

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Г. В. ПЛЕХАНОВА»  
(ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова»)

*На правах рукописи*

**КУЛЯСОВА АННА СЕРГЕЕВНА**

**РАЗВИТИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ВНУТРИФИРМЕННОГО  
ПЛАНИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством  
(Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами  
– промышленность)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук,  
профессор Быстров А.В.

Москва – 2017

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНУТРИФИРМЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ .....</b>	<b>11</b>
1.1 Генезис теоретических концепций управления и внутрифирменного планирования высокотехнологичных производственных процессов.....	11
1.2 Специфика производства наукоемкой продукции в радиоэлектронной промышленности .....	21
1.3 Современные инструменты внутрифирменного планирования и управления в радиоэлектронной промышленности в России и за рубежом .....	37
<b>ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ ВНУТРИФИРМЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ (на примере предприятия радиоэлектронной промышленности).....</b>	<b>46</b>
2.1 Автоматизированная система подготовки производства как эффективный инструмент внутрифирменного планирования на предприятии.....	46
2.2 Исследование эффективности использования системы конструкторско-технологической подготовки высокотехнологичного производства .....	56
2.3 Повышение эффективности инструментов внутрифирменного планирования в рамках автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства .....	73
<b>ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВНУТРИФИРМЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАТРАТ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА.....</b>	<b>81</b>
3.1 Экономико-математическое моделирование процесса прогнозирования затрат высокотехнологичного предприятия на закупку материалов и покупных изделий .....	81
3.2 Разработка и оценка эффективности механизма экономико-математического моделирования процесса внутрифирменного планирования будущих затрат на	

МПКИ	высокотехнологичного	предприятия	радиоэлектронной
промышленности .....			97
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>			<b>110</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>			<b>114</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>			<b>127</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Сегодня, в постоянно меняющейся мировой обстановке, с учетом различных дестабилизирующих кризисных явлений обеспечение экономической независимости является необходимым условием для стабильного развития любого государства. Экономическая суверенность обеспечивается высокой степенью технологического развития промышленности страны, о котором можно судить по состоянию отраслей производства высокотехнологичной наукоемкой продукции [72, 78]. Разработка и выпуск высокотехнологичной продукции, степень научно-технического развития являются определяющими критериями развития государства [58, 86, 89]. Одной из наиболее важных отраслей высокотехнологичного промышленного производства в Российской Федерации является сфера создания радиоэлектронной аппаратуры.

В ходе совещания по развитию микроэлектроники Президент Российской Федерации В. В. Путин акцентировал внимание на необходимости развития отечественной радиоэлектронной индустрии: «Нам необходимо усилить позиции отечественных производителей на национальном рынке, укрепить научно-производственный потенциал российской микроэлектронной промышленности» [111]. В современном контексте в России политика экономического протекционизма стала одним из самых жизненно необходимых инструментов в преодолении кризисных тенденций [98, 70, 71, 79].

Очевидно, что для обеспечения стабильного выпуска продукции необходимо использовать эффективную систему подготовки производства с использованием передовых технологий в сфере управления высокотехнологичными производствами [45, 57]. Такой подход является актуальным в связи со специфичностью и высокой трудоемкостью процессов производства в сфере радиоэлектроники, получившей значительное технологическое развитие за последние десятилетия. Особенно востребованным данное направление развития экономической стратегии становится в рамках

процесса обеспечения государственных нужд в высокотехнологичной радиоэлектронной аппаратуре [2, 3, 4].

Одной из наиболее значимых проблем в сфере функционирования предприятий радиоэлектронной промышленности, задействованных в выполнении государственных заказов, является эффективное использование бюджетных ассигнований. Премьер-министр Российской Федерации Д. А. Медведев отметил: «Оптимизировать расходы – это не значит только их сократить, меньше тратить, хотя это и важно. Здесь важным является и другое: сконцентрировать ресурсы на приоритетах. Грамотно планировать финансовые потоки, использовать свободные денежные средства» [110].

Переизбыток средств, полученных предприятием из бюджета, приводит, как правило, к нецелевому расходованию финансовых ресурсов, к их задержке на счетах предприятий в процессе неоднократного перераспределения, в результате чего государство терпит значительные убытки [76]. В свою очередь, недостаток объема бюджетных ассигнований может привести к невыполнению производственного плана предприятия. Наличие эффективной системы подготовки производства обуславливает возможность повышения качества внутрифирменного планирования, что приводит к формированию корректной бюджетной сметы. Внутрифирменное планирование представляет собой процесс формирования комплекса взаимосвязанных решений, направленных на обеспечение эффективного распределения и использования как материальных, так и нематериальных ресурсов предприятия.

Таким образом, одним из наиболее актуальных вопросов в радиоэлектронной промышленности является разработка и использование современных индивидуально-адаптированных инструментов внутрифирменного планирования. Такие инструменты могут быть реализованы на базе использования автоматизированных систем организационно-экономического управления предприятием.

