в желаемой или позитивной зоне
x^T увеличивается	Следует выполнить	Следует выполнить
x^T не меняется	Иное воздействие на y Искать проблемы в x	Иное воздействие на y
x^T уменьшается	Не следует выполнять	Не следует выполнять

Таблица 78 — Показатель y в группе «Факторы, требующие минимизации», показатель x в группе «Факторы, требующие минимизации». Связь между y и x прямая

Влияние на x	x^T в негативной зоне	x^T в желаемой или позитивной зоне
x^T увеличивается	Не следует выполнять	Не следует выполнять
x^T не меняется	Иное воздействие на y Искать проблемы в x	Иное воздействие на y
x^T уменьшается	Следует выполнить	Следует выполнить

Таблица 79 — Показатель y в группе «Факторы, требующие минимизации», показатель x в группе «Факторы, требующие минимизации». Связь между y и x обратная

Влияние на x	x^T в негативной зоне	x^T в желаемой или позитивной зоне
x^T увеличивается	Не следует выполнять	Следует выполнить в ограниченных пределах
x^T не меняется	Иное воздействие на y Искать проблемы в x	Иное воздействие на y
x^T уменьшается	Не следует выполнять	Не следует выполнять

Рекомендация «Не следует выполнять» означает, что для данной комбинации прогноз указывает на то, что целевое действие приведет к ухудшению ситуации либо по одному из показателей, либо сразу по двум. Рекомендация «Следует выполнить» означает, что для данной комбинации прогнозируется улучшение по одному из показателей и не-

ухудшение по-другому. Рекомендация «Следует выполнить в ограниченных пределах» означает, что для данной комбинации запланированное воздействие приведет к улучшению y , но может ухудшить ситуацию с x таким образом, что x перейдет из позитивной зоны в желаемую или из желаемой в негативную, т.е. следует установить допустимые границы изменений для x .

Третий вариант работы будет эффективен, когда в системе накопиться достаточно большое количество наблюдений за показателями второго уровня. Здесь ЛПР, выбрав наблюдение x^T , соответствующее некоторому структурному изменению в показателе x , сможет проверить предположение о том, изменились ли статистические зависимости x с другими показателями.

При оценке показателей, характеризующие бизнес-процессы нижнего уровня, появляется возможность собрать в системе наибольшее количество наблюдений из всех трех уровней статистической подмодели, и точность прогнозов будет выше, чем на двух вышестоящих уровнях. Поэтому здесь целесообразно использовать следующую схему работы: ЛПР выбирает два показателя ПЭТП, причем один из них рассматривается как объясняющий поведение другого. Если обнаруживается статистическая связь между этими показателями, то пользователь может указать интересующие его значения объясняющего фактора и получить прогноз, как при этом поведет себя объясняемый фактор.

Кроме парной регрессии здесь возможно применение более сложного класса моделей — так называемой регрессионной модели с распределенными лагами вида

$$y_t = a + \sum_{k=0}^T b_k x_{t-k},$$

где y_t значение показателя ПЭТП в момент времени t , а x_{t-k} , $k = 0, 1, \dots, T$ — значения показателя, объясняющего поведение y , взятые в момент времени t и предшествующие ему моменты на T временных единиц ранее.

Такие модели естественны и правильно специфицированы в ситуациях, когда два параметра связаны таким образом, что воздействие единовременного изменения одного из них (x) на другой (y) сказывается в течение достаточно продолжительного периода времени, т.е. наблюдается распределенный во времени эффект воздействия. В случае ПЭТП логично предположить, что для некоторых его параметров влияние одного на другой происходит одномоментно (например, введение в эксплуатацию нового оборудования позволяет сразу увеличить объем производства), а для некоторых параметров имеет место распределенное во времени воздействие (например, влияние нового способа организации ПЭТП может проявиться не сразу, так как необходимо время для его внедрения и освоения).

В любом случае, по построенной модели при условии должного уровня ее качества можно будет прогнозировать значение y_t . Для большей точности не рекомендуется делать длительные прогнозы, следует ограничиться кратко- и среднесрочными вариантами.

Применение параметрических методов

При переходе к цифровому производству возникает требование разработки информационных интеллектуальных систем для сопровождения всех этапов производственного процесса, что позволяет повысить управляемость процессами, улучшить качество мониторинга за процессами, уменьшить производственные издержки, повысить прибыль компании и конкурентоспособность компании на рынке.

В рамках сокращения издержек на АО «Авиастар-СП» реализуется программа по рациональному выбору систем станочных приспособлений при технологической подготовке производства. В качестве одного из решений было предложено разработать автоматизированную систему поддержки принятия решения по выбору системы станочного приспособления (АСППР), которая осуществляла бы анализ конструкторско-технологических, экономических и организационных факторов самолетной детали и предполагаемого приспособления и выдавала рекомендации инженеру-технологу по заказу наиболее целесообразного вида технологической оснастки. Основными видами технологической оснастки были выбраны универсально-сборные приспособления (УСП) и неразборные специальные приспособления (НСП).

В общем случае выбор решения на множестве альтернатив представляет собой оптимизационную проблему при заданном критерии качества. Для рационального определения набора УСП и НСП наиболее существенными критериями выбора являются вид детали, вид технологической обработки, схема базирования, габариты обрабатываемой детали, точность обработки, материал, наличие поверхностей двойной кривизны и их расположение. В качестве множеств альтернатив выступают трудоёмкости проектирования и изготовления НСП и УСП.

Будем считать, что для некоторого цеха существует линия производства множества деталей и сборок $D = \{D_1, \dots, D_{N^{\text{дет}}}\}$ ($N^{\text{дет}}$ — количество видов деталей и сборок в цехе z) с использованием множества неразборных специальных приспособлений $\text{НСП} = \{\text{НСП}_1, \dots, \text{НСП}_{N^{\text{нсп}}}\}$ ($N^{\text{нсп}}$ — количество НСП в цехе z) и множества универсально-сборных приспособлений $\text{УСП} = \{\text{УСП}_1, \dots, \text{УСП}_{N^{\text{усп}}}\}$ ($N^{\text{усп}}$ — количество УСП в цехе). При этом имеют место соответствия:

$$\varphi^{\text{нсп}} \subseteq D \times \text{НСП}, \varphi^{\text{усп}} \subseteq D \times \text{УСП},$$

определяющие принадлежность видов деталей и сборок $D_{i^{\text{дет}}}$ к видам $\text{НСП}_{i^{\text{нсп}}}$ и $\text{УСП}_{i^{\text{усп}}}$ ($i^{\text{дет}} \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $i^{\text{нсп}} \in \{1, 2, \dots, N^{\text{нсп}}\}$, $i^{\text{усп}} \in \{1, 2, \dots, N^{\text{усп}}\}$) из множеств D , НСП и УСП соответственно.

Предположим, что на заданный период времени M (измеряется в месяцах) поступает потребность в производстве определенного количества деталей и сборок в объемах $V = \{V(1), V(2), \dots, V(M)\}$. Здесь $V(t)$ — множество требуемых значений объемов деталей и сборок в месяц t ; $V(t) = (V_1(t), V_2(t), \dots, V_{N^{\text{дет}}}(t))$, $V_j(t)$ — плановый объем деталей вида j .

Распределение объемов по НСП и УСП является неоднозначным и может определяться на основе некоторого критерия качества. Выделим некоторые наиболее важные характеристики, по которым дифференцируется выбор УСП и НСП: производительность, риски при использовании в производственном процессе, себестоимость. Каждая из характеристик может определять критерий качества при выборе приспособлений для выполнения производственного плана.

Введем обозначения для производительностей УСП и НСП:

p_{1ij} — производительность УСП вида i при производстве деталей вида j , $j \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $i \in \{1, 2, \dots, N^{\text{усп}}\}$ (количество деталей за 1 месяц);

p_{2ij} — производительность НСП вида i при производстве деталей вида j , $j \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $i \in \{1, 2, \dots, N^{\text{нсп}}\}$ (количество деталей за 1 месяц).

При планировании производственной деятельности можно регулировать количество УСП и НСП разного вида, а также длительность использования приспособлений.

Введем следующие переменные:

$x_{1ij}(t)$ — количество УСП вида i , необходимых для производства деталей вида j , в момент времени t , $j \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $t \in \{1, 2, \dots, M\}$, $i \in \{1, 2, \dots, N^{\text{УСП}}\}$;

$x_{2ij}(t)$ — количество НСП вида i , необходимых для производства деталей вида j , в момент времени t , $j \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $t \in \{1, 2, \dots, M\}$, $i \in \{1, 2, \dots, N^{\text{НСП}}\}$;

τ_{1ij} — непрерывная длительность работы УСП вида i при производстве деталей вида j , $j \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $i \in \{1, 2, \dots, N^{\text{УСП}}\}$ (количество месяцев, в долях);

τ_{2ij} — непрерывная длительность работы НСП вида i при производстве деталей вида j , $j \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $i \in \{1, 2, \dots, N^{\text{НСП}}\}$ (количество месяцев, в долях).

В этом случае величина $Q_j(t)$

$$Q_j(t) = \sum_{i: (D_j, \text{УСП}_i) \in \varphi^{\text{УСП}}} x_{1ij}(t) p_{1ij} + \sum_{i: (D_j, \text{НСП}_i) \in \varphi^{\text{НСП}}} x_{2ij}(t) p_{2ij},$$

определяет количество деталей вида j , производимых в цехе за месяц t .

Очевидно, что выбор наборов из множества

$$\begin{aligned} X(t) = \{x(t): x(t) = (x_1(t), x_2(t)), x_1(t) \in \mathbb{R}^{N^{\text{УСП}} \times N^{\text{дет}}}, x_2(t) \\ \in \mathbb{R}^{N^{\text{НСП}} \times N^{\text{дет}}}, x_{1ij}(t), x_{2kj}(t): 1 \leq j \\ \leq N^{\text{дет}}, (D_j, \text{УСП}_i) \in \varphi^{\text{УСП}}, (D_j, \text{НСП}_k) \in \varphi^{\text{НСП}}\} \end{aligned}$$

является неоднозначным и должен удовлетворять ряду естественных ограничений.

В частности, площадь цеха в один временной такт может не позволить использовать все варианты множества $X(t)$. Введем множество A — множество возможных вариантов размещения наборов УСП и НСП в цехе. Задача оптимального размещения оборудования в цехе является отдельной сложной логистической производственной задачей, которая не рассматривается в данном исследовании, поэтому будем считать, что множество A задается экспертами.

Также есть ограничения, связанные с использованием трудовых ресурсов. Пусть известна вектор-функция $L(t) = (L_1(t), L_2(t), \dots, L_{N^{\text{ТР}}}(t))$, здесь $1 \leq t \leq M$, $N^{\text{ТР}}$ — количество видов трудовых ресурсов различной квалификации, $L_i(t)$ — количество трудовых ресурсов вида i , которые могут быть использованы во временной такт t . Значения функции $L(t)$ определяются штатным расписанием, графиком отпусков, другими факторами. Согласно нормам технологических процессов для каждого вида УСП и НСП на соответствующую деталь требуются фиксированные затраты трудовых ресурсов соответствующей квалификации.

Введем обозначение для нормозатрат по трудовым ресурсам:

a_{1ij} — вектор норм затрат трудовых ресурсов в i -м УСП для j -й детали, $a_{1ij} = (a_{1ij1}, a_{1ij2}, \dots, a_{1ijN^{\text{ТР}}})$, a_{1ijk} — норма затрат трудовых ресурсов k -го вида для обеспечения функционирования i -го УСП, детали вида j ;

a_{2lj} — вектор норм затрат трудовых ресурсов в l -м НСП для j -й детали, $a_{2lj} = (a_{2lj1}, a_{2lj2}, \dots, a_{2ljN^{\text{ТР}}})$, a_{2ljk} — норма затрат трудовых ресурсов k -го вида для обеспечения функционирования l -го НСП, детали вида j .

Таким образом, вектор трудовых затрат $\tilde{L}^j(t)$, направленный на производство детали вида j , может быть вычислены по формуле:

$$\tilde{L}^j(t) = \sum_{i:(D_j, \text{УСП}_i) \in \varphi^{\text{УСП}}} x_{1ij}(t) a_{1ij} + \sum_{i:(D_j, \text{НСП}_i) \in \varphi^{\text{НСП}}} x_{2ij}(t) a_{2ij}.$$

Таким образом полные трудовые затраты $\tilde{L}(t) = \sum_{j=1}^{N^{\text{дет}}} \tilde{L}^j(t)$, т.е. составляют сумму затрат по каждому виду деталей. Условие обеспеченности трудовыми ресурсами можно записать в виде

$$\tilde{L}(t) \leq L(t).$$

Важным фактором при принятии решения является стоимость затрат, связанных с выбором того или иного набора УСП и НСП. Рассмотрим финансовые затраты, влияющие на стоимость продукции при проектировании и изготовлении различных наборов УСП и НСП. Пусть c_{1ij}, c_{2lj} — приведенная к началу периода планирования стоимость затрат, связанных с проектированием и изготовлением i -й УСП и l -й НСП для j -й детали, соответственно. Если до начала периода планирования НСП или УСП не были запущены в действие, то значения c_{1ij}, c_{2lj} представляют полную стоимость затрат на проектирование и изготовление. Если же приспособление было использовано в процессе производства какой-то период времени, то часть стоимости проектирования и изготовления списывается пропорционально номинальному времени работы приспособления, а остаток записывается в c_{1ij}, c_{2lj} , соответственно.

В этом случае общая стоимость затрат $C_{\Pi j}(t)$ от проектирования и изготовления УСП и НСП для деталей вида j , перенесенных на продукцию за один такт, может быть вычислена по формуле:

$$C_{\Pi j}(t) = \sum_{i:(D_j, \text{УСП}_i) \in \varphi^{\text{УСП}}} \frac{x_{1ij}(t) c_{1ij}}{\tau_{1ij}} + \sum_{l:(D_j, \text{НСП}_l) \in \varphi^{\text{НСП}}} \frac{x_{2lj}(t) c_{2lj}}{\tau_{2lj}}.$$

Также различные виды приспособлений требуют использования трудовых ресурсов различной квалификации, следовательно, различной стоимости трудового часа. Введем норму оплаты c_{Lk} трудовых ресурсов вида k , установим норму в виде оплаты за один временной такт (месяц). Тогда общая оплата труда $C_{Lj}(t)$ за один временной такт по деталям вида j определяется скалярным произведением:

$$C_{Lj}(t) = \sum_{k=1}^{N^{\text{ТР}}} \tilde{L}_k^j(t) c_{Lk}.$$

Также к переменным затратам можно отнести затраты, связанные с поддержкой функционирования УСП и НСП, такие как амортизация приспособлений, затраты электрической энергии и т.д. Введем нормы затрат b_{1ij}, b_{2ij} на единицу УСП и НСП, соответственно. В этом случае переменные затраты $C_{bj}(t)$ можно рассчитать:

$$C_{bj}(t) = \sum_{i:(D_j, \text{УСП}_i) \in \varphi^{\text{УСП}}} x_{1ij}(t)b_{1ij} + \sum_{i:(D_j, \text{НСП}_i) \in \varphi^{\text{НСП}}} x_{2ij}(t)b_{2ij}.$$

Таким образом, суммарные денежные затраты $C_j(t)$ на один такт времени, определяемые поддержкой приспособлений УСП и НСП для деталей вида j , а также валовым выпуском продукции, представляют собой сумму определенных выше затрат:

$$C_j(t) = C_{Пj}(t) + C_{Lj}(t) + C_{bj}(t).$$

Важным моментом в производственном процессе является стабильность функционирования системы, надежность всех элементов обеспечения планируемых валовых показателей выпускаемой продукции. Рассмотрим наиболее существенные риски, вызванные функционированием УСП и НСП: временные потери, финансовые потери, бракованная продукция. К факторам, определяющим вышеперечисленные риски, следует отнести квалификацию персонала, вид приспособлений, интенсивность загрузки приспособлений.

Введем следующие случайные величины ($j \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $t \in \{1, 2, \dots, M\}$, $i \in \{1, 2, \dots, N^{\text{УСП}}\}$, $l \in \{1, 2, \dots, N^{\text{НСП}}\}$):

$\xi_{1ij}(t)$ — финансовые потери при использовании i -го УСП для детали вида j в момент времени t ;

$\eta_{1ij}(t)$ — временные потери при использовании i -го УСП для детали вида j в момент времени t (количество месяцев);

$\zeta_{1ij}(t)$ — объем брака при использовании i -го УСП для детали вида j в момент времени t ;

$\xi_{2lj}(t)$ — финансовые потери при использовании l -го НСП для детали вида j в момент времени t ;

$\eta_{2lj}(t)$ — временные потери при использовании l -го НСП для детали вида j в момент времени t (количество месяцев);

$\zeta_{2lj}(t)$ — объем брака при использовании l -го НСП для детали вида j в момент времени t .

В силу естественных ограничений величины $\xi_{1ij}(t)$, $\eta_{1ij}(t)$, $\zeta_{1ij}(t)$, $\xi_{2lj}(t)$, $\eta_{2lj}(t)$, $\zeta_{2lj}(t)$ неотрицательны, в общем случае значения величин подвержены временному влиянию. Оценка данных величин может быть проведена на основе статистического анализа, в котором можно определить возможный сезонный характер рисков, постоянство рисков и т.д.