**Степень разработанности проблемы.** Проблемы повышения эффективности системы внутрифирменного планирования на промышленных предприятиях

подробно рассмотрены рядом российских и зарубежных ученых-исследователей, среди которых необходимо выделить таких, как Л. И. Абалкин, Л. Гэллоуэй, Д. Д. Вачугов, О. С. Виханский, Ю. Н. Егоров, М. И. Бухалков, Р. Сталь, В. А. Горемыкин, Т. Уоллас, А. Т. Зуба и других.

Также необходимо отметить направление научных исследований, касающихся вопросов совершенствования системы внутрифирменного планирования с использованием экономико-математического аппарата. Указанная область научных исследований затронута в работах П. В. Авдулова, С. А. Жданова, Л. Л. Терехова, А. А. Спирина, П. Н. Коробова.

Несмотря на значительное количество публикаций, в рассматриваемой области остаются недостаточно изученными вопросы, связанные с исследованием практических методов повышения экономической эффективности системы внутрифирменного планирования подготовки мелкосерийного производства с учетом специфики выпускаемой высокотехнологичной продукции на предприятиях промышленного радиоэлектронного комплекса Российской Федерации.

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационного исследования является совершенствование инструментов и методов внутрифирменного планирования подготовки единичного и мелкосерийного производства на высокотехнологичных промышленных предприятиях радиоэлектронной отрасли. Для достижения поставленной цели в рамках диссертационного исследования были решены **задачи:**

– выявлены основные специфические особенности мелкосерийного и единичного производства наукоемкой продукции на предприятии радиоэлектронной промышленности;

– осуществлен корреляционно-регрессионный анализ показателей трудоемкости выполнения работ и подготовки технической документации с целью выявления динамики изменения эффективности функционирования автоматизированной системы организационно-экономического управления, функционирующей на предприятии, в среднесрочном и долгосрочном периодах;

– проведен анализ математических методов обработки массивов статистических данных, полученных в ходе оперативной деятельности предприятия, с использованием элементов теории вероятности и математической статистики в рамках общей теории эконометрических исследований;

– разработан механизм внутрифирменного планирования затрат на покупные изделия, материалы и комплектующие с целью последующей интеграции данного механизма в автоматизированную систему управления производством на высокотехнологичном предприятии радиоэлектронной промышленности;

– оценена эффективность разработанного индивидуально-адаптированного механизма внутрифирменного планирования затрат на материалы и покупные изделия (МПКИ).

**Объектом** исследования является высокотехнологичное предприятие, задействованное в единичном и мелкосерийном производстве наукоемкой радиоэлектронной продукции.

**Предметом** исследования являются организационно-экономические отношения, возникающие при решении задач совершенствования системы внутрифирменного планирования.

**Теоретической и методологической основой** диссертационного исследования послужили научные труды отечественных и зарубежных экономистов. В части разработки экономико-математического механизма внутрифирменного планирования затрат в качестве методологической основы использовались труды Е. М. Куликова, Р. Г. Брауна, С. А. Айвазяна, И. А. Герасимовича, Я. И. Матвеевой, В. С. Мхитаряна, М. Кендалла, Г. С. Кильдишева, А. А. Френкеля.

**Информационно-эмпирическую базу исследования** составили статистические данные, предоставленные профильным высокотехнологичным предприятием, а также материалы, полученные в результате исследований и расчетов диссертанта. Использована оперативная информация, представленная в открытом доступе в сети Интернет.

**Область исследования** соответствует паспорту научных специальностей ВАК при Минобрнауки России по специальности 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» (п. 1 Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами – промышленность): п. 1.1.4 – Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах; п. 1.1.13 – Инструменты и методы менеджмента промышленных предприятий, отраслей, комплексов; п. 1.1.15 – Теоретические и методологические основы эффективности развития предприятий, отраслей и комплексов народного хозяйства.

**Научная новизна** диссертационного исследования заключается в разработке механизма внутрифирменного планирования, основанного на созданной автором экономико-математической модели прогнозирования затрат будущих периодов на материалы и покупные изделия, а также в разработке методики оценки экономической эффективности функционирования системы конструкторско-технологической подготовки единичного и мелкосерийного производства радиоэлектронной продукции в краткосрочном и долгосрочном периодах.

Автором получены следующие результаты, характеризующие **научную новизну** исследования.

Установлена взаимосвязь показателей общей трудоемкости выполнения различных видов работ и трудоемкости подготовки пакета специальной документации в среднесрочном периоде, обуславливающая эффективность использования системы конструкторско-технологической подготовки производства на высокотехнологичных предприятиях радиоэлектронной промышленности в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства.

Выявлен эффект динамической адаптации системы конструкторско-технологической подготовки к реальным условиям производства, характеризующийся ежегодным снижением средней величины трудоемкости подготовки пакета документации. Это позволило обосновать целесообразность

долгосрочного использования данного класса систем в процессах мелкосерийного высокотехнологичного производства радиоэлектронной продукции.