За счет выбора факторов, определяющих производственную деятельность предприятия, можно изменять те или иные критерии, которые наиболее важны при принятии управленческого решения.

Также следует отметить, что длительность использования приспособлений УСП и НСП определяется управленческим решением. Однако для каждого вида приспособления

есть нормативный срок работы, превышение этого срока влечет увеличение рисков: повышение количества брака, увеличение финансовых затрат, временные задержки.

Введем нормативные сроки использования приспособлений:

τ_{1ij}^H — нормативный срок длительности работы УСП вида i при производстве деталей вида j , $j \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $i \in \{1, 2, \dots, N^{\text{УСП}}\}$ (количество месяцев);

τ_{2lj}^H — нормативный срок длительности работы НСП вида l при производстве деталей вида j , $j \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $l \in \{1, 2, \dots, N^{\text{НСП}}\}$ (количество месяцев).

Рассмотрим следующие случайные величины:

при $j \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $t \in \{1, 2, \dots, M\}$, $i \in \{1, 2, \dots, N^{\text{УСП}}\}$

$$\xi_{1ij}(t) = \begin{cases} \xi_{1ij}(t), \tau_{1ij} \leq \tau_{1ij}^H; \\ \xi_{1ij}(t) (1 + \alpha_{1ij}(\tau_{1ij} - \tau_{1ij}^H)), \tau_{1ij} > \tau_{1ij}^H. \end{cases}$$

$$\tilde{\eta}_{1ij}(t) = \begin{cases} \eta_{1ij}(t), \tau_{1ij} \leq \tau_{1ij}^H; \\ \eta_{1ij}(t) (1 + \beta_{1ij}(\tau_{1ij} - \tau_{1ij}^H)), \tau_{1ij} > \tau_{1ij}^H. \end{cases}$$

$$\tilde{\zeta}_{1ij}(t) = \begin{cases} \zeta_{1ij}(t), \tau_{1ij} \leq \tau_{1ij}^H; \\ \zeta_{1ij}(t) (1 + \gamma_{1ij}(\tau_{1ij} - \tau_{1ij}^H)), \tau_{1ij} > \tau_{1ij}^H. \end{cases}$$

при $j \in \{1, 2, \dots, N^{\text{дет}}\}$, $t \in \{1, 2, \dots, M\}$, $l \in \{1, 2, \dots, N^{\text{НСП}}\}$

$$\xi_{2lj}(t) = \begin{cases} \xi_{2lj}(t), \tau_{2lj} \leq \tau_{2lj}^H; \\ \xi_{2lj}(t) (1 + \alpha_{2lj}(\tau_{2lj} - \tau_{2lj}^H)), \tau_{2lj} > \tau_{2lj}^H. \end{cases}$$

$$\tilde{\eta}_{2lj}(t) = \begin{cases} \eta_{2lj}(t), \tau_{2lj} \leq \tau_{2lj}^H; \\ \eta_{2lj}(t) (1 + \beta_{2lj}(\tau_{2lj} - \tau_{2lj}^H)), \tau_{2lj} > \tau_{2lj}^H. \end{cases}$$

$$\tilde{\zeta}_{2lj}(t) = \begin{cases} \zeta_{2lj}(t), \tau_{2lj} \leq \tau_{2lj}^H; \\ \zeta_{2lj}(t) (1 + \gamma_{2lj}(\tau_{2lj} - \tau_{2lj}^H)), \tau_{2lj} > \tau_{2lj}^H. \end{cases}$$

Введенные величины обозначают риски, соответствующие аналогичным рискам, если приспособления работают в штатном режиме, не превышая нормативные сроки, и значение соответствующих рисков растет (увеличивается математическое ожидание, дисперсия), если приспособления работают дольше установленных нормативов.

Формализуем выполнение принципа «точно в срок». Для обеспечения принципа «точно в срок» необходимо выполнение условия $Q_j(t) = V_j(t)$, $1 \leq j \leq N^{\text{дет}}$.

Принимая во внимание случайные временные задержки $\tilde{\eta}_{1ij}(t)$ i -го УСП для детали вида j , $\tilde{\eta}_{2lj}(t)$ l -го НСП для детали вида j , мы можем произвести переоценку реальной производительности приспособлений: вместо номинальной производительности p_{1ij} получаем производительность $\tilde{p}_{1ij}(t) = p_{1ij} / (1 + \tilde{\eta}_{1ij}(t))$, а вместо p_{2ij} получаем производительность $\tilde{p}_{2lj}(t) = p_{2ij} / (1 + \tilde{\eta}_{2lj}(t))$.

Различные способы производства порождают разные величины бракованной продукции $\tilde{\zeta}_{1ij}(t)$, $\tilde{\zeta}_{2lj}(t)$, которые не могут быть использованы в дальнейшем производстве или для реализации. Последнее означает, что для обеспечения необходимых плановых показателей следует произвести продукции больше на величину брака.

В этом случае ожидаемый объем выпуска $\tilde{Q}_j(t)$ будет случайной величиной и может быть рассчитан на основе выражения:

$$\begin{aligned} \tilde{Q}_j(t) = & \sum_{i:(D_j, \text{УСП}_i) \in \varphi^{\text{УСП}}} x_{1ij}(t) \left(\frac{p_{1ij}}{(1 + \tilde{\eta}_{1ij}(t))} + \tilde{\zeta}_{1ij}(t) \right) + \\ & + \sum_{i:(D_j, \text{НСП}_i) \in \varphi^{\text{НСП}}} x_{2ij}(t) \left(\frac{p_{2ij}}{(1 + \tilde{\eta}_{2lj}(t))} + \tilde{\zeta}_{2lj}(t) \right). \end{aligned}$$

Тогда для обеспечения принципа «точно в срок» условие $Q_j(t) = V_j(t)$, $1 \leq j \leq N^{\text{дет}}$ следует заменить на условие $\tilde{Q}_j(t) = V_j(t)$, $1 \leq j \leq N^{\text{дет}}$.

Введем множество $S_{JIT}(t)$ — множество допустимых наборов УСП и НСП, которые обеспечивают необходимое количество производимых деталей и сборок в заданное время согласно плана V :

$$S_{JIT}(t) = \{x(t): x(t) \in X(t) \cap A, \tilde{Q}_j(t) = V_j(t), 1 \leq j \leq N^{\text{дет}}, \tilde{L}(t) \leq L(t)\}.$$

С математической точки зрения множество $S_{JIT}(t)$ определяется совокупностью линейных ограничений типа равенств и неравенств, при этом в системе присутствуют случайные величины, которые в общем случае могут между собой коррелировать. Корреляция может быть обусловлена общей логистикой, системой управления, единым цехом и т.д. Если множество S_{JIT} имеет более одного решения, выбор решения, удовлетворяющего принципу «точно в срок», обуславливается введением дополнительного критерия качества.

В силу наличия в системе случайных величин применение стандартных методов оптимизации вызывает затруднения. Одним из вариантов решения проблемы является переход к детерминированной системе на основе замены случайных величин их средними значениями. В этом случае введем величину $\tilde{\tilde{Q}}_j(t)$:

$$\begin{aligned} \tilde{\tilde{Q}}_j(t) = & \sum_{i:(D_j, \text{УСП}_i) \in \varphi^{\text{УСП}}} x_{1ij}(t) \left(\frac{p_{1ij}}{(1 + M(\tilde{\eta}_{1ij}(t)))} + M(\tilde{\zeta}_{1ij}(t)) \right) + \\ & + \sum_{i:(D_j, \text{НСП}_i) \in \varphi^{\text{НСП}}} x_{2ij}(t) \left(\frac{p_{2ij}}{(1 + M(\tilde{\eta}_{2lj}(t)))} + M(\tilde{\zeta}_{2lj}(t)) \right). \end{aligned}$$

Таким образом, множество решений, удовлетворяющих принципу «точно в срок», можно представить множеством $\tilde{S}_{JIT}(t)$:

$$\bar{S}_{JIT}(t) = \{x(t): x(t) \in X(t) \cap A, \tilde{Q}_j(t) = V_j(t), 1 \leq j \leq N^{\text{дет}}, \tilde{L}(t) \leq L(t)\}.$$

Множество $\bar{S}_{JIT}(t)$ определяется детерминированной системой линейных уравнений и неравенств. Поиск единственного решения $x(\cdot) = (x(1), x(2), \dots, x(M))$ на множестве $\bar{S}_{JIT} = (\bar{S}_{JIT}(1), \bar{S}_{JIT}(2), \dots, \bar{S}_{JIT}(M))$ возможно с помощью критерия:

$$J_{JIT}(x(\cdot)) = \sum_{1 \leq t \leq M} \left(\sum_{i,j} (D(\tilde{\eta}_{1ij}(t))) + \sum_{l,j} (D(\tilde{\eta}_{2lj}(t))) \right).$$

Функционал $J_D(x(\cdot))$ представляет собой сумму дисперсий временных рисков, влияющих на выполнение «точно в срок».

Естественно поставить задачу поиска решения $x^*(\cdot)$ на основе минимизации рисков:

$$J_{JIT}(x^*(\cdot)) = \min_{x(\cdot) \in \bar{S}_{JIT}} (J_{JIT}(x(\cdot))).$$

Данная оптимизационная задача по существу включает в себя два важных принципа: «управление рисками» и «точно в срок». Инструментальное решение этой оптимизационной задачи может быть сведено к методам решения задач квадратичного программирования.

Эффективность деятельности производства сопряжена самым серьезным образом с финансовыми затратами на обеспечение этой деятельности. Таким образом, на любом предприятии одной из первостепенных задач является задача уменьшения себестоимости продукции для получения конкурентного преимущества на рынке.

Рассмотрим ту часть себестоимости производимой продукции, которая обусловлена деятельностью в цехе. Введем величину $pc_j(t)$ — себестоимость продукции вида j в момент времени t , которая формируется всеми УСП и НСП в текущий момент. Вычисление данной величины может быть представлено:

$$pc_j(t) = Q_j(t)/C_j(t).$$

Однако стоит отметить, что при большой диверсификации производства рассмотрение себестоимости каждого вида деталей не всегда корректно, гораздо важнее суммарная себестоимость всей продукции, производимой в цехе.

В связи с этим рассмотрим интегральную себестоимость всей продукции в цехе $PC(t)$ во временной такт t :

$$PC(t) = \frac{\sum_{j=1}^{N^{\text{дет}}} Q_j(t)}{\sum_{j=1}^{N^{\text{дет}}} C_j(t)}.$$

В процессе использования приспособлений возникают ситуации, когда требуются дополнительные финансовые средства, не учтенные в нормативных документах, на обеспечение деятельности приспособлений. К примеру, это могут быть сбои электроэнергии,

приводящие к поломке оборудования, штрафы, накладываемые проверяющими органами, и т.д. Введем ожидаемые затраты на производство деталей вида j :

$$\tilde{C}_{bj}(t) = \sum_{i:(D_j, \text{УСП}_i) \in \varphi^{\text{УСП}}} x_{1ij}(t)(b_{1ij} + \xi_{1ij}) + \sum_{i:(D_j, \text{НСП}_i) \in \varphi^{\text{НСП}}} x_{2ij}(t)(b_{2ij} + \xi_{2ij}).$$

В этом случае ожидаемые затраты $\tilde{C}_j(t)$ по каждому виду деталей j

$$\tilde{C}_j(t) = C_{\text{П}j}(t) + C_{Lj}(t) + \tilde{C}_{bj}(t).$$

Если принимать во внимание случайные воздействия, оказываемые на производство, можно получить представление интегральной себестоимости $\widetilde{PC}(t)$ в виде случайной величины

$$\widetilde{PC}(t) = \frac{\sum_{j=1}^{N^{\text{дет}}} \tilde{Q}_j(t)}{\sum_{j=1}^{N^{\text{дет}}} \tilde{C}_j(t)}.$$

Себестоимость по каждому виду деталей $\widetilde{pc}_j(t)$ может быть вычислена на основе соотношения

$$\widetilde{pc}_j(t) = \tilde{Q}_j(t)/\tilde{C}_j(t).$$

Себестоимость производимой продукции может быть задана при планировании производства. Пусть задана интегральная себестоимость PC^* , а также частные себестоимости по каждому виду деталей pc_j^* , $1 \leq j \leq N^{\text{дет}}$. В этом случае можно поставить условие обеспечения себестоимости в виде

$$\widetilde{PC}(t) \leq PC^*;$$

или в виде

$$\widetilde{pc}_j(t) \leq pc_j^*, 1 \leq j \leq N^{\text{дет}}.$$

Можно ввести стохастическое множество $S_{PC}(t)$ — множество решений с заданной себестоимостью

$$S_{PC}(t) = \{x(t): x(t) \in X(t) \cap A, \widetilde{PC}(t) \leq PC^*, \tilde{L}(t) \leq L(t)\}.$$

Если множество $S_{PC} = (S_{PC}(1), S_{PC}(2), \dots, S_{PC}(M))$ содержит более одного решения, то выбор единственного решения требует введения дополнительного критерия, например:

$$J_{PC}(x(\cdot)) = \sum_{1 \leq t \leq M} \left(\sum_{i,j} (D(\xi_{1ij}(t))) + \sum_{l,j} (D(\xi_{2lj}(t))) \right).$$

Для формулировки оптимизационной задачи введем величины

$$\tilde{\bar{c}}_{bj}(t) = \sum_{i:(D_j, \text{УСП}_i) \in \varphi^{\text{УСП}}} x_{1ij}(t)(b_{1ij} + M\tilde{\xi}_{1ij}) + \sum_{i:(D_j, \text{НСП}_i) \in \varphi^{\text{НСП}}} x_{2ij}(t)(b_{2ij} + M\tilde{\xi}_{2ij})$$

$$\tilde{\bar{c}}_j(t) = C_{\Pi j}(t) + C_{Lj}(t) + \tilde{\bar{c}}_{bj}(t).$$

В этом случае функция себестоимости может быть записана в детерминированном виде:

$$\widetilde{\bar{P}\bar{C}}(t) = \frac{\sum_{j=1}^{N^{\text{дет}}} \tilde{\bar{Q}}_j(t)}{\sum_{j=1}^{N^{\text{дет}}} \tilde{\bar{c}}_j(t)}.$$

Введем детерминированное множество решений с заданной себестоимостью $\bar{S}_{PC}$:

$$\bar{S}_{PC}(t) = \{x(t): x(t) \in X(t) \cap A, \widetilde{\bar{P}\bar{C}}(t) \leq PC^*, \tilde{L}(t) \leq L(t)\},$$

$$\bar{S}_{PC} = (\bar{S}_{PC}(1), \bar{S}_{PC}(2), \dots, \bar{S}_{PC}(M)).$$

Таким образом, можно сформулировать следующую оптимизационную задачу:

$$J_{PC}(x^*(\cdot)) = \min_{x(\cdot) \in \bar{S}_{PC} \cap \bar{S}_{IT}} (J_{PC}(x(\cdot))).$$

Данная задача состоит в минимизации рисков, связанных с увеличением себестоимости, при обеспечении планового выпуска продукции. Таким образом, решение данной задачи обеспечивает принципы: «под заданную себестоимость», «с учетом рисков», «точно в срок».

С точки зрения применения инструментария решения проблемы данную задачу можно отнести к классу задач нелинейного программирования и применять соответствующие методы, например, градиентные методы. Применение методов второго порядка весьма затруднительно в силу высокой размерности исходной оптимизационной задачи.

Таким образом, здесь предлагаются оптимизационные модели выбора необходимого количества УСП и НСП, а также сроков длительности их использования для обеспечения производственной деятельности цеха.

Реализация этих моделей как части системы поддержки принятия решений в общем комплексе информационной поддержки предприятия позволит лицам, принимающим решения, делать обоснованный управленческий выбор по проектированию и реализации УСП и НСП.

Предложенные модели соответствуют принципам управления: «точно в срок», «под заданную себестоимость», «с учетом рисков».

При программной реализации предложенных моделей необходимо использование численных методов решения задач нелинейного программирования высокой размерности.

Раздел 3

ИНТЕГРИРОВАННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПЛАНИРОВАНИЕМ АВИАСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

3.1. Определение интегрированной автоматизированной системы управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия на базе цифровых технологий

Под автоматизированной системой управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия (ИАС ПТП АП) в данной работе понимаем комплекс интегрированных программно-аппаратных решений, развёрнутых на предприятии и выполняющих поддержку методологии управления «точно в срок, под заданную себестоимость и с учётом рисков».

Для разработки автоматизированной системой управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия были решены следующие задачи:

- 1) разработка комплексной модели для моделирования деятельности предприятия с целью её оценки и управления;
- 2) разработка методологии «точно в срок, под заданную себестоимость и с учётом рисков»;
- 3) создания сценариев использования для оценки производственно-технологическая деятельность и управление электронными технологическими процессами;
- 4) разработка подмоделей для комплексной модели для разных бизнес-процессов производственно-технологической деятельности предприятия;
- 5) автоматизация деятельности по проектированию ЭТП и ведению ЭТД.