Обоснован инструмент целевой обработки статистической информации, используемый в процессе внутрифирменного планирования затрат на материалы и покупные изделия. Он отличается возможностью учета таких факторов экономической неопределенности, как: наличие производственного брака, нестабильность курса иностранной валюты, изменение конъюнктуры рынка радиоэлектронных компонентов. В результате применения указанного инструмента установлена целесообразность использования логарифмически нормального закона распределения для описания статистических данных по затратам на материалы и покупные изделия, используемые в процессе мелкосерийного производства высокотехнологичной радиоэлектронной продукции.

Разработан механизм внутрифирменного планирования объема затрат на материалы и покупные изделия, используемые в процессе производства радиоэлектронной аппаратуры. В отличие от известных методов, основанных на экстраполяции фактически достигнутых результатов в прошлом периоде, разработанный механизм позволяет устанавливать количественное выражение меры взаимосвязи между статистическими данными различных временных периодов, в результате чего обеспечивается гибкость процесса принятия плановых решений.

**Практическая значимость результатов** диссертационного исследования подтверждается возможностью использования разработанного механизма внутрифирменного планирования затрат на МПКИ в оперативной производственной деятельности одного из высокотехнологичных предприятий, что подтверждается Актом о внедрении результатов диссертационной работы.

Диссертационная работа выполнена на кафедре экономики промышленности ФГОБУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова» в рамках направлений исследований Научной школы «Промышленная и экономическая безопасность». Основные положения диссертационного исследования представлялись в форме научных докладов на научно-практических конференциях в Москве (2015 г.,

2017 г.), Липецке (2016 г.), Новосибирске (2016 г.), а также использовались в учебном процессе при проведении практических занятий со студентами РЭУ им. Г.В. Плеханова по дисциплине «Экономика фирмы».

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 12 научных работ общим объемом 4,4 п.л. (авт. 3,4 п.л.), в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

**Структура диссертации.** Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 117 наименований, и четырех приложений. Основная часть диссертации выполнена на 126 страницах, содержит 17 таблиц, 34 рисунка, 27 формул.

# **ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНУТРИФИРМЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ**

## **1.1 Генезис теоретических концепций управления и внутрифирменного планирования высокотехнологичных производственных процессов**

Разработка и внедрение в производство высокотехнологичного продукта – это трудоемкий и многоэтапный процесс, который требует значительного объема материальных затрат и трудовых ресурсов и, как следствие, наличия эффективной системы внутрифирменного планирования [36]. Данный процесс усложняется в большей мере, когда речь идет о производстве наукоемкого продукта в сфере радиоэлектроники. Очевидно, что производство радиоэлектронного оборудования требует использования высококвалифицированной рабочей силы, а также значительных затрат.

Управление высокотехнологичным производством в узкоспециализированной сфере – это сложный многофакторный процесс, требующий комплексного подхода [66].

Эволюция теорий управления, которые легли в основу управленческих стратегий современных высокотехнологичных производств, происходила постепенно наряду со все большей диверсификацией и специализацией производственных процессов [97, 82]. Впервые вопросы, связанные с процессом управления и внутрифирменного планирования производства с научной точки зрения, были рассмотрены американским инженером Фредериком Уинслоу Тейлором (1856 – 1915 г.). В таких трудах, как «Принципы научного управления», «Научная организация труда», «Управление предприятием» ученый изложил свои основные мысли относительно способов, методов и инструментов управления трудом на производстве. В них Ф. Тейлор писал: «Жизнь, представляющая одну сплошную борьбу, вряд ли стоит того, чтобы ее поддерживать... следует изменить саму систему управления так, чтобы интересы рабочих и предпринимателей стали

тождественными...подумайте о том, какие выгоды это означает для целой нации» [81].

В рамках своих исследований Ф. Тейлор разработал и внедрил в производство сложную систему эффективных организационных инструментов внутрифирменного планирования и управления: хронометраж, инструктивные карточки, сдельно-дифференциальная система оплаты труда. Ученый разделил функции планирования и функции управления и особо выделил такое подразделение на предприятии, как плановое бюро. Согласно трудам Ф. Тейлора, основными принципами организации производственного процесса являются:

научно обоснованный подход к анализу различных видов трудовой деятельности;

отбор, тренировка и обучение рабочих и менеджеров на основе научных критериев;

адекватное, рациональное и справедливое распределение обязанностей;

тесное сотрудничество административного персонала с производственными рабочими.

Все эти меры были разработаны Ф. Тейлором с целью рационализации и, как следствие, повышения производительности труда.

Среди наиболее известных последователей Ф. Тейлора можно назвать таких ученых и инженеров, как Генри Форд, Генри Гантт, Фрэнк Гилбрет, Лилиан Гилбрет, Харрингтон Эмерсон и другие [93].