Для этого были выполнены следующие работы (рисунок 68):

1. Исследование и описание процессов планирования и управления предприятием:
 - определение основных элементов системы управления производством и производственно-технологического планирования;
 - определение производственных и технологических процессов, в том числе определение факторов и параметров, влияющих на целевые показатели деятельности предприятия;
 - определение ключевых показателей эффективности планирования деятельности предприятия;
 - исследование и описание процесса формирования полных электронных технологических процессов;
 - описание деятельности авиастроительного предприятия для построения комплексной модели (описание основных бизнес-процессов, структуры KPI, организационной структуры предприятия);
 - постановка задачи оценки производственно-технологической деятельности предприятия;
 - определение общей концепции комплексной модели и входящей в неё методологии «точно в срок, под заданную себестоимость, с учётом рисков».
2. Разработка проектных решений интегрированной комплексной модели оценки показателей деятельности авиастроительного предприятия для уровней:
 - математических моделей;
 - инфологических моделей;
 - информационной системы;
 - информационно-графовой модели (инструмента реализации метода управления предприятием);
 - регламентов.
3. Определены подмодели комплексной модели:
 - модель межцехового планирования с учётом производственных ограничений,
 - модель оценки модификации производственного плана для систем управления,
 - модель управления потребностью в режущем инструменте в механообрабатывающем цехе;
 - модель оценки инвестиционной деятельности предприятия;
 - модель оценки рекламной деятельности предприятия.
4. Определены схемы использования комплексной модели для решения задач (рисунок 69):
 - оценки производственно-технологической деятельности;
 - для мониторинга параметров ПЭТП;
 - для анализа параметров ПЭТП;
 - для оценки и управления параметрами ПЭТП.

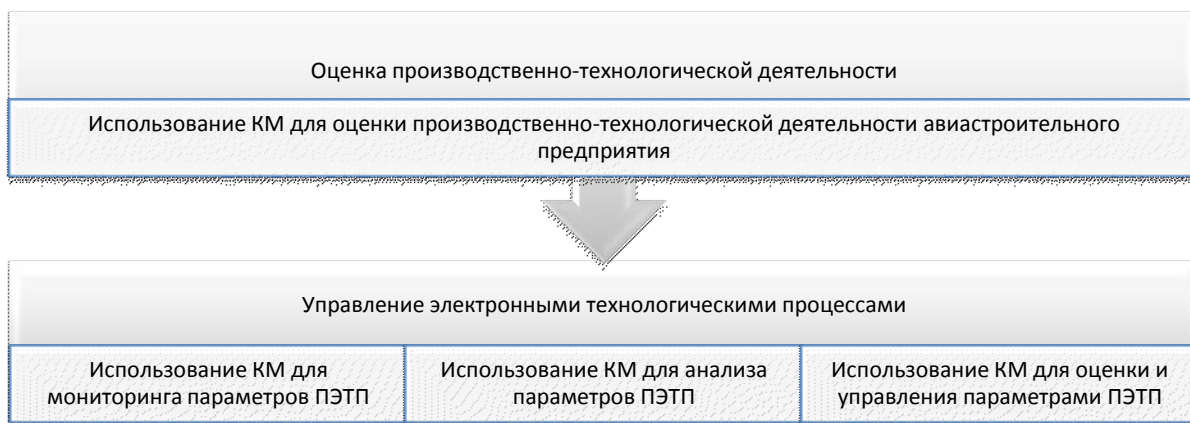


Рисунок 69 — Применение КМ в интегрированной автоматизированной системе управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия на базе цифровых технологий

5. Проектирование и разработка подсистем автоматизации производственно-технологического планирования авиастроительного предприятия:

- подсистемы проектирования ЭТП;
- подсистемы ведения комплекта ЭТД;
- инструмента оценки деятельности предприятия;
- модулей реализации комплексной модели;

6. Аprobация и внедрение в деятельность АО «Авиастар-СП»:

- подсистемы проектирования ЭТП;
- подсистемы ведения комплекта ЭТД.

Интегрированная автоматизированная система управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия должна работать в парадигме цифрового производства и полностью автоматизировать процессы управления производственно-технологическим планированием, содержать модели управления и ориентироваться на данные и требования конкретного предприятия, для обеспечения этого процесса должен интеллектуально поддерживаться каждый из этапов и оцениваться в процессе и после завершения. Схема использования системы приведена на рисунке 70.

Основные этапы производственно-технологической деятельности:

1) планирование производства, которое выполняется в автоматизированной системой планирования;

2) конструкторско-технологическая подготовка производства, которая выполняется в САПР ТП и др.;

3) производства и сборки продукции требуют контроля и оценки (по заданным критериям с учётом настроенной системы КРІ предприятия) как в процессе их выполнения, так и заключительной оценки после завершения этапов для эффективного выполнения, именно эти задачи и берет на себя автоматизированная система управления производственно-технологическим планированием.

При этом после получения текущих и итоговых оценок возможна разработка корректирующих мероприятий по выравниванию производства и реинжинирингу бизнес-процессов с привлечением компетентных экспертов.

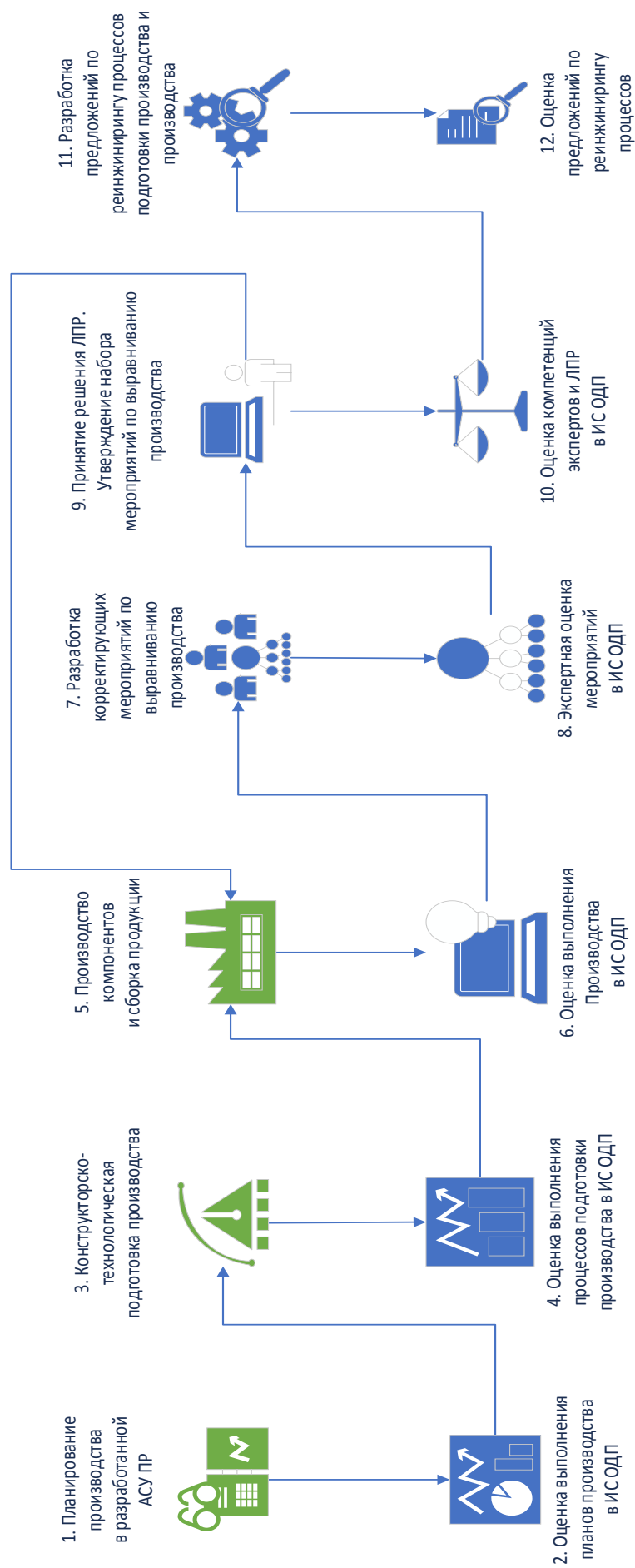


Рисунок 70 — Этапы использования интегрированной автоматизированной системы управления производственно-технологическим планированием авиационного предприятия

На этапе конструкторско-технологической подготовки в автоматизированной системе обеспечивается информационная поддержка деятельности конструкторов и технологов в автоматизированных системах:

- автоматизированное формирование ЭТП;
- автоматизированное ведение комплектов ПЭТД;
- выполняется контроль параметров ТП с учётом заданных критериев.

В рамках данной работы разработана концепция такой интегрированной системы, общая модель для управления и оценки (комплексная модель), подмодели для контроля и оценки отдельных задач планирования и управления на разных структурных уровнях организации, а также выполнены автоматизация процессов для технологической подготовки производства. Данная система требует дальнейшей проработки подмоделей и автоматизации процессов.

Реализация и внедрение интегрированной автоматизированной системы управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия является крупной задачей, и в рамках проекта была доведена до этапа реализации программной системы часть задач по моделированию и оценке деятельности предприятия, а до этапа внедрения доведена задача автоматизации процесса проектирования ЭТП.

Рассмотрим ниже структуру разработанных программных средств, являющихся элементами интегрированной автоматизированной системы управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия.

3.2. Структура программных модулей ИАС ПТП АП

ИАС ПТП АП является комплексом программных средств, интегрируемых на базе КМ, решает широкий круг задач, и в процессе выполнения работы были выделены приоритетные задачи из разных бизнес-процессов производственно-технологической деятельности, предложены пути их решения и выполнена программная реализация.

Структура реализованных и апробированных модулей ИАС ПТП АП представлена на рисунке 71 и включает модули:

- реализации элементов комплексной модели;
- поддержки конструкторско-технологической подготовки производства, а именно:
 - проектирования ЭТП;
 - ведения комплекта ЭТД;
- расчёта и анализа аэрогидродинамического взаимодействия упругого тела с окружающей средой (с возможностью выдачи рекомендаций);
- автоматизированного проектирования ложементов средств технологического оснащения;
- расчёта рекламных затрат;
- проектирования 3D ГИС и компьютерного моделирования 3-мерной ситуационной обстановки.

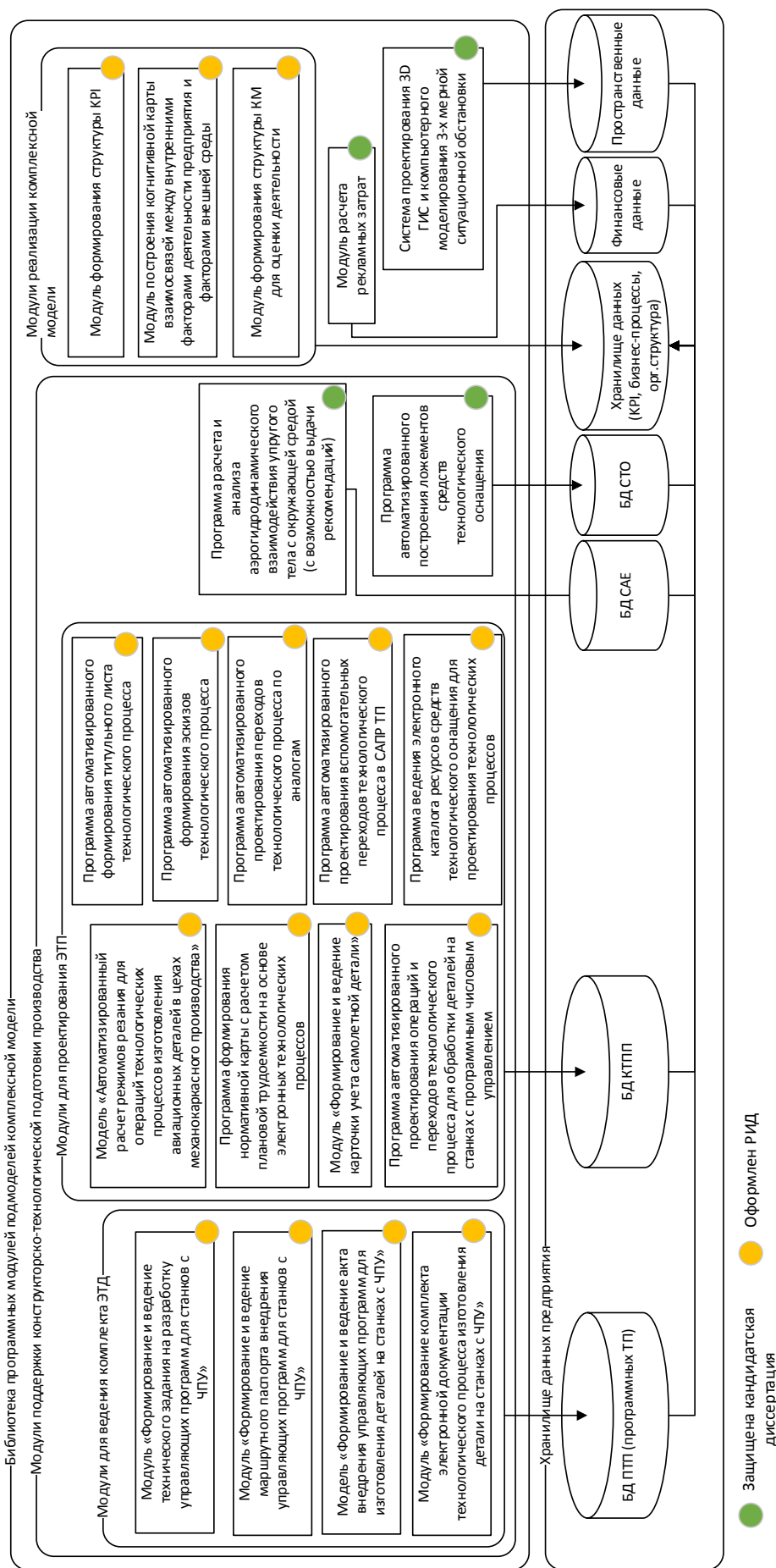


Рисунок 71 — Схема реализации модулей ИАС ПТП АП на базе комплексной модели

Выбранные задачи являются типовыми для производственно-технологической деятельности крупного предприятия, и их автоматизация и интеллектуализация выполняются в различных видах ИС жизненного цикла изделия. Для построения хранилища данных была выбрана СУБД Oracle (выбор обоснован широкими функциональными возможностями, соответствием требованиям ИАС ПТП АП, а также информационной инфраструктурой предприятия ОА «Авиастар-СП», на котором выполнялось развёртывание и внедрение модулей ИАС ПТП АП).

Так как производственно-технологические задачи автоматизировались и вне рамок ИАС ПТП АП в различных системах (САПР ТП «ТЕМП2», ANSYS, Siemens NX, ГИС и др.), то модули ИАС ПТП АП стали их надстройкой/расширением (рисунок 72).

Рассмотрим ниже более подробно каждый модуль.

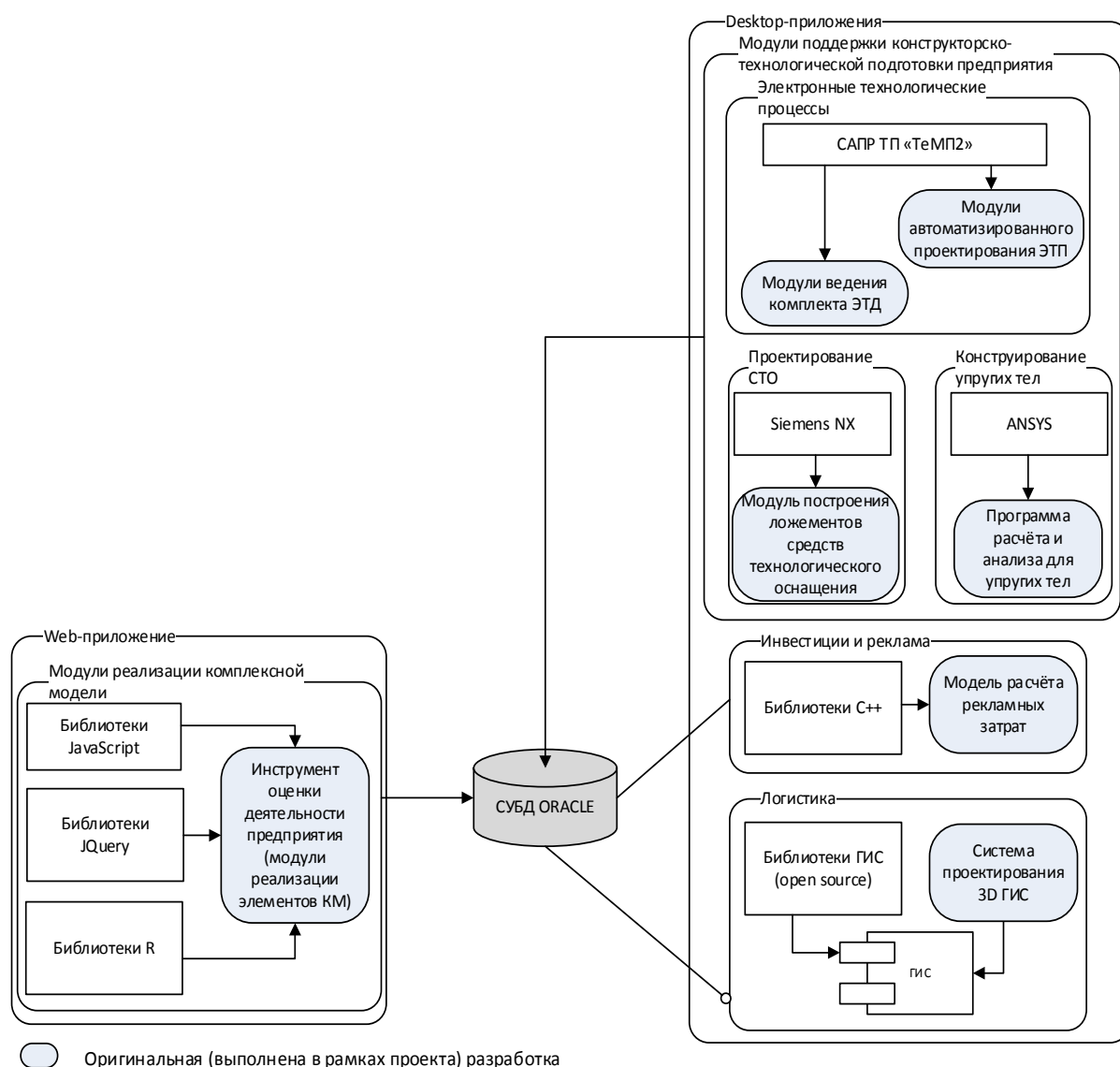


Рисунок 72 — Структурная модель реализации модулей ИАС ПТП АП на базе комплексной модели

3.3. Реализация программных модулей ИАС ПТП АП

3.3.1. Модули реализации элементов комплексной модели

Модули реализации комплексной модели реализуют функциональные возможности по построению структуры КМ и оценке производственно-технологической деятельности предприятия.

Общая схема использования модулей КМ на примере оценке планов представлена на рисунке 73.



Рисунок 73 — Роль и место инструмента оценки деятельности в информационной среде предприятия

Модули реализации элементов КМ позволяют обеспечить:

- гибкую настройку набора и структуры KPI и KRI, способную адаптироваться к быстро изменяющимся условиям внешней и внутренней среды с учётом специфики предприятия;
- взаимосвязь KPI и KRI с бизнес-процессами предприятия, организационной структурой, функциями процессов (KPI и KRI должны быть чётко распределены по зонам ответственности);
- контроль отклонений от установленных норм KPI и KRI;
- анализ значений временных рядов показателей (парная и множественная регрессия), прогнозирование значений временных рядов показателей;
- возможность экспертного оценивания взаимосвязей показателей и способов их контроля.

Модули реализации элементов комплексной модели объединены общим web-интерфейсом, который предоставляет возможность:

- формирования структуры KPI:
 - задавать характеристики показателя, в том числе указывать интервалы допустимых значений и родительский показатель (рисунок 74);
 - вести систему KPI с привязкой к группе, бизнес-процессу, перспективе и подразделению (рисунок 75);
 - просматривать показатели в виде схемы (рисунок 76);
 - определять характеристики и элементы бизнес-процесса (рисунок 77);
 - просматривать схему бизнес-процесса (рисунок 78);
 - вести справочники предприятия (организационные, функциональные и т.д., используются как срезы в агрегированных показателях) (рисунок 79);
- формирования структуры КМ (возможно после определения схемы KPI, бизнес-процессов и организационной структуры);
 - окно просмотра структуры КМ (рисунок 80);
- построения когнитивной карты взаимосвязей между внутренними факторами деятельности предприятия и факторами внешней среды (рисунок 81);
- построения параметрической подмодели в КМ (рисунок 82);
- построения статистической подмодели в КМ (рисунок 83).

The screenshot shows a web application window titled 'sv.ulsu.ru:6030 — Подключение к удаленному рабочему столу'. The main heading is 'Определение показателя'. Below it is a navigation bar with tabs: 'Общее' (selected), 'Место в структуре KPI', 'Ответственные', 'Измерения(Справочники)', 'Таблица и просмотры', and 'Расчёт'. The 'Общее' tab contains a form with the following fields: 'Идентификатор' (value: 42), 'Название показателя' (value: Количество планов, составленных с помощью автоматизированных систем), 'Показатель-родитель' (empty), 'Единица измерения' (dropdown), 'Сокращение' (empty), 'Тип показателя' (dropdown), 'Частота расчета' (dropdown), 'Минимально допустимое значение показателя' (empty), 'Максимально допустимое значение показателя' (empty), and 'Описание' (value: 21231_38). At the top left of the form area are buttons 'Сохранить' and 'Удалить показатель'.

а) задание общих характеристик показателя

The screenshot shows the same web application window, but with the 'Таблица и просмотры' tab selected. The navigation bar remains the same. The 'Таблица и просмотры' section contains three numbered items: 1. 'Таблица для хранения базовых значений показателя с учетом выбранных справочников' (For basic and normative indicators) with buttons 'Создать таблицу для хранения значений' and 'Удалить таблицу для хранения значений и все значения'; 2. 'Просмотр для получения значений всех полей подключенных справочников' (For basic indicators) with buttons 'Создать просмотр объединения данных', 'Удалить просмотр', and 'Посмотреть данные просмотра'; 3. 'Формирование просмотра (куба) с агрегированием по всем справочникам' (For basic indicators) with a dropdown for 'Функция для агрегации значений' (set to 'максимальное'), a 'Сохранить' button, and buttons 'Создать куб', 'Удалить куб', and 'Посмотреть данные куба'.

б) определение схемы агрегации показателя по уровням
(с учётом подключённых к показателю справочников)

Рисунок 74 — Окно задания значений показателя

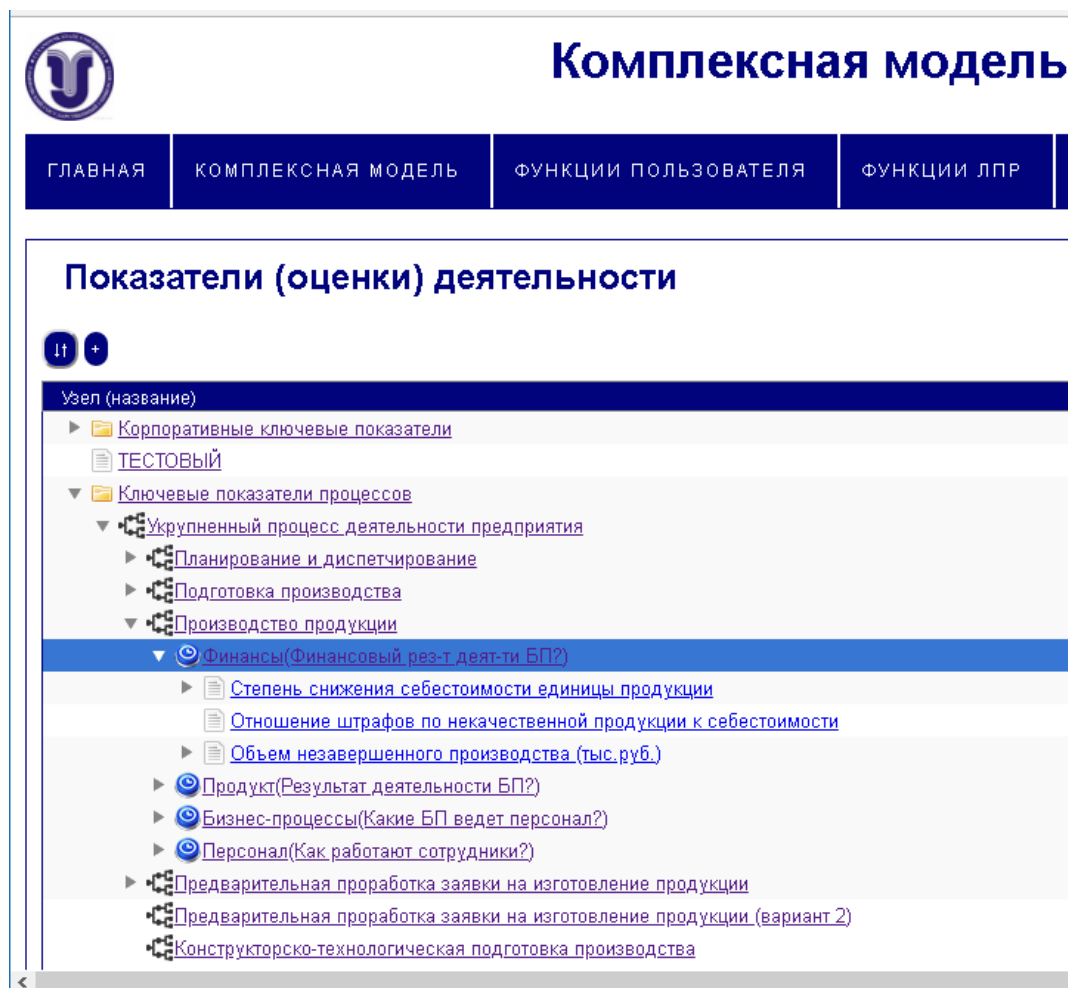


Рисунок 75 — Окно просмотра структуры KPI

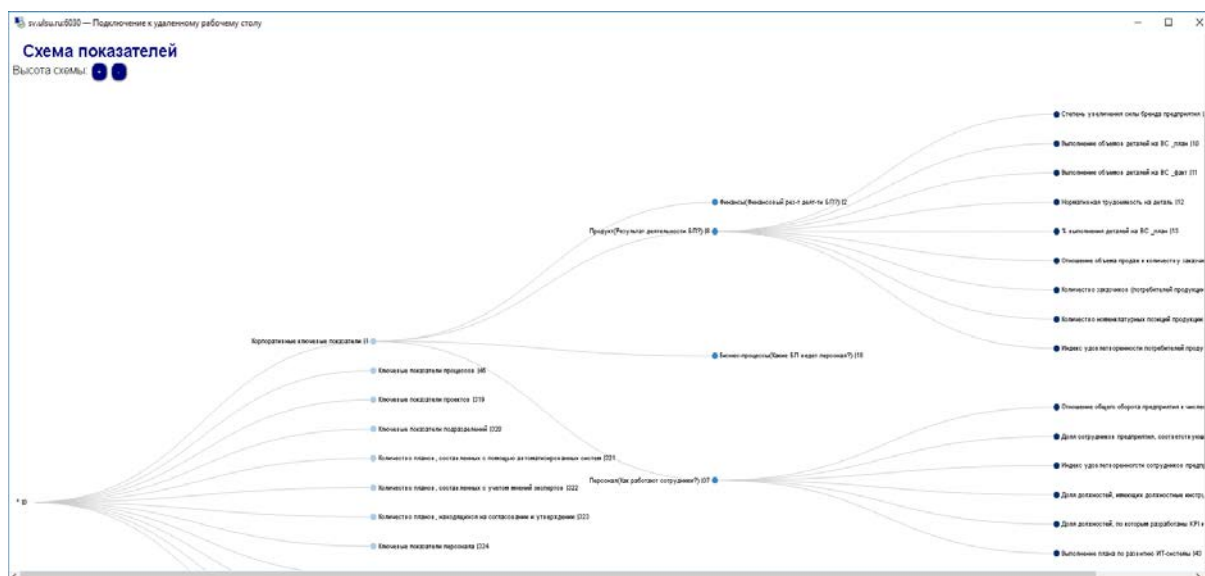


Рисунок 76 — Окно просмотра схемы системы KPI

Рисунок 77 — Окно задания параметров бизнес-процесса

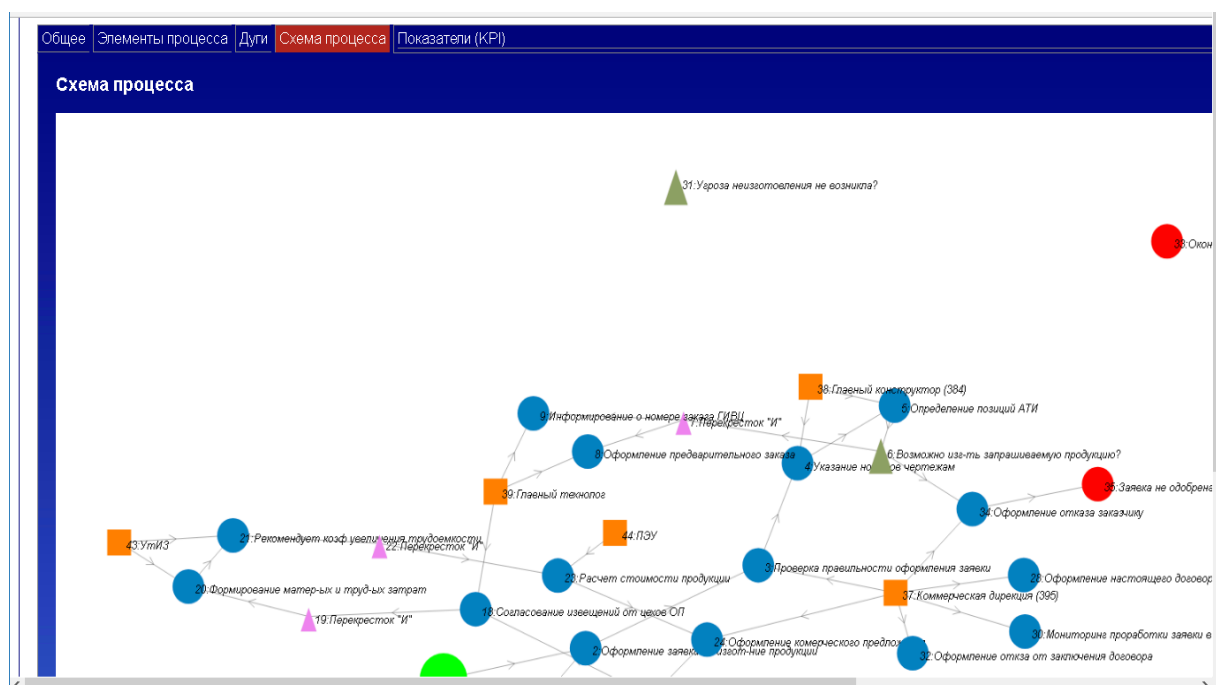


Рисунок 78 — Окно пространства схемы элементов бизнес-процесса



Система управления процессами цифрового производства высокотехнологичных изделий на базе комплексной модели оценки деятельности предприятия

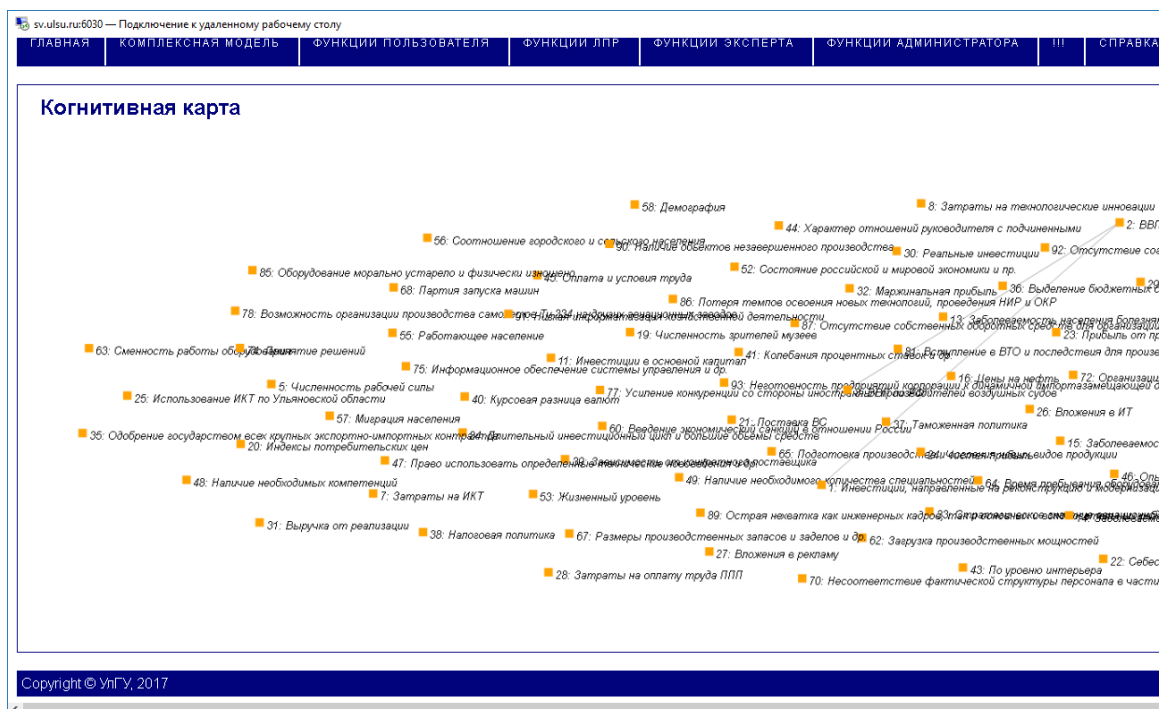


Рисунок 81 — Окно просмотра когнитивной карты

Рисунок 82 — Окно задания параметрической модели

Граф взаимосвязей между факторами

Описание

Исследуется взаимная зависимость выбранных факторов между собой. Если зависимость обнаружена, вершины, соответствующие факторам, соединяются между собой. Красный цвет означает, что увеличение (уменьшение) одного фактора ведет к уменьшению (увеличению) другого. Зеленый цвет означает, что увеличение (уменьшение) одного фактора ведет к увеличению (уменьшению) другого.