Новое слово в систему внутрифирменного планирования производственных процессов внес американский инженер Генри Гант. В результате своих научных исследований производственного процесса как единого целого, ученому удалось разработать так называемые ленточные графики или, по-другому, графики Ганта, которые позволяют осуществлять моделирование производственного процесса во временном разрезе. Основным преимуществом графиков Ганта является возможность контроля выполнения плановой программы, а также ее формирования на будущие периоды.

Представляют особый интерес взгляды Генри Ганта на роль бизнеса в общественном развитии, которые несколько расходятся со взглядами Ф. Тейлора. Он считал, что наиважнейшим фактором, определяющим гармонию взаимоотношений бизнеса и общества, является соблюдение социальной этики, несмотря на тот факт, что основным стимулом существования производственной деятельности в условиях капиталистического общества является прибыль. Иными словами, успешная интеграция производственной деятельности в общественное сознание возможна лишь при условии высокой социальной ответственности бизнеса [92].

Эволюция теорий оптимизации управленческой деятельности, а также изучение процессов внутрифирменного планирования на производственных предприятиях с научной точки зрения получили свое развитие в трудах супружеской пары Фрэнка и Лилиан Гилберт. Основным трудом Ф. Гилберта является монография «Введение в научный менеджмент», в которой ученый методично и достаточно прозрачно изложил основные понятия теории управленческой мысли, используя вопросы и ответы на них как основной инструмент предоставления информации. Его жена Лилиан Гилберт занималась вопросами подбора персонала с научной точки зрения. В своей диссертации Лилиан использовала психологические аспекты при отборе персонала и исследовании рабочих мест. Она стала первой женщиной в Соединенных Штатах Америки, получившей степень доктора по психологии.

Среди наиболее известных практиков организации, управления и внутрифирменного планирования высокотехнологичного производства необходимо выделить Г. Форда. На его предприятии впервые была разработана конструкция легкового автомобиля. Г. Форд стал одним из первопроходцев в сфере автоматизации и механизации производства. В 1913 г. он разработал и внедрил в производство такой передовой высокотехнологичный элемент оптимизации трудового процесса, как конвейер, за счет чего удалось сократить время сборки автомобиля почти в 10 раз. Таким образом, конвейер стал неотъемлемым элементом массового поточного производства.

Помимо указанных достижений, Г. Форд разрабатывал и совершенствовал систему внутризаводского транспорта, занимался повышением уровня стандартизации различных элементов производства, а также организацией предметных участков и линий прямого характера производства.

Необходимо отметить вклад американского инженера Харрингтона Эмерсона, исследования которого были направлены на разработку принципов организации производства, а также на исследование понятия эффективности. Под термином «эффективность» или «производительность» Эмерсон подразумевал оптимальное соотношение между экономическим результатом, который может исчисляться как в денежном, так и в натуральном выражении, и совокупными расходами на производство продукта. Иными словами, решающее значение при определении понятия «эффективности» имеет экономический результат, достигнутый в результате определенных материальных и нематериальных затрат. Среди основных публикаций Харрингтона Эмерсона можно выделить такие книги, как «Производительность как основание для управления и оплаты труда», написанную в 1900 г., а также «Двенадцать принципов производительности», изданную в 1912 г.

В 1920-1950 гг. свое активное развитие получила классическая школа управленческой мысли, образование которой неразрывно связано с именем известного теоретика и практика менеджмента Анри Файоля. Основные усилия единомышленников А. Файоля, а именно Л. Урвика и Дж. Муни, были направлены на создание ряда универсальных принципов управления. Сторонникам административной школы управления был присущ глобальный взгляд на предприятие и рассмотрение его в качестве единого целого. В результате детального анализа деятельности предприятия А. Файоль выделил основные сферы деятельности организации, среди которых необходимо отметить техническую, финансовую, коммерческую, бухгалтерскую, защитную и административную сферы. Функционирование любого предприятия подразумевает наличие производственного процесса или оказание услуг (техническая сфера деятельности), а также деятельность, связанную с закупками материалов и

полуфабрикатов, сбытом готовой продукции (коммерческая деятельность). Финансовая деятельность предприятия включает в себя комплекс мер по привлечению, сохранению и эффективному использованию денежных ресурсов организации. С целью осуществления контроля финансовой и производственной активности предприятия в рамках бухгалтерской деятельности осуществляется контроль посредством статистических наблюдений, инвентаризаций и т.п. Также необходимо отметить функции защиты жизни, личности и собственности работников предприятия. Одной из наиболее важных сфер деятельности, с точки зрения оптимизации процессов управления предприятием и максимизации прибыли, является административная сфера деятельности. В отличие, например, от Тейлора, Файоль доказывал, что административные функции существуют на любом уровне, и в известной мере их выполняют даже рабочие [20].