Полученная схема

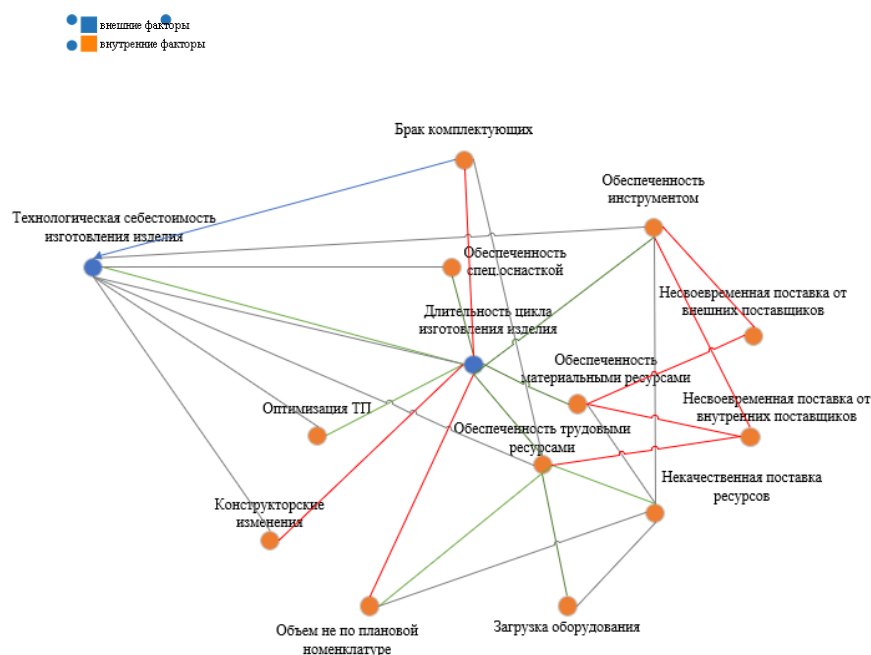


Рисунок 83 — Окно визуализации статистической модели

Ниже описаны более подробно 3 модуля реализации элементов КМ.

Модуль формирования структуры КМ для оценки деятельности

Выполняемая задача

Назначение модуля формирования структуры КМ для оценки деятельности: формирование структуры комплексной модели для оценки деятельности предприятия на базе информации об организационной структуре предприятия, имеющихся бизнес-процессах и структуре КРІ предприятия.

Задача автоматизирует работу аналитиков в сфере управления деятельностью предприятия.

Функциональное описание

Модуль формирования структуры КМ для оценки деятельности реализует функции:

- на основе данных из базы о бизнес-процессах, КРІ и структуре предприятия формирование узлов комплексной модели и связей между ними;
- отображение структуры комплексной модели в древовидном виде (с повторами узлов при их использовании в нескольких ветвях дерева).

Описание принципов функционирования

Описание структуры хранения данных модуля формирования структуры КМ для оценки деятельности и алгоритмов работы представлено в разделе 2. Разработка комплексной модели для управления производственно-технологическими процессами цифрового предприятия.

Описание реализации

Решение представляет собой клиент-серверное web-приложение.

Тип реализующей ЭВМ: Семейство x86.

Язык программирования: PHP, JavaScript, СУБД Oracle (PL/SQL), плагин VEGA, библиотека JQuery.

Вид и версия операционной системы: Microsoft Windows 7 и выше.

Входные и выходные данные для комплексной модели

Входными данными для модуля являются:

- организационная структура предприятия (множество структурных элементов с указанием иерархических связей);
- бизнес-процессы (множество процессов и элементов процессов);
- КРІ (множество параметров и их атрибутов).

Выходными данными для модуля являются:

- структура КМ в виде графа (связанных массивов узлов и дуг).

Роль в комплексной модели

Модуль используется для построения структуры КМ при первом запуске системы и при внесении изменения в организационную, функциональную (бизнес-процессы) или контролируемую (КРІ) систему предприятия, полученная структура используется для определения взаимосвязей между подмоделями КМ (подмодели связываются с конкретными КРІ и задачами бизнес-процессов).

Модуль формирования структуры КРІ предприятия и ведения базы их значений

Выполняемая задача

Назначение модуля формирования структуры КРІ предприятия и ведения базы их значений: формирование хранилища КРІ предприятия.

Задача автоматизирует работу аналитиков в сфере управления деятельностью предприятия.

Функциональное описание

Модуль формирования структуры КРІ предприятия и ведения базы их значений реализует функции:

- формирование структуры КРІ с учётом уровня управления, имеющихся бизнес-процессов и перспектив управления;
- формирование структуры база данных для значений КРІ;
- ведение сформированной базы КРІ;
- получение агрегированных значений по показателям в выбранном разрезе (с учётом подключённых измерений-справочников к показателю).

Описание принципов функционирования

Описание структуры хранения данных структуры КРІ предприятия и ведения базы их значений и алгоритмов работы представлено в разделе 2.

Описание реализации

Решение представляет собой клиент-серверное web-приложение.

Тип реализующей ЭВМ: Семейство x86.

Язык программирования: PHP, JavaScript, СУБД Oracle (PL/SQL), плагины Tabulator, Ludo_TreeTable, Vega, библиотеки JQuery.

Вид и версия операционной системы: Microsoft Windows 7 и выше.

Входные и выходные данные для комплексной модели

Входными данными для модуля являются:

- перечень контролируемых KPI и их атрибуты;
- значения KPI конечных узлов КМ.

Выходными данными для модуля являются:

- агрегированные значения KPI для промежуточных и верхних узлов КМ.

Роль в комплексной модели

Модуль формирования структуры KPI предприятия и ведения базы их значений используется в КМ для описания контролируемых KPI, их атрибутики, взаимосвязей со структурными подразделениями предприятия, хранения значений KPI, а также вычисления агрегированных и интегральных KPI.

Модуль построения когнитивной карты взаимосвязей между внутренними факторами деятельности предприятия и факторами внешней среды*Выполняемая задача*

Назначение модуля построения когнитивной карты взаимосвязей между внутренними факторами деятельности предприятия и факторами внешней среды: формирование визуального представления структуры взаимосвязей между факторами, характеризующими деятельность предприятия, и факторами, отражающими состояние окружающей его среды.

Задача автоматизирует работу аналитиков в сфере управления деятельностью предприятия.

Функциональное описание

Модуль построения когнитивной карты взаимосвязей между внутренними факторами деятельности предприятия и факторами внешней среды реализует функции:

- на основе данных из базы о деятельности предприятия и факторах внешней среды поиск статистических взаимосвязей между факторами;
- формирование структуры базы данных для хранения найденных взаимосвязей;
- отображение структуры найденных связей в виде когнитивной карты.

Описание принципов функционирования

Когнитивная карта взаимосвязей между внутренними факторами деятельности предприятия и факторами внешней среды позволяет проводить их анализ без дополнительных исследований, используя информацию, собранную за прошедшие периоды, выявляя скрытые закономерности.

Для построения когнитивной карты взаимосвязей выделяются следующие сущности: факторы, наблюдения, цели, правила поиска, правила визуализации, правила интерпретации.

Факторы представляют собой различные характеристики, с помощью которых может быть количественно описана деятельность предприятия и/или окружающая его среда. Факторы выделяются на различных уровнях иерархии управления, от отдельно взятых процессов предприятия до взаимодействия его с внешней средой, обеспечивая тем самым комплексность проводимого анализа.

Наблюдение представляет собой набор числовых данных, фиксирующих значения выбранного фактора на протяжении некоторого промежутка времени с заданной периодичностью, которая определяется видом этого фактора. Если он относится к окружающей среде, то данные собираются из внешних источников по мере их поступления. Если фактор относится к внутренней среде предприятия, то данные собираются из его информационных систем в соответствии со скоростью их обновления. При сопоставлении наблюдений, собранных с разной периодичностью, данные агрегируются в сторону укрупнения, т.е. выбираются самый длительный временной промежуток из имеющихся вариантов.

Цель представляет собой математическую формализацию задачи управленческого воздействия на выбранный фактор с точки зрения динамики его развития, которая благоприятно сказывается на работе предприятия. Целью может быть максимизация, когда необходимо стремиться к росту соответствующего значения в рассматриваемый период (прибыль, выручка, объем производства и т.д.). Целью может быть минимизация, когда необходимо сделать соответствующие значения по возможности меньше (затраты, себестоимость и пр.). Цель определяется только для факторов, характеризующих внутреннюю среду предприятия, для факторов внешней среды цель не ставится из-за отсутствия возможности прямого влияния на них в рамках управленческих решений предприятия.

Правила поиска определяют, каким образом будет фиксироваться наличие или отсутствие взаимосвязей между факторами. Используемый математический аппарат — корреляционно-регрессионный анализ. Такой выбор обусловлен следующими соображениями. Во-первых, необходимо обеспечить адекватность и достоверность строящейся модели взаимосвязей. Для корреляционно-регрессионных моделей соответствующие техники проверки существуют и относительно легко формализуются. Во-вторых, в сложной системе, которой является предприятие, причина и следствие часто разделены во времени и пространстве, и именно статистические взаимосвязи, исследующие уже собранную историю, могут помочь в обнаружении скрытых узких мест и проблем.

Правило поиска определяется на основе модели парной линейной регрессии. Выбирается пара факторов, относительно которых исследуется вопрос о наличии между ними взаимосвязи, и проверяется, достаточно ли в базе данных соответствующих наблюдений для построения статистически значимой модели. Если данных достаточно, то вызывается процедура построения регрессионного уравнения и тестов, показывающих его значимость. Правило поиска на основе полученной информации выдает один из двух возможных вариантов: «связь не обнаружена» или «связь обнаружена». Для принятия этого решения проверяется несколько статистических критериев, а именно: коэффициент детерминации, F-статистика, t-статистика коэффициента при независимой переменной. Если все эти критерии дают положительный результат, т.е.

- коэффициент детерминации превышает пороговое значение 0.7;
- уравнение в целом значимо по F-статистике на уровне значимости 5 %;
- значим коэффициент при независимой переменной на уровне значимости 5 %,

то правило поиска принимает решение о том, что связь обнаружена. Если хотя бы одно из условий не выполнено, то правило поиска принимает решение о том, что связь не обна-

ружена. Таким образом, отсекаются заведомо слабые уравнения и уравнения, которые могут вызвать сомнения и потребовать проверки дополнительных критериев.

Правило визуализации представляет собой способ отображения структуры найденных связей в виде когнитивной карты. Когда в процессе анализа рассматривается более чем два фактора, формируется двумерный массив данных, первое измерение которого содержит выбранную из общей совокупности пару факторов, а второе измерение содержит информацию о том, обнаружена ли для данной пары связь, и параметры этой связи при ее наличии. Когнитивная карта представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются анализируемые факторы, а ребрами являются направленные дуги, соединяющие вершины в том случае, если между данной парой факторов обнаружена связь. Направление дуги выбирается в зависимости от того, какой из факторов при поиске взаимосвязи был признан независимым, дуга исходит из соответствующей ему вершины и входит в вершину, соответствующую зависимому фактору. Правило визуализации определяет внешний вид построенной карты, т.е. цветовую кодировку вершины в зависимости от категории фактора, толщину и цвет ребра в зависимости от силу обнаруженной связи и ее направления (прямая или обратная), а также дополнительные параметры, такие как расположение вершин относительно друг друга, форму и размер вершин и пр.

На рисунке 84 показан пример когнитивной карты с пятью факторами и четырьмя найденными взаимосвязями.

Правила интерпретации представляют собой процедуры, с помощью которых учитываются связи из когнитивной карты при формировании рекомендаций (воздействий) по управлению деятельностью предприятия. Новизна предлагаемого здесь подхода заключается в том, что разработаны правила перевода получаемых математических результатов в конкретные рекомендации, которые можно использовать, даже не будучи специалистом в области статистики и математики, что существенно расширяет возможности практического применения модели.

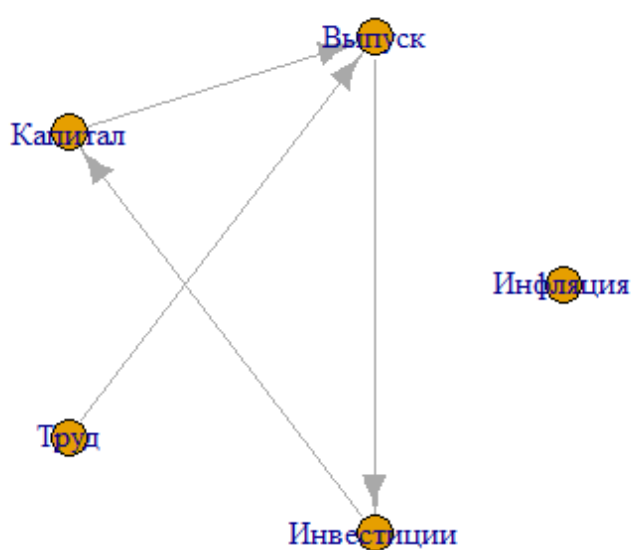


Рисунок 84 — Когнитивная карта взаимосвязей

Корректная интерпретация результатов статистических тестов, проверяющих достоверность корреляционно-регрессионной модели, требует знания большого количества взаимосвязанных понятий из математической статистики, теории вероятностей и эконометрики. Поэтому, даже опираясь на отдельные объяснения содержательного смысла числовых тестов, пользователь, не обладающий достаточным знаниями в этой области, будет испытывать сложности в понимании результатов, что может привести к ошибочным решениям. Следовательно, необходимо максимально снизить риск принятия недостоверной модели за достоверную, для чего при построении когнитивной карты взаимосвязей предлагается принимать решение о достоверности модели без участия пользователя. Он получает возможность анализировать только те взаимосвязи, которые отображены в когнитивной карте.

Правила интерпретации выводятся из тех возможностей прогнозирования, которые предоставляет модель регрессии, т.е. из возможностей построения точечных (в форме конкретного значения) и интервальных (в форме диапазона значений) прогнозов. Их можно содержательно интерпретировать в рамках принципа управления «с учетом рисков», т.е. оценить планируемое управленческое воздействие с точки зрения его возможности максимизировать положительные и/или минимизировать отрицательные последствия наступления рискованных событий. Также правило интерпретации позволяет реализовать принцип управления «с заданной себестоимостью», оценивая вероятность выхода контролируемого параметра за установленные границы.

Построение правил интерпретации проводится с учетом выбранной для фактора цели (максимизация или минимизация), в результате каждый фактор относится к одной из двух групп: «факторы, требующие максимизации» и «факторы, требующие минимизации». Далее для фактора, основываясь на имеющихся наблюдениях и экспертных оценках, правило определяет три интервала значений (рисунок 85):

а) желаемый — значение фактора в норме, требуется контроль, но не требуется корректирующее вмешательство;

б) позитивный — значения фактора превосходят норму в лучшую сторону, не требуется корректирующего вмешательства, так как есть определенный «запас прочности», даже если динамика развития ухудшится;

в) негативный — значения фактора отклоняются от нормы в худшую сторону, требуется серьезное корректирующее вмешательство.



Рисунок 85 — Интервалы значений факторов

Значения, разделяющие интервалы, называются граничными. Их выбор можно оставить за аналитиком или же оценить статистически на основе таких величин, как среднее значение, медианное значение и т.д.

Первое правило интерпретации реализует принцип управления «с учетом рисков» на основе построенного интервального прогноза для запланированного изменения значения независимого фактора x^T на значениях взаимосвязанного с ним фактора y . По имеющейся в когнитивной карте взаимосвязи строится точечный $y^* = a + bx^T$ и интервальный с заданной надежностью прогнозы и проверяется, в какой интервал значений эти прогнозы попадают. Если стандартная ошибка прогноза слишком велика, то прогнозный интервал охватывает все три интервала значений, в этом случае делается вывод о том, что для анализа недостаточно данных. В остальных случаях в зависимости от типа фактора y , интервала, в который попало его прогнозное значение и типа связи между факторами (прямая/обратная) выдаются рекомендации согласно таблице 80.

Таблица 80 — Зависимость типа фактора y , интервала и типа связи между факторами

y в группе «Факторы, требующие максимизации» связь между y и x прямая		
Интервал y^*	x^T увеличивается	x^T уменьшается
Желаемый	<i>Норма</i>	<i>Риск</i>
Негативный	<i>Улучшение</i>	<i>Ухудшение</i>
Позитивный	<i>Норма</i>	<i>Норма</i>
y в группе «Факторы, требующие максимизации» связь между y и x обратная		
Интервал y^*	x^T увеличивается	x^T уменьшается
Желаемый	<i>Риск</i>	<i>Норма</i>
Негативный	<i>Ухудшение</i>	<i>Улучшение</i>
Позитивный	<i>Норма</i>	<i>Норма</i>
y в группе «Факторы, требующие минимизации» связь между y и x прямая		
Интервал y^*	x^T увеличивается	x^T уменьшается
Желаемый	<i>Риск</i>	<i>Норма</i>
Негативный	<i>Ухудшение</i>	<i>Улучшение</i>
Позитивный	<i>Норма</i>	<i>Норма</i>
y в группе «Факторы, требующие минимизации» связь между y и x обратная		
Интервал y^*	x^T увеличивается	x^T уменьшается
Желаемый	<i>Норма</i>	<i>Риск</i>
Негативный	<i>Улучшение</i>	<i>Ухудшение</i>
Позитивный	<i>Норма</i>	<i>Норма</i>

Решение «Риск» означает, что при запланированном изменении x^T интервальный прогноз может переместиться из текущего интервала y^* в соседний в нежелательном направлении. Решение «Норма» означает, что при запланированном изменении x^T интервальный прогноз с выбранной доверительной вероятностью останется в текущем интервале y^* , но может переместиться из желаемого в позитивный и наоборот. Решение «Ухудшение» означает, что при запланированном изменении x^T интервальный прогноз y останется в текущей негативной зоне, т.е. запланированное мероприятие не окажет положительного воздействия на этот фактор. Решение «Улучшение» означает, что запланированное изменение x положительно скажется на прогнозном значении y , т.е. из негативного интервала y может переместиться в желаемый. В результате аналитик оценивает положительные и отрицательные последствия принимаемого управленческого решения, что позволяет управлять возникающими в работе предприятия рисками.

Второе правило интерпретации реализует принцип управления «с заданной себестоимостью» на основе поиска причин проблемы в процессе и ее устранения. Строится когнитивная карта взаимосвязей для фактора, значение которого в момент анализа негативно влияет на имеющееся ограничение по себестоимости. Проблема может заключаться не в исходном факторе, а в скрытом влиянии на него факторов, включенных в когнитивную карту. Выяснив возможные причины, аналитик получает возможность найти меры по устранению проблемы и проконтролировать, помогли ли предлагаемые мероприятия.

Данное правило интерпретации оценивает, сможет ли корректировка значения других факторов улучшить значение выбранного фактора y , текущее значение которого находится в негативной зоне, т.е. имеется проблема, которую нужно устранить. По имеющейся в когнитивной карте взаимосвязи выбирается фактор x , фиксируется его текущее значение и проверяется, в какой из трех интервалов оно попадает. Если это значение в негативном интервале, то оба изучаемых фактора подлежат улучшению. Если это значение в желаемой или позитивной зоне, то принимаемое решение зависит от групп, к которым относятся y и x и типа связи между ними. Возможные комбинации представлены в таблице 81.

Таблица 81 — Возможные комбинации факторов

Группа y	Группа x	Связь	Увеличить x	Уменьшить x
Максимизация	Максимизация	Прямая	Следует выполнять	Не следует выполнять
Максимизация	Максимизация	Обратная	Не следует выполнять	Следует выполнять в ограниченных пределах
Максимизация	Минимизация	Прямая	Следует выполнять в ограниченных пределах	Не следует выполнять
Максимизация	Минимизация	Обратная	Не следует выполнять	Следует выполнять
Минимизация	Максимизация	Прямая	Не следует выполнять	Следует выполнять в ограниченных пределах
Минимизация	Максимизация	Обратная	Следует выполнять	Не следует выполнять
Минимизация	Минимизация	Прямая	Не следует выполнять	Следует выполнять
Минимизация	Минимизация	Обратная	Следует выполнять в ограниченных пределах	Не следует выполнять

Решение «Не следует выполнять» означает, что в данной комбинации прогноз указывает на то, что целевое действие приведет к ухудшению ситуации по двум рассматриваемым факторам, т.е. таким образом проблема не решится. Решение «Следует выполнить» означает, что для данной комбинации прогнозируется улучшение по одному из факторов и неухудшение по другому. Решение «Следует выполнить в ограниченных пределах» означает, что для данной комбинации запланированное воздействие приведет к улучшению значения y , но может ухудшить ситуацию с x таким образом, что x перейдет из позитивной зоны в желаемую или из желаемой в негативную, т.е. следует установить допустимые границы изменений для x .

Численный эксперимент проверки применимости правил интерпретации проведён на модельных данных [52], содержащих временные ряды из 25 наблюдений для четырёх взаимосвязанных факторов, из которых выбраны два фактора: независимый фактор x — затраты капитала, зависимый фактор y — выпуск. Коэффициент корреляции составляет 0.9097, регрессионное уравнение значимо на 5 % уровне, оба коэффициента уравнения значимы на 5 % уровне. Согласно установленному правилу поиска, между данной парой факторов существует связь, подлежащая включению в когнитивную карту. Затраты капитала относятся к группе «Факторы, требующие минимизации», а выпуск — к группе «Факторы, требующие максимизации». Связь между факторами прямая, т.е. увеличение затрат капитала влечёт за собой увеличение выпуска.

Граничные значения интервалов выбраны на основе статистических характеристики исходных наблюдений. Наблюдаемые значения затрат капитал находятся в интервале от 1.543 до 435.105, а для выпуска в интервале от 22.7 до 4079.554. Граничное значение затрат капитала между позитивным и желаемым интервалом выбрано равным среднему значению, составляющему 53.063, а между желаемым и негативным — сумме среднего и стандартного отклонения, что составляет 146.0815. Для выпуска граничное значение между негативным и желаемым интервалом выбрано равным медиане 494.5150, а между желаемым и позитивным — среднему 711.5600.

С помощью первого правила интерпретации проанализированы точечные и интервальные прогнозы с надёжностью 95 % (таблица 82).

Таблица 82 — Анализ данных прогнозов

Затраты капитала	$y^* - p0.95 \cdot sy$	y^*	$y^* + p0.95 \cdot sy$
60	154.7351 (-)	780.2791(+)	1405.823 (+)
70	253.4523 (-)	879.3418(+)	1505.231 (+)
80	351.8804 (-)	978.4046(+)	1604.929 (+)
90	450.0205 (-)	1077.4674(+)	1704.914 (+)
100	547.8737	1176.5302(+)	1805.187 (+)
110	645.4417	1275.5929(+)	1905.744 (+)
120	742.7264 (+)	1374.6557(+)	2006.585 (+)
130	839.7304 (+)	1473.7185(+)	2107.707 (+)
140	936.4563 (+)	1572.7813(+)	2209.106 (+)

(+) — значение в позитивном интервале, (-) — значение в негативном интервале

Применяя первое правило интерпретации, получаем вывод «недостаточно данных для анализа» при затратах капитала от 60 до 90; при затратах капитала от 90 до 140 выводом для прогнозируемого значения выпуска является «норма».

С помощью второго правила интерпретации проанализирована ситуация, когда выпуск находится в негативной зоне, и проводится проверка, поможет ли корректировка значения затрат капитала в размере 100, решить эту проблему. Так как связь между факторами прямая, в соответствии с таблицей 81 выводом будет «следует выполнить в ограниченных пределах», если оценивается возможность увеличить выбранное значение затрат капитала, и «не следует выполнять» — если оценивается возможность уменьшения значения затрат капитала.

Для подтверждения надежности проведенного численного эксперимента была использована технология ресэмплинга, т.е. генерации на основе исходных данных повторных псевдовыборок. В этом случае на основе данных, по которым проводился анализ, генерируется большое количество выборок, содержащих часть исходных данных. Усредняя прогнозы, полученные по этим выборкам, можно сопоставить их с исходными прогнозами, и, если значения различаются слабо, то это говорит об устойчивости выработанного решения, в противном случае решение неустойчиво.

В ходе численного эксперимента были использованы два варианта ресэмплинга: процедура скользящего контроля и бутстреп. В первом случае выборки генерировались поочередным исключением каждого наблюдения из совокупности, во втором — путем случайного выбора с повторением из исходных наблюдений 25 значений с количеством выборок $N=1000$. Построенные в результате точечные и интервальные прогнозы выпуска были сопоставлены с начальными прогнозами. Сравнение полученных результатов представлено на рисунке 86. Синим цветом обозначены начальные прогнозы, красным — прогнозы, полученные с помощью процедуры скользящего контроля, зеленым — с помощью бутстреп. Пунктирными линиями отмечены граничные значения.

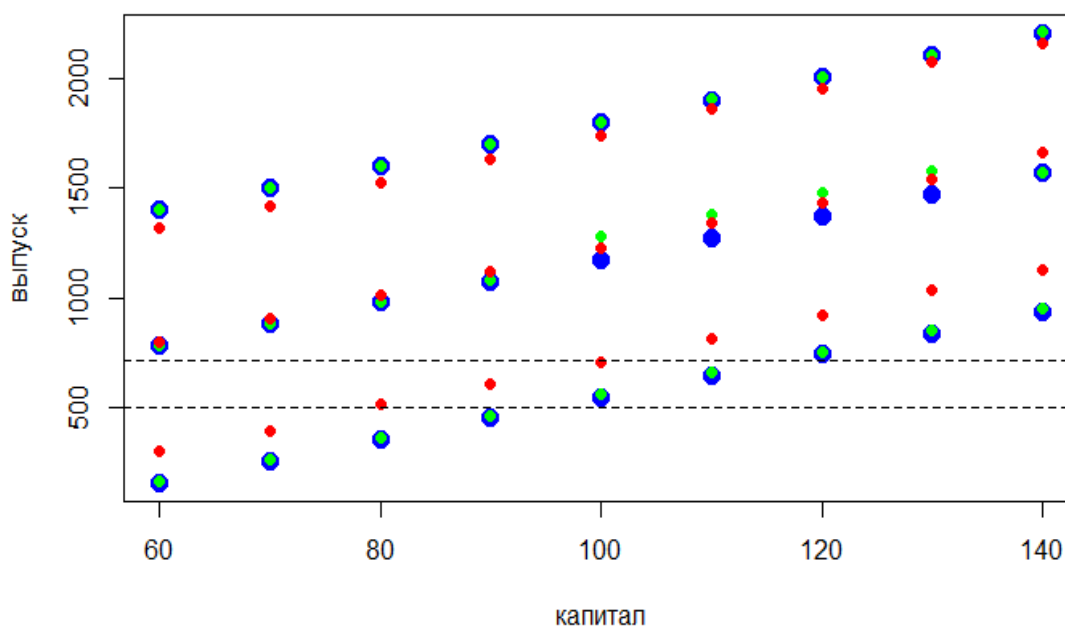


Рисунок 86 — Сравнение результатов эксперимента

Как следует из рисунка 86, с точки зрения попадания прогнозов в желаемый, позитивный и негативный интервал, результаты для всех трех вариантов практически идентичны, таким образом, разработанные правила интерпретации демонстрируют свою устойчивость, и, следовательно, практическую применимость.

Описание реализации

Решение представляет собой клиент-серверное web-приложение.

Тип реализующей ЭВМ: Семейство x86.

Язык программирования: PHP, JavaScript, СУБД Oracle (PL/SQL).

Вид и версия операционной системы: Windows x86, Windows x86-64, Linux x86, Linux x86-64, Solaris x86, Solaris x86-64, Solaris SPARC 64-bit.

Входные и выходные данные для комплексной модели

Входными данными для модуля являются:

- значения KPI верхних узлов КМ (внутренних факторов деятельности предприятия и факторов внешней среды).

Выходными данными для модуля являются:

- связи между внутренними факторами деятельности предприятия и факторами внешней среды.

Роль в комплексной модели

Модуль построения когнитивной карты взаимосвязей между внутренними факторами деятельности предприятия и факторами внешней среды используется для обнаружения связей между KPI и, следовательно, узлами КМ. Аналитик учитывает данные связи при формировании рекомендаций (воздействий) по управлению деятельностью предприятия. На основании когнитивной карты проводится моделирование последствий воздействий.

3.4. Методика оценки производственно-технологической деятельности предприятия на базе КМ

3.4.1. Описание методики оценки производственно-технологической деятельности предприятия на базе КМ

Оценка производственно-технологической деятельности предприятия основывается на:

- интеграции управленческих принципов «точно в срок», «под заданную себестоимость», «с учетом рисков»;
- информационной системе, поддерживающей указанные принципы управления;
- базе данных, содержащей статистическую информацию о базовых показателях;
- совокупности математических моделей, описывающих принципы управления и использующих статистические данные для оценки необходимых параметров.

При построении оценки целевого бизнес-процесса необходимо определить один или несколько принципов управления, требуемых для анализа соответствующей деятельности предприятия.

На следующем шаге в репозитории моделей следует рассмотреть наличие разработанных математических моделей, удовлетворяющих поставленной задаче. Если в репозитории нет модели, полностью удовлетворяющей целевой проблеме, то следует выбрать наиболее подходящую из репозитория модель и модифицировать её структуру (дополнить и/или удалить условия). Модификация структуры может быть основана на следующей схеме:

- выбрать целевой показатель, а также набор факторов, представляющих наибольшее влияние на поведение показателя с экспертной точки зрения;
- используя статистические инструменты комплексной модели, выбрать из экспертного списка факторов тот набор факторов, который наиболее существенно определяет целевой показатель;
- принимая во внимание экспертные знания о виде влияния факторов на целевой показатель, а также результаты регрессионного анализа, следует определить форму условий, вводимых в модель.

После того как выбрана структурная форма математической модели, её следует поместить в репозиторий моделей.

На основе имеющихся данных в информационной системе нужно провести статистическую, нормативную или экспертную оценку параметров модели.

В рамках комплексной модели определены параметры множеств S_{JIT} , S_{FPC} , S_{RM} , содержащие управленческие решения «точно в срок», «под заданную себестоимость», «с учётом рисков».

Построенная модель на основе алгоритмов, заложенных в комплексной модели, позволяет оценить заданное управленческое решение на вхождение в одно или несколько из заданных множеств: S_{JIT} , S_{FPC} , S_{RM} . Тем самым в рамках комплексной модели можно произвести оценку управленческих решений под заданные принципы.

Шаги по использованию КМ для целей конкретного предприятия и выбранных задач управления следующие (рисунок 87):

- 1) Постановка задачи использования КМ:
 - требования к КМ;
 - требования к выбранным задачам управления;
- 2) Построение КМ по уровням, результатами построения будет:
 - схема;
 - ряд математических моделей;
 - хранилище данных о КМ;
 - система KPI;
 - модели бизнес-процессов;
 - структура КМ;
 - регламент работы КМ;
- 3) Формирование сценариев использования КМ;
- 4) Настройка критериев принятия решений в управленческих задачах;

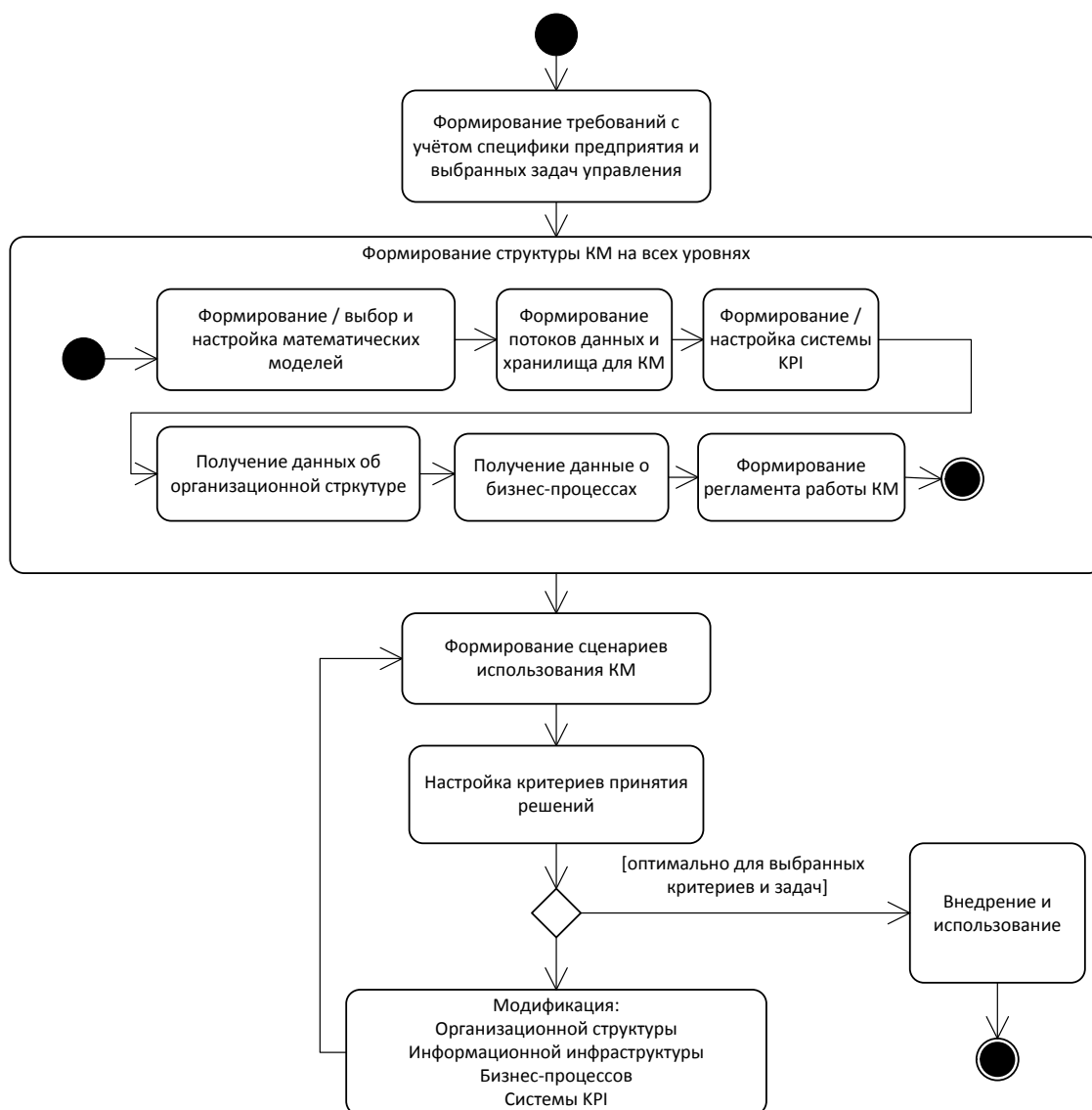


Рисунок 87 — Схема использования КМ

- 5) Модификация организационной структуры, бизнес-процессов, системы КРІ, информационной структуры выполняется в случае их несоответствия и несогласованности;
- 6) Внедрение и использование КМ на предприятии.