Помимо классификации видов деятельности предприятий, А. Файоль разработал известные принципы управления организацией, которые включают в себя 14 базовых положений: разделение труда, власть, дисциплина, единство распорядительства (командования), единство руководства, подчинение частных интересов общему, вознаграждение, централизация, иерархия, порядок, справедливость, постоянство состава персонала, инициатива, единение персонала [49]. Указанные принципы являются актуальными для любого предприятия, в том числе и для высокотехнологичных предприятий радиоэлектронной промышленности.

Неспособность классической школы управления в полной мере адекватно оценить роль человеческого фактора в производственном процессе привела к развитию теории управленческой мысли иного направления, целеориентированного на изучение системы человеческих отношений. Отличительной чертой возникшего в 1930 - 1950 гг. научного течения стало принципиально иное восприятие человека и его роли в производственной системе. Основопологающим направлением исследований представителей школы человеческих отношений являлись изучение процессов мотивации персонала,

анализ вопросов лидерства и власти, а также других различных процессов трудовой жизни персонала.

В противоположность предыдущим научным направлениям, ученые школы человеческих отношений сосредоточили свое внимание на изучении влияния рабочего персонала на эффективность функционирования предприятия в целом, а также на разработку методов использования интеллектуальных ресурсов личности. Значительный вклад в развитие данного направления исследований внес американский психолог и социолог Элтон Мэйо. В результате проведения многочисленных экспериментов им было установлено, что не во всех случаях, в силу психологических особенностей человека, повышения производительности труда можно достичь путем выплаты хорошей заработной платы и установления четко разработанных рабочих операций. В своих работах Элтон Мэйо подчеркивает важность изучения психологических мотивов личности работника и факторов, влияющих на его поведение, и отмечает, что в процессе «триумфального» промышленного прогресса общественность опрометчиво пренебрегает изучением такого наиважнейшего аспекта, как человеческие отношения [102].

В результате знаменитого Хоторнского эксперимента Элтон Мэйо совместно с рядом других ученых установил ряд положений, которые легли в основу развития нового течения – индустриальной социологии. Среди основных результатов данного эксперимента можно выделить открытие феномена неформальной организации, подразумевающей существование внутри рабочих бригад особых неформальных отношений, что в последующем позволило разработать принципы управления производством с учетом неформальных элементов структуры. Один из участников эксперимента Ф. Ретлисбергер подчеркивал, что, уделяя внимание изучению лишь экономических и логических посылок, не представляется возможным всецело понять поведение рабочего, оставив без внимания роль групповых привычек и традиций [104].

Консультант по вопросам управления, американский социолог и один из основоположников теории организаций и организационного поведения Мэри

Паркер Фоллет также подчеркивала важность вопросов «понимания природы человека и взаимодействия в обществе» [95, 96]. Именно она впервые определила сущность менеджмента как «обеспечение выполнения работы с помощью других лиц» [27]. Фоллет была убеждена, что для установления эффективного процесса управления менеджер должен отказаться от формальных взаимоотношений с персоналом и выступить в качестве их лидера, в связи с чем принцип иерархического разделения между руководящим персоналом и подчиненными должен базироваться на превосходстве в знаниях и квалификационных навыках.

Необходимо также отметить вклад исследователей поведенческих концепций Абрахама Маслоу и Дугласа Мак-Грегора в общее развитие школы человеческих отношений. В рамках изучения человеческой природы А. Маслоу было установлено, что основными мотивами поступков индивидуума являются различные виды потребностей, а не экономические силы, в результате чего была разработана теория потребностей индивидуума, известная как «пирамида потребностей», в основании которой лежат первичные, физиологические потребности, а ближе к вершине – духовные [90].

В свою очередь, американский социальный психолог Дуглас Мак-Грегор создал две основополагающие теории, касающиеся разработки оптимальных методов мотивации рабочего персонала, – теорию X и теорию Y. Согласно теории X, основой мотивации персонала служат жесткие авторитарные действия руководящего состава, в то время как теория Y подразумевает самоконтроль и ощущение целостности и принадлежности к коллективу, что приводит к самоорганизации, высокой ответственности работника и является наилучшим инструментом мотивации.

В своей книге «The Human Side of Enterprise» Мак-Грегор заявляет о несостоятельности традиционного подхода управления в части рассмотрения вопросов мотивации и считает целесообразным при изучении данной сферы опираться на работы его коллеги и современника Абрахама Маслоу [100, 103].

Ученый акцентировал внимание на том, что в различных ситуациях требуются различные подходы к управлению, иными словами, использование

некой универсальной стратегии поведения руководящего состава невозможно, подход к управлению персоналом должен быть гибким и адаптированным в зависимости от конкретной текущей обстановки в коллективе.

Еще одним выдающимся основоположником социального менеджмента является историк и философ Макс Вебер, который в своих работах уделял особое внимание экономическому поведению людей, а также изучал существующие взаимосвязи между экономикой и другими важнейшими социальными сферами деятельности человека.

Интенсивное развитие отечественной теории и практики управления начинается в 20-е гг. XX в. Первые десятилетия советской власти характеризуются поиском новых методов управления, созданием спорных, противоречивых организационных теорий.