3.4.2. Сравнение методики с аналогичными методиками оценки

Применение аппарата математического моделирования к деятельности промышленных предприятий имеет длительную историю, начиная с задач производственного менеджмента, решавшихся Л.В. Канторовичем в 30-х гг. прошлого века с целью оптимизации организации производства и производственных процессов, в том числе процессов загрузки станков и раскройки листов материалов. В дальнейшем список применяемых тех-

ник и решаемых задач существенно расширился, в том числе благодаря развитию вычислительной техники и информационных технологий. Математическая модель производственного и/или технологического процесса, как правило, представляет собой сложную задачу с большим количеством переменных, с неединственным решением, чувствительную к изменению начальных данных и пр. В результате моделирование требует серьёзных вычислительных ресурсов и качественно реализованных алгоритмов применения численных методов решения задач оптимизации, оптимального управления, статистического анализа и т.д.

С переходом к цифровой экономике и Индустрии 4.0 математическое моделирование деятельности предприятия получило новые инструменты и возможности, связанные с активным внедрением во все процессы предприятия информационных систем, автоматизирующих его работу. В результате данные, собираемые и хранимые такими системами, могут быть сравнительно легко использованы в модельных расчётах. Те параметры модели, которые до цифровой эпохи приходилось выбирать из разрозненных бумажных отчётов, рассчитывать приблизительно на основе имеющейся информации, разрабатывая для этого соответствующие методики, теперь могут быть получены с помощью одного запроса к базе данных предприятия. Исследователь имеет возможность применять действительно сложные, комплексные модели, охватывающие сразу несколько аспектов работы.

Более того, моделирование отдельного фрагмента работы предприятия в современных условиях не всегда целесообразно, поскольку общепризнанным является тот факт, что управлять следует не отдельными функциями, а сетью взаимосвязанных бизнес-процессов предприятия, только так можно обеспечить гибкость и быструю реакцию на изменения, необходимые для успешного функционирования в цифровой экономике. Модель оптимизации конкретной функции может дать локальный оптимум, который будет расходиться с глобальными задачами и стратегиями предприятия. Поэтому наиболее перспективными будут те модели, которые рассматривают предприятие как совокупность протекающих в нем процессов разного уровня и рода, т.е. как сложную иерархическую систему со скрытыми взаимосвязями между отдельными элементами. Математический аппарат, который наиболее часто для этого используется, приведён в таблице 83. Приведём обзор существующих моделей производственных и технологических процессов предприятия, использующих данные техники.

Таблица 83 — Методы математического моделирования

№	Методы математического моделирования
1	Оптимизационные задачи
2	Статистический анализ
3	Динамические модели и задачи оптимального управления
4	Имитационное моделирование

Одним из наиболее часто используемых инструментов, хорошо себя зарекомендовавших, являются оптимизационные задачи. Их концепция как нельзя лучше подходит к моделированию производственных и технологических процессов: есть цель, которую необходимо достичь, и есть ограничения (по времени, трудовым ресурсам, сырью и т.д.),

в рамках которых этой цели добиваются. Если поставленную цель можно формализовать с помощью одной функции, то получаем задачу однокритериальной оптимизации, если же целей несколько, то это задача многокритериальной оптимизации. Как показано в [23], до 2010 года в научных работах чаще использовали однокритериальную оптимизацию, после 2010 года исследователи все чаще стали использовать многокритериальную оптимизацию, в настоящее время соотношение между двумя типами задач примерно 50 на 50 %.

Чаще всего с помощью оптимизационных задач пытаются сократить расходы (более 60 % рецензируемых статей), около 40 % статей рассматривают бюджет управления (ограничение). Оптимизация используется в распределении ограниченных средств между различными типами инфраструктурных активов, рабочих зон или проектов управления, при анализе рисков предприятия, эффективности инвестиций и пр. [23]. Состояние инфраструктурных активов также является важным результатом.

С помощью методов оптимизации решаются следующие задачи моделирования производственных и технологических процессов предприятия.

В [24] рассматривается задача оптимизации программы энергосбережения для достижения требуемого уровня экономии энергоресурсов при условии минимизации инвестиций с учётом основных характеристик энергосберегающих мероприятий, при условии следующей стратегии: минимизация суммарных инвестиционных (капитальных) и эксплуатационных затрат при достижении заданного объема экономии энергоресурсов, распределённого по годам реализации плана.

В [25] строится модель равномерной загрузки производственных мощностей, учитывающая поставки, производство и реализацию готовой продукции.

В [26] разработаны модели формирования производственной программы предприятия при однопродуктовой деятельности с учётом переходящих запасов готовой продукции, свободной ёмкости склада, трудоёмкости изготовления продукции, рыночного спроса и других основных ресурсов. На их базе сформированы модели данной задачи при многопродуктовой деятельности, позволяющие оптимально согласовывать материальные потоки и имеющиеся финансовые ресурсы предприятия в рассматриваемом плановом периоде.

В [27] рассматривается адаптивная оптимальная трёхуровневая системная модель описания процесса планирования в АСУП.

В [28] разрабатываются модели управления функционированием процессами по производству тепловой и электрической энергии на основе принципа максимизации прибыли.

В [29] на основе модели межотраслевого баланса строится модель оптимального выпуска инновационной продукции с учетом необходимых затрат.

В [30] строится бизнес-модель кооперативного производства для группы производителей, обслуживающих собственных клиентов, имеющих доступ к внешним клиентам, которые могут заключить договор на покупку товаров по более низкой цене при наличии желаемой услуги. Когда производители не могут удовлетворить желаемый уровень обслуживания внешних клиентов на уровне, предложив цену самостоятельно, они участвуют в кооперативной сети. Сеть объединяет внешних клиентов для своих членов и направляет прибывающего внешнего клиента к одному из участников.

В [31] разрабатывается методический инструментарий, включающий критерии оценки устойчивого развития, типовые направления деятельности компаний, обеспечивающие устойчивость их развития, экономико-математическую модель оценки вариантов устойчивого развития компаний, однако здесь рассматриваются добывающие компании, а не производственные предприятия.

В [32] строится модель на основе стратегического планирования для добывающего предприятия объемов и качества продукции, а также основных мероприятий по развитию предприятия, так называемых стратегических альтернатив. Определяются стратегические альтернативы, реализация которых в планируемом периоде обеспечивает достижение целей предприятия с максимальным эффектом. В качестве критерия оптимальности используется общий чистый дисконтированный доход при реализации альтернатив.

Вторым инструментом для построения математических моделей производственных и технологических процессов предприятия является статистический анализ. Одним из его возможных способов применения в данной области является исследование зависимостей в сфере производства — производственных функций, включающих моделирование зависимостей, существующих между различными производственными показателями: производительность труда, капитальные затраты, объем выпускаемой продукции, фондоотдача и др.

В [33] разрабатывается модель производственной функции Кобба-Дугласа с добавленной стоимостью. Аргументами являются затраты труда и капитала. Используются следующие предположения: прибыль на базовый капитал сохраняется; привлечённые для осуществления инноваций инвестиции позволяют сформировать дополнительную прибыль в размере, равном объёму ставки за кредит; максимально допустимая величина фонда оплаты труда при внедрении инноваций в производственный процесс представляет собой часть добавленной стоимости после вычета прибыли, относимой на базовый капитал и инвестиции; капитал в стоимостном эквиваленте добавленной стоимости представляет собой сумму фактической прибыли, получаемой на предприятии до внедрения инноваций и прибыль от инвестиций в инновации; рентабельность от инвестиций в инновации равна уровню ставки платы за кредит.

В [34] строится VAR-модель авторегрессии показателей производственной деятельности строительного предприятия. В основе данной модели лежат взаимосвязанные основополагающие показателя конкурентоспособности (своевременность выполнения работ и стоимость продукции), объединенных в систему эконометрических уравнений. При этом стоимость продукции зависит от своевременности выполнения работ. Определяется функция импульсного отклика, описывающая реакцию динамического ряда в ответ на некоторые внешние воздействия.

В [35] рассматриваются вопросы о влияющих факторах и измерении показателей устойчивости предприятия, а именно оказывают ли инновационность управления поставками и ориентация на поставщиков положительное влияние на общее состояние компании. Однако анализ проводится не на уровне отдельного предприятия, а по группе предприятий, т.е. речь идет не о повышении эффективности работы, а о выявлении общих закономерностей.

Следующим инструментом математического моделирования деятельности предприятия являются динамические модели и задачи оптимального управления. В этом классе моделей решение, как правило, может быть получено только численно, при этом не

всегда математические пакеты способны справиться с такими задачами, поэтому авторам приходится реализовывать собственные численные алгоритмы решения.

В [36] с помощью оптимального управления разработана математическая модель управления совместной деятельностью предприятий-агентов для оптимизации процессов планирования продолжительности времени производства и дальнейшей реализации продукции для различных вариантов деятельности предприятий. Это даёт возможность выработать рекомендации по оптимальному принятию управленческих решений и повысить таким образом эффективность совместной деятельности производителей и потребителей продукции.

В [37] на основе представления развития экономических событий в многомерном пространстве, координатами которого являются объёмы выпуска и спроса по всем видам продукции из ассортимента, освоенного предприятием, моделируются события, происходящие на рынке и определяющие место предприятия на нем.

В [38] разрабатывается модель управления запасами с гибридной зависимостью цены от запаса с целью найти оптимальное время цикла закупок, оптимальную цену продажи и прибыль

В [39] разрабатывается подход, основанный на принципах и методологии теории автоматического управления, использованный при создании виртуальной системы управления процессом выпуска однородной продукции приборостроительного предприятия, и математическое описание динамики его производственной деятельности. Используемый аппарат — системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

В [40] построена математическая модель для решения многокритериальной задачи о производстве, хранении, сбыте продукции при условии конкуренции критериев исходя из условий интересов посреднических и торговых организаций, получено численное решение для сформулированной задачи.

Следующим инструментом является имитационное моделирование, когда авторы модели определяют интересующие их факторы деятельности предприятия как переменные, выводят соотношения между этими переменными и далее с заданными начальными параметрами проводится численный эксперимент. Для моделей такого типа, как правило, хватает возможностей стандартных математических пакетов.

В [41] предложены две аппроксимационные модели деятельности производственного блока приборостроительного предприятия, в котором имеются некоторые фрагменты автоматизации управления.

В [42] разработана математическая модель аукционных закупок, позволяющая оценить верхнюю границу региональных цен сырья с учётом ценовой конкурентной борьбы между потребителями. В модели при формировании цены учитываются территориальные диспропорции спроса и предложения, расходы на транспортировку от заготовителя до потребителя. Нижняя граница цены рассчитывается по экспортному паритету. Результаты расчётов представляют собой оценки диапазонов региональных цен и межрегиональных потоков сырья.

В [43] построена математическая модель, определяющая оптимальную стратегию поведения торговой фирмы в условиях случайного спроса.

В [44] рассматривается методология обоснования области изменения основных показателей работы угольных предприятий, обеспечивающих эффективное внедрение новых технологий. С целью анализа деятельности отечественных угледобывающих пред-

приятий в данной работе произведена оценка уровня чувствительности результирующей переменной к изменению воздействующих факторов.

В [45] рассмотрена задача о формировании грузопотока на магистральном конвейере, на который поступает уголь от двух независимых забойных конвейеров, с помощью марковского случайного процесса.

В [46] разрабатывается и проверяется методология для агрегированной оценки эффективности устойчивости промышленной корпорации с использованием метода анализа иерархий. Методология обеспечивает комплексную агрегированную оценку эффективности устойчивого развития и матрицу действий, которая определяет соответствующий уровень корректирующих действий для достижения целевых показателей устойчивого развития. Для проверки результатов было использовано исследование металлургической промышленности. Однако здесь рассматривается совокупность предприятий, а не задачи оптимизации работы отдельно взятого предприятия.

В [47] изучается проблема установки правильного распределения затрат на продукцию, производимую высокотехнологичным комплексным производством. Сравниваются разные методы учета с использованием математического моделирования для получения аналитических выражений для распределения затрат.

В [48] рассмотрены задачи оптимального распределения ресурсов на базе детерминированной модели конвейерного типа, с учетом оптимизации маржинальности производственных проектов, проведен анализ устойчивости решений.

В [49] предложена модель смешанного целочисленного линейного программирования, учитывающая гибкость цепи поставок.

В [50] рассматривается возможность применения принципов управления проектами в целях совершенствования управления цепями поставок.

В [51] приведена система поддержки принятия решений по закупкам.

Исходя из проведенного анализа публикаций, можно сделать следующие выводы.

Во-первых, тема математического моделирования деятельности предприятия довольно давно активно исследуется и отечественными, и зарубежными авторами. Общеизвестно, что построение модели приносит ощутимый эффект в улучшение работы.

Во-вторых, уровень развития современных информационных технологий практически не ограничивает разработчиков модели в выборе математического аппарата, задача может решаться либо средствами математического ПО (MathCad, MathLab и т.д.), либо разработанными специально под задачу программами. Проблема практического использования заключается в том, что и математическое, и специализированное ПО предназначены для специалистов, обладающих высокой квалификацией в сфере математического моделирования, поэтому получаемое решение должно быть адаптировано для управленческого персонала. Этому вопросу в литературе практически не уделяется внимание, и преимуществом предлагаемой методологии является разработка процедур адаптации результатов моделирования для пользователей, не обладающих высокоразвитыми математическими компетенциями.

В-третьих, модель может быть построена на уровне отдельно взятого предприятия или же по совокупности однородных предприятий. В первом случае модель анализирует работу выбранного предприятия и дает рекомендации по ее улучшению. Во втором случае разрабатываются общие рекомендации, которые для применения на практике требуют дальнейшей адаптации под нужды конкретного предприятия. Предлагаемая нами ме-

тодика в определённой степени позволяет соединить два указанных подхода вместе. Это достигается за счет включения в расчеты факторов взаимодействия с внешней средой, таким образом повышается эффективность рекомендаций, полученных по модели.

В-четвертых, обнаруживается определённый пробел в исследованиях, связанный с отсутствием у авторов моделей попыток рассмотреть комплексную модель деятельности предприятия. В большинстве работ выбирается какой-то один аспект деятельности, и строится его математическая модель. Практически не делается попыток рассмотреть модель в рамках управленческих принципов «точно в срок», «с заданной себестоимостью», «с учетом рисков». Тем самым упускается из вида синергетический эффект от взаимодействия элементов предприятия между собой и предприятия в целом с внешней средой. С этой точки зрения предлагаемая методика моделирования в настоящее время практически не имеет аналогов.

Таким образом, предлагаемая нами методология является инновационной, может быть использована для практических целей и имеет перспективные направления для дальнейшей разработки и совершенствования.

Заключение

Монография посвящена проблемам интегрированного автоматизированного управления производственно-технологическими процессами на основе принципов, механизмов, процедур, моделей и методов оценки производственно-технологической деятельности авиастроительного предприятия. Рассмотрены сущность, назначение, задачи и функции, тактика при управлении производством, планировании и распределении ресурсов. Представлен обзор моделей существующих методологий управления производством. Подробно изложено математическое описание механизмов влияния факторов на ключевые параметры производственно-технологических процессов, разработана комплексная модель управления производственно-технологической деятельностью предприятия. Представлена структура, алгоритмы и программные модули интегрированной автоматизированной системы управления производственно-технологическим планированием авиастроительного предприятия на базе современных цифровых технологий, формализован комплексный комбинаторный метод оценки ключевых показателей эффективности.

Предлагаемая комплексная модель управления производственно-технологической деятельностью предприятия, обеспечивающая выпуск и изготовление продукции в соответствии с выбранными методологиями управления, включает:

- уровни представления (математические модели, инфологическая модель, компонентно-графовая модель, информационная система, регламент управления);
- подмодели для производственно-технических процессов предприятия;
- методику управления деятельностью «точно в срок, с заданной себестоимостью, с учётом рисков»;
- сценарии использования для решения различных производственно-технологических задач, в частности, мониторинга, анализа, оценки и управления параметрами полных электронных технологических процессов и оценки производственно-технологической деятельности предприятия.

Дальнейшее развитие результатов, представленных в монографии, в направлении практической реализации на промышленных предприятиях позволит эффективно трансформировать производственные системы в системы нового типа – «умное» производство.