Одним из первых вопросами управления и внутрифирменного планирования производственными процессами в России с научной точки зрения стал заниматься Д. К. Советкин. Являясь преподавателем императорского технического училища, он разработал «русский метод практической подготовки специалистов», который включает в себя исследование таких процессов, как классификация изделий в зависимости от степени трудоемкости их обработки, формирование порядка выполнения различных производственных операций, изготовление оснастки и инструмента, предназначенных для осуществления производственных операций [37].

Среди отечественных ученых, занимавшихся вопросами внутрифирменного планирования, необходимо отметить труды О. А. Ерманского. В основе его научных исследований лежит психофизиологическая концепция, в рамках которой разработана теория «физиологического оптимума». По результатам изучения и анализа трудов американского инженера-исследователя Ф. Тейлора, О. А. Ерманский обратил внимание на способ установления норм выполнения работ производственными рабочими. Его главной идеей является установление норм в соответствии с физиологическими особенностями организма человека, в отличие от так называемой системы Тейлора, где нормы устанавливаются

максимально возможными с целью получения наибольшей доходности производства [73].

Также необходимо отметить значительный вклад в развитие теории управления трудовыми процессами, который внес А. К. Гастев. По его инициативе был учрежден Центральный институт труда. Среди работ А. К. Гастева наиболее известными стали «Трудовые установки» и «Как надо работать». В компетенцию Центрального института труда входила разработка методических рекомендаций, направленных на оптимизацию процесса подготовки рабочих кадров. В основу построения моделей производственного процесса легли виды движений предметов труда, а именно: последовательный, параллельный и последовательно параллельный виды, которые были разработаны профессором О. И. Непорентом [68].

Впервые в России учебные курсы по организации производства были сформированы Н. Ф. Чарновским, который систематизировал и обобщил технико-экономические принципы организации производства, такие как непрерывность и уплотнение технологического процесса, специализация и комбинирование производства, рациональная эксплуатация производственного оборудования, а также оптимальная загрузка производственных мощностей [35].

По мере ускорения технического прогресса все больше ученых посвящали свои труды изучению вопросов, связанных с организацией производственных процессов. Такие ученые, как В. П. Горячкин, Э. А. Сатель, М. М. Сперанский, И. И. Платонов, Н. Н. Рождественский, В. Н. Лешков, И. Е. Андреевский, Н. А. Вознесенский, А. В. Венедиктов, А. А. Аракелян и многие другие внесли значительный вклад в развитие теории управления производственными процессами, что послужило фундаментом для развития современных высокотехнологичных производств [17, 27].

Новая тенденция развития теоретических концепций управленческой мысли с научной точки зрения была задана выдающимся советским ученым Н. Д. Кондратьевым, который подошел к проблеме внутрифирменного планирования распределения ресурсов на предприятии с математической точки

зрения. В 1975 г. Н. Д. Кондратьев стал лауреатом Нобелевской премии по экономике, которую ему принесла работа «Математические методы организации и планирования производства». В данной работе впервые рассматривались методы линейного программирования как инструмент оптимального распределения ресурсов на предприятии [28]. Благодаря Н. Д. Кондратьеву методы линейного программирования сегодня используются на современных высокотехнологичных предприятиях промышленности. Н. Д. Кондратьевым также была разработана концепция «длинных волн», касающаяся изучения цикличности процессов в экономике. Согласно указанной теории, источником «длинных волн» является всякое радикальное новшество. В начале XX в. Й. Шумпетер на основании работ Н. Д. Кондратьева, также основываясь на работах А. Афгальона, М. Ленуара, М. Туган-Барановского, В. Парето, исследовавших вопросы существования средних и коротких волн циклических экономических процессов, сформулировал теорию инноваций. Это положило начало развитию концепции инновационного менеджмента. Цели управления инновационной деятельностью – генерирование, инициирование, контролирование новых идей, создание условий для разработки и вывода инновационной продукции на рынок [32, 38, 108, 22]. В настоящее время теоретические положения инновационного менеджмента активно используются на современных предприятиях промышленности при производстве высокотехнологичной продукции, в том числе на предприятиях радиоэлектронной промышленности.

Развитие теорий управления и внутрифирменного планирования производством осуществлялось эволюционно, путем возникновения научных школ и их взаимодействия. Очевидно, что в процессе дальнейшего технологического развития общества всегда будет иметь место такой трудоемкий и многоэтапный процесс, требующий значительного размера материальных затрат и трудовых ресурсов, как внедрение в производство нового высокотехнологичного продукта [88]. Именно поэтому вопросы, связанные с разработкой оптимальной стратегии управления высокотехнологичным производством, не становятся менее актуальными в современном обществе.

## 1.2. Специфика производства наукоемкой продукции в радиоэлектронной промышленности

Для формирования эффективной системы внутрифирменного планирования на промышленном предприятии необходимо учитывать специфические особенности, характерные для процесса производства высокотехнологичной радиоэлектронной продукции. В радиоэлектронной промышленности укрупненно можно выделить три основных стадии создания высокотехнологичного наукоемкого изделия, которые изображены на рисунке 1.2.1.



Рисунок 1.2.1 – Основные стадии создания высокотехнологичного продукта в радиоэлектронной промышленности\*

\*Источник: составлено автором

Таким образом, разработка высокотехнологичного продукта в радиоэлектронной промышленности включает в себя следующие этапы: этап научно-исследовательских разработок, этап опытно-конструкторских работ и завершающую стадию – передачу изделия в опытную эксплуатацию. Остановимся более подробно на этапе научно-исследовательских работ.

Рассмотрим основные виды НИР в промышленности. Существуют как теоретические НИР непромышленного назначения, так и НИР, направленные на разработку, совершенствование, модификацию и модернизацию реального высокотехнологичного продукта. Однако нас, прежде всего, интересуют работы,

связанные непосредственно с производственным процессом, поэтому в дальнейшем будем говорить только о тех НИР, в результате которых создаются макеты.

На предприятиях радиоэлектронной промышленности, в зависимости от сложности проводимых работ, а также от характера поставленных задач, выделяют следующие виды НИР: прогнозно-аналитические, поисковые, прикладные.

В процессе проведения прогнозно-аналитической НИР осуществляется доработка отдельных подсистем уже существующего продукта, в результате чего достигаются незначительные улучшения тактико-технических характеристик высокотехнологичного продукта. Такие НИР, как правило, имеют место в тех случаях, когда произведенная наукоемкая продукция по истечении определенного периода времени морально устаревает, однако разработанная ранее материально-техническая база подлежит модернизации. В ряде случаев данный тип НИР позволяет ощутимо сократить издержки производства, поскольку создание аналогичного продукта «с нуля» требует значительно больших затрат.

В результате поисковой НИР осуществляется замена основных подсистем образца на подсистемы нового поколения, приводящая к значительному улучшению тактико-технических характеристик. Рассматриваемая разновидность НИР аналогична прогнозно-аналитическим НИР, однако модернизация объекта исследований предполагает более глубокие структурные изменения, в результате которых образец приобретает не свойственные ему ранее характеристики.

Вариант разработок, в результате которых реализуется совокупность нововведений, затрагивающих образец в целом и придающих ему принципиально новые свойства, предполагает проведение прикладной НИР. Данной разновидности работ присуща самая высокая неопределенность в степени качества полученных результатов. Также необходимо отметить, что именно проведение данного вида НИР подразумевает наибольшие материальные и интеллектуальные затраты, вследствие своей значительной трудоемкости.

Очевидно, что создание высокотехнологичного продукта в радиоэлектронной промышленности, например системы связи, - это индивидуальный процесс, имеющий свои специфические особенности: стоимость комплектующих, трудоемкость, длительность и т.п. Однако в результате анализа структуры цены ряда научно-исследовательских работ, проводимых в рамках государственных заказов, были выявлены некоторые специфические особенности, характерные для определенных типов НИР. Для того, чтобы обозначить эти характерные черты, рассмотрим структуры стоимости нескольких различных видов НИР по созданию средств связи, выполняемых в рамках государственных заказов (ГЗ). В рассматриваемых примерах при расчете стоимости ГЗ использовался метод прямого калькулирования себестоимости [109].

На рисунке 1.2.2 рассмотрена структура стоимости прогнозно-аналитической НИР, в результате которой осуществлялась доработка отдельных технических характеристик системы связи.