Список использованных источников

- 1 Arend R., Zhao L., Song M., Im S. Strategic planning as a complex and enabling managerial tool // Strategic management Journal / John Wiley & Sonc Inc. — 2015. — Vol. 38. — P. 1741-1752.
- 2 Баклашов, В. И. Мультиагентная система «Smart Factory» для стратегического и оперативного управления машиностроительным производством «Точно в срок» и «Под заданную стоимость» / В. И. Баклашов [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2014. — Т. 16, № 1(5). — С. 1292-1295.
- 3 Власов, Ю. В. Подходы к управлению рисками при производстве продукции на предприятиях ракетно-космической промышленности на основе математического моделирования / Ю. В. Власов, А. А Чурсин // Микроэкономика. — 2015. — № 6. — С. 6-12.
- 4 Ковков, Д. В. Механизмы оценки стоимости создания изделий ракетно-космической промышленности (РКП) / Д. В. Ковков, Н. А. Окатьев, Р. В. Шамин // Справочник. Инженерный журнал. — 2013. — № 4. — С. 60-64.
- 5 Ключков, В. В. Проблема обеспечения производства авиационной техники «Точно в срок» и концепция «Быстро реагирующего производства» / В. В. Ключков, В. А. Вдовенков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2014. — Т. 16, № 1(5). — С. 1418-1425.
- 6 Павеллек, Г. Комплексное планирование промышленных предприятий: Базовые принципы, методика, ИТ-обеспечение / Гюнтер Павеллек ; пер. с нем. — М. : Альпина Паблишер, 2015. — 366 с.
- 7 Организационная структура [Электронный ресурс]. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Организационная_структура, свободный. — Загл. с экрана.
- 8 Козырь, Н. С. Классификация организационных структур управления предприятий [Электронный ресурс] / Н. С. Козырь, С. М. Натаова // Экономика и менеджмент инновационных технологий. — 2015. — № 3. — URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2015/03/7493>, свободный. — Загл. с экрана.
- 9 Основы менеджмента: учебное пособие / под ред. проф. И. Ю. Солдатовой, проф. М. А. Чернышева. — М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°» ; Ростов н/Д : Наука-Пресс, 2006. — 256 с.
- 10 Структуры управления — типы организационных структур [Электронный ресурс]. — URL: http://economics.ru/v_man.php?id=10, свободный. — Загл. с экрана.
- 11 Герасимов, Б. И. Моделирование организационной структуры промышленного предприятия / Б. И. Герасимов, А. В. Шубин, А. П. Романов [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2005/shubin.pdf>, свободный. — Загл. с экрана.

- 12 Программно-методический комплекс 1С:Машиностроение 8 [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.orticon.ru/products/1047>, свободный. — Загл. с экрана.
- 13 Баринов, В. А. Организационное проектирование: учебник / В. А. Баринов. — М. : ИНФРА-М, 2005. — 399 с.
- 14 Официальный сайт Объединённой авиастроительной корпорации [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.uacrussia.ru/ru/corporation/company/>, свободный. — Загл. с экрана.
- 15 Рекомендации. Система разработки и постановки продукции на производство. Термины и определения. Р 50-605-80-93 (утв. Приказом ВНИИ стандарта от 09.07.1993 № 18) [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=405514#0>, свободный.
- 16 Бром, А. Е. Специфика структуры длительности и учета затрат жизненного цикла наукоемкой продукции / А. Е. Бром, А. А. Александров // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. — 2008. — № 4. — С. 65-80.
- 17 Спирин, А. В. Совершенствование организационных структур управления машиностроительными предприятиями на основе процессного подхода : автореф. дис. ... канд. экон. наук / А. В. Спирин ; СибГАУ. — 2005. — 21 с.
- 18 Куликов, Г. Г. Методология управления машиностроительным предприятием / Г. Г. Куликов, К. А. Конев // Вестник УГАТУ. — Уфа : УГАТУ, 2006. — Т. 7, № 2(15). — С. 82-91.
- 19 Доросинский, Л. Г. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия / Л. Г. Доросинский, О. М. Зверева. — Ульяновск : Зебра, 2016. — 243 с.
- 20 Типовые положения о подразделениях (отделах, службах и т.п.) [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.aup.ru/docs/pol>, свободный. — Загл. с экрана.
- 21 Ковалев, В. В. Финансовый анализ: методы и процедуры / В. В. Ковалев. — М. : Финансы и статистика, 2002. — 560 с.
- 22 Кобаяси, И. 20 ключей к совершенствованию бизнеса / И. Кобаяси. — М. : Изд. РИА «Стандарты и качество», 2006. — 250 с.
- 23 Капарулина, И. М. Развитие предприятия: концепция и технология достижения / И. М. Капарулина. — Киев : Центр учебной литературы, 2014. — 432 с.
- 24 Чувашлова, М. В. Анализ системообразующих факторов внешней и внутренней среды в формировании стратегического контроллинга (на примере корпоративных структур авиастроения) / М. В. Чувашлова, В. А. Николаев // ЭТАП: Экономическая теория. Анализ. Практика. — 2016. — № 5. — С. 80-91.
- 25 Чувашлова, М. В. Внедрение контроллинга в систему управления предприятием авиационной промышленности : монография / М. В. Чувашлова. — М. : Издательский дом Академии Естествознания, 2013. — 316 с.
- 26 Аверченков, В. И. Автоматизация проектирования технологических процессов / В. И. Аверченков, Ю. М. Казаков. — М. : Изд-во «ФЛИНТА», 2011. — 225 с.
- 27 Рофе, А. И. Организация и нормирование труда / А. И. Рофе. — М. : Высшая школа, 2001.
- 28 Миллер, Э. Э. Техническое нормирование труда в машиностроении : учебное пособие / Э.Э. Миллер. — Изд. 3-е. — М. : Машиностроение, 1972. — 248 с.
- 29 Фролова, И. Н. Анализ современных систем автоматизированного проектирования технологических процессов / И. Н. Фролова, О. И. Кутилова // Труды Нижегородского

государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева. — 2010. — № 1(80). — С. 91.

30 Скворцов, В. Ф. Основы технологии машиностроения : учебное пособие / В. Ф. Скворцов. — Томск : Изд-во Томского политехнического ун-та, 2012. — 352 с.

31 Методические указания по нормированию станочных операций в серийном производстве / сост. М. Р. Бессер. — Саратов : СПИ, 1980. — 24 с.

32 Барило, И. И. Автоматизированное нормирование трудозатрат в системе управления машиностроительным предприятием / И. И. Барило, В. Н. Шведенко // Математические методы в технике и технологиях. XVII Международная научная конференция : сборник трудов. — Т. 7. — Кострома, 2004. — С. 156.

33 Адамчук, В. В. Организация и нормирование труда / В. В. Адамчук [и др.]. — М. : Экономика, 1999.

34 Барило, И. И. Автоматизированное нормирование трудозатрат в системе управления машиностроительным предприятием / И. И. Барило, В. Н. Шведенко // Математические методы в технике и технологиях. XVII Международная научная конференция. Сборник трудов. — 2004. — Т. 7. — Кострома, 2004. — С. 156.

35 Сопко, В. В. Формирование информационной базы оперативного управления себестоимостью продукции при нормативном учете на основе поэтапного построения и структуризации процесса производства / В. В. Сопко. — Донецк : ИЭП АН УССР, 1986. — 47 с.

36 Горбунов, В. К. Оценка эффективности основного капитала предприятий методом производственных функций / В. К. Горбунов, В. П. Крылов // Экономика региона. — 2015. — № 3. — С. 134-147.

37 Лутошкин, И. В. Оптимальное управление в экономических процессах : учебное пособие / И. В. Лутошкин. — Ульяновск : УлГУ, 2014. — 96 с.

38 Lutoshkin, I. The dynamic model of advertising costs with continuously distributed lags / I. Lutoshkin, N. Yamaltdinova // Computer Modelling in Decision Making 2017 / Ed. by A. Althonayan, T. A. Belkina, V. S. Mkhitarian, D. Pavluk, S. P. Sidorov. — Aachen, 2017. — Vol. 2018 of CEUR Workshop Proceedings. — P. 103-112. — URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2018/#paper-12>.

39 Лутошкин, И. В. Оптимизация нелинейных систем с интегро-дифференциальными связями методом параметризации / И. В. Лутошкин // Известия ИГУ. Серия «Математика». — 2011. — Т. 4, № 1. — С. 44-56.

40 Liu L., Wang J.J., Liu F., Liu M. Single machine due window assignment and resource allocation scheduling problem with learning and general positional effects // Journal of manufacturing systems. — 2017. — № 43. — P. 1-14.

41 Щербаков, В. В. Особенности образования и управления запасами в незавершенном производстве / В. В. Щербаков, Б. К. Плоткин // Проблемы современной экономики. — 2012. — № 4. — С. 228-230.

42 Петреня, Ю. К. Концепция «проектирование для конкуренции» как основа формирования инновационной политики предприятия / Ю. К. Петреня, В. В. Глухов, П. С. Шилин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. — 2017. — Т. 10, № 1. — С. 155-163.

43 Самсонов, О. С. Имитационная модель производственной системы как средство оптимизации конструктивно-технологических и организационных решений сборочного производства / О. С. Самсонов, М. Е. Саутенков, М. О. Шенаев // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM — 2013) : Труды 13-й Международной конференции (Москва, 15-17 октября 2013 г.). — С. 25-29.

44 Боброва, Н. М. Планирование управления рисками как ключевой элемент системы управления рисками / Н. М. Боброва // Экономика и предпринимательство. — 2014. — № 11-3(52-3). — С. 808-811.

45 Гуськова, Т. Н. Статическая методология и практические вопросы управления рисками / Т. Н. Гуськова, Е. Е. Спиридонова // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. — 2017. — № 1(47). — С. 87-93.

46 Чурсин, А. А. Экономико-математическая модель влияния рисков на конкурентоспособность предприятий ракетно-космической промышленности / А. А. Чурсин, В. А. Давыдов // Экономика и управление в машиностроении. — 2012. — № 5. — С. 46-52.

47 Гусева, Н. В. Управление затратами и ценообразование : учебное пособие / Н. В. Гусева, О. П. Гаршина. — Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2013. — 170 с.

48 Ларионов, И. В. Подходы к совершенствованию системы корпоративного управления на базе всеобщего управления качеством (TQM) / И. В. Ларионов // Финансовый бизнес. — 2012. — № 3(158). — С. 22-28.

49 Turnbull P., Oliver N., Wilkinson B. Buyer-supplier relations in the UK — automotive industry: Strategic implications of the Japanese manufacturing model // Strategic management Journal / John Wiley & Sons Inc. — 1992. — Vol. 13. — Pp. 159-168.

50 Мугак, Т. А. Применение концепции Just-in-time на отечественных предприятиях / Т. А. Мугак, И. А. Терехин // Успехи современного естествознания. — 2014. — № 7. — С. 141-143.

51 Лутошкин, И. В. Оптимизация нелинейных систем с интегро-дифференциальными связями методом параметризации / И. В. Лутошкин // Известия ИГУ. Серия «Математика». — 2011. — Т. 4, № 1. — С. 44-56.

52 VI форум «Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса России». — URL: итопк.рф (дата обращения: 14.08.2018).

53 Баклашов, В. И. Мультиагентная система «Smart Factory» для стратегического и оперативного управления машиностроительным производством «Точно в срок» и «Под заданную стоимость» / В. И. Баклашов, Д. Н. Казанская, П. О. Скобелев, В. Ф. Шпилевой, Я. Ю. Шепилов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2014. — Т. 16, № 1(5). — С. 1292-1295.

54 Власов, Ю. В. Подходы к управлению рисками при производстве продукции на предприятиях ракетно-космической промышленности на основе математического моделирования / Ю. В. Власов, А. А. Чурсин // Микроэкономика. — 2015. — № 6. — С. 6-12.

55 Ковков, Д. В. Механизмы оценки стоимости создания изделий ракетно-космической промышленности (РКП) / Д. В. Ковков, Н. А. Окадьев, Р. В. Шамин // Справочник. Инженерный журнал. — 2013. — № 4. — С. 60-64.

56 Клочков, В. В. Проблема обеспечения производства авиационной техники «Точно в срок» и концепция «Быстро реагирующего производства» / В. В. Клочков, В. А. Вдо-

венков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2014. — Т. 16, № 1(5). — С. 1418-1425.

57 Лутошкин, И. В. Оптимизация нелинейных систем с интегро-дифференциальными связями методом параметризации / И. В. Лутошкин // Известия ИГУ. Серия «Математика». — 2011. — Т. 4, № 1. — С. 44-56.

58 Мауэргауз, Ю. Е. «Продвинутое» планирование и расписания (AP&S) в производстве и цепочках поставок / Ю. Е. Мауэргауз. — М. : Экономика, 2012. — 574 с. — ISBN 978-5-282-03261-1.

59 Зайкин, М. А. Формирование исходных данных для работы системы оперативного управления механообрабатывающим производством авиастроительного предприятия / М. А. Зайкин, А. М. Лотоцкий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — Самара : Изд-во Самарского научного центра РАН, 2014. — Т. 16, № 1-5. — С. 1394-1396.

60 Денисова, М. Н. Модель оптимизации цепочки поставок, обеспечивающая работу авиастроительного предприятия / М. Н. Денисова, Д. Ю. Шабалкин // Техника и технология: новые перспективы развития : материалы XV Международной научно-практической конференции (20.11.2014). — М. : Изд-во «Спутник+», 2014 — С. 64-68.

61 Reuter C., Nuyken T., Schmitz S., Dany S. (2015) Iterative Improvement of Process Planning Within Individual and Small Batch Production. In: Umeda S., Nakano M., Mizuyama H., Hibino N., Kiritsis D., von Cieminski G. (eds) Advances in Production Management Systems: Innovative Production Management Towards Sustainable Growth. APMS 2015. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 459. Springer, Cham

62 Morinaga E., Joko H., Wakamatsu H., Arai E. (2015) A Computer-Aided Process Planning Method Considering Production Scheduling. In: Umeda S., Nakano M., Mizuyama H., Hibino N., Kiritsis D., von Cieminski G. (eds) Advances in Production Management Systems: Innovative Production Management Towards Sustainable Growth. APMS 2015. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 459. Springer, Cham.

63 Евразийский аэрокосмический конгресс. — URL: https://www.aviasalon.com/ru/static/page/maks_2015_aerospace_congress.htm.

64 Боброва, Н. М. Планирование управления рисками как ключевой элемент системы управления рисками / Н. М. Боброва // Экономика и предпринимательство. — 2014. — № 11-3(52-3). — С. 808-811.

65 Гуськова, Т. Н. Статическая методология и практические вопросы управления рисками / Т. Н. Гуськова, Е. Е. Спиридонова // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. — 2017. — № 1(47). — С. 87-93.

66 Turnbull P., Oliver N., Wilkinson B. Buyer-supplier relations in the UK — automotive industry: Strategic implications of the Japanese manufacturing model // Strategic management Journal / John Wiley & Sons Inc. — 1992. — Vol. 13. — P. 159-168.

67 Мугак, Т. А. Применение концепции Just-in-time на отечественных предприятиях / Т. А. Мугак, И. А. Терехин // Успехи современного естествознания. — 2014. — № 7. — С. 141-143.

68 Парментер, Д. Ключевые показатели эффективности. Разработка, внедрение и применение решающих показателей / Д. Парментер ; [пер. с англ. А. Платонова]. — М. : ЗАО «Олимп Бизнес», 2010. — 288 с.

69 Каплан Роберт С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Роберт С. Каплан, Дейвид П. Нортон ; [пер. с англ. М. Павловой]. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Изд-во «Олимп-Бизнес», 2017. — 320 с.: ил.

70 Ingaldi M., Zhuravskaya M. The 3×3 matrix as a tool for evaluation of technological position of the enterprise // MATEC Web Conf. — 2018. — N 183. — P. 04001.

71 Wang X. Group analysis and evaluation method of enterprise competitiveness based on law of logic partial order // Revista Tecnica de la Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia. — 2016. — N 39 (11). — P. 77-86.

72 Zha J. Enterprise performance evaluation model based on DEA algorithm with decision making unit // Revista Tecnica de la Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia. — 2016. — N 39(5). — P. 306-313.

73 Zhang S., Zhu X., Geng J., Zhang R. Evaluation of enterprise performance based on FLI-GA model // Journal of Industrial Engineering and Management. — 2014. — No. 7 (2 SPEC. ISSUE). — P. 373-389.

74 Liu W., Bi K. Dynamic comprehensive evaluation of knowledge innovation capability of enterprises // Journal of Applied Sciences. — 2013. — N 13(8). — P. 1392-1396.

75 Zheng L., Pan T. Partner trust evaluation method of virtual enterprise, Information Technology Journal. 11 (4) (2012) 524-527.

76 Angara Purba R. D., Sabit M. I., Sulistio J. Evaluation of SME (Small Medium Enterprise) production system with discrete system simulation method // MATEC Web of Conferences. 154 (2018) 01067.

77 Shi B., Meng B., Yang H., Wang J., Shi W. A Novel Approach for Reducing Attributes and Its Application to Small Enterprise Financing Ability Evaluation // Complexity. — 2018. — N 2. — P. 1-17.

78 Панде, П. Что такое «6 сигм»? Революционный метод управления качеством / П. Панде, Л. Холп. — М. : Альпина Бизнес Букс, 2005.

79 Jenab K., Wu C., Moslehpour S. (2018). Design for six sigma: A review (2018). Management Science Letters, 8(1), 1-18.

Научное издание

**Полянсков Ю. В., Лутошкин И. В., Липатова С. В.,
Ярдаева М. Н., Железнов О. В., Санников И. А., Блюменштейн А. А.**

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА БАЗЕ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Монография

Директор Издательского центра *Т. В. Максимова*
Художник обложки *Н. В. Пенькова*
Оригинал-макет подготовлен *Е. Е. Гусевой, Л. Г. Соловьевой*

Подписано в печать 14.10.2021.
Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 30,0. Тираж 500 экз.
Заказ № 81 /

Оригинал-макет подготовлен и тираж отпечатан в Издательском центре
Ульяновского государственного университета
432017, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42