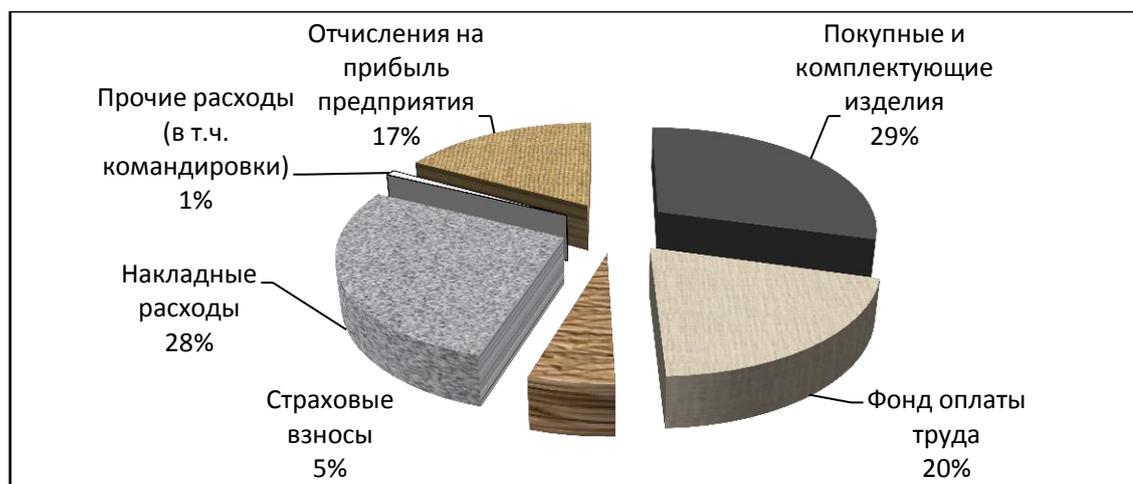


Рисунок 1.2.2 – Структура стоимости типовой прогнозно-аналитической НИР, выполняемой в рамках ГЗ 2016 г. по совершенствованию существующей системы радиосвязи\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных предприятиями промышленности.

Исходя из соотношения величин основных статей затрат, представленных на рисунке 1.2.2, видно, что наибольшая доля расходов предприятия относится к таким статьям затрат, как покупные комплектующие изделия и материалы, фонд

оплаты труда и накладные расходы. К накладным расходам предприятия, рассчитываемым пропорционально фонду оплаты труда, относятся следующие основные виды статей затрат: затраты на ремонт и аренду зданий и сооружений, на оплату труда административно - управленческого персонала, переобучение и повышение квалификации работников, затраты, связанные с возникновением брака, обслуживанием основного производства, а также с эксплуатацией основных средств. Как правило, на предприятиях радиоэлектронной промышленности основную часть накладных расходов (от 60 до 75%) составляют затраты на оплату труда административно-управленческого персонала, остальная часть относится к затратам на содержание и использование основных средств. Прежде всего, это связано с высокой наукоемкостью производимой продукции [59]. Затраты на фонд оплаты труда оцениваются, исходя из величины трудоемкости выполняемого заказа, выраженной в человеко-часах.

Аналогично рассмотрим структуру стоимости ГЗ при проведении поисковой НИР по модернизации отдельных узлов высокотехнологичной системы связи, которая представлена на диаграмме 1.2.3.

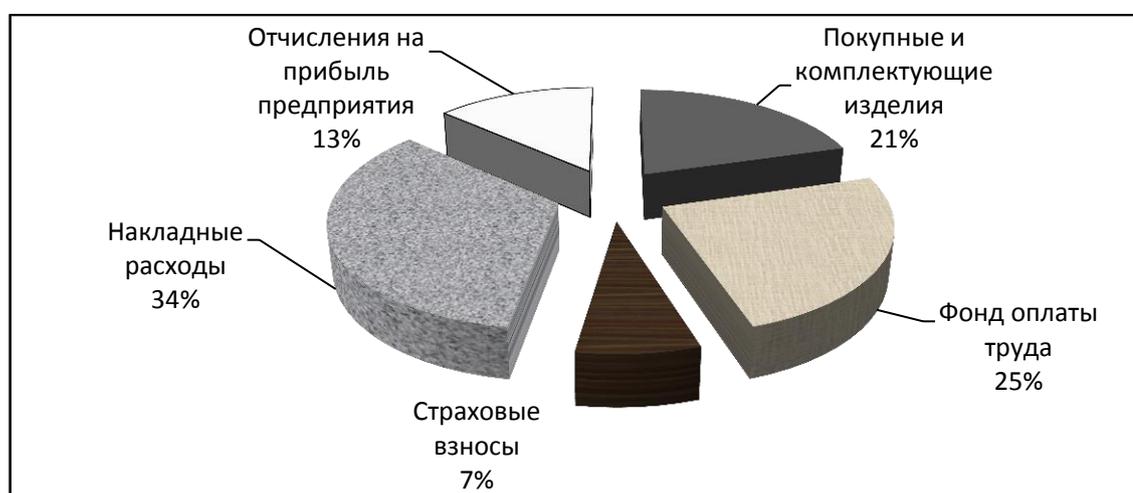


Рисунок 1.2.3 – Структура стоимости поисковой НИР, выполняемой в рамках ГЗ 2016 г. по модернизации существующей системы радиосвязи\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных предприятиями промышленности.

Согласно рассмотренной в качестве примера структуре стоимости типовой поисковой НИР, основными статьями затрат являются те же затраты, что и в

структуре стоимости прогнозно-аналитической НИР, однако их соотношение относительно друг друга имеет принципиально другой характер. В процессе поисковой НИР затраты на фонд оплаты труда преобладают над стоимостью покупных комплектующих и материалов. Величины накладных расходов и страховых взносов возрастают пропорционально величине фонда оплаты труда, поэтому определяющее значение в структуре стоимости заказов имеют статьи затрат, касающиеся покупных комплектующих и материалов и фонда оплаты труда.

Далее рассмотрим структуру стоимости прикладной НИР. На рисунке 1.2.4, аналогично предыдущим примерам, представлена структура стоимости прикладной НИР, выполняемой в рамках ГЗ по созданию принципиально новой системы радиосвязи.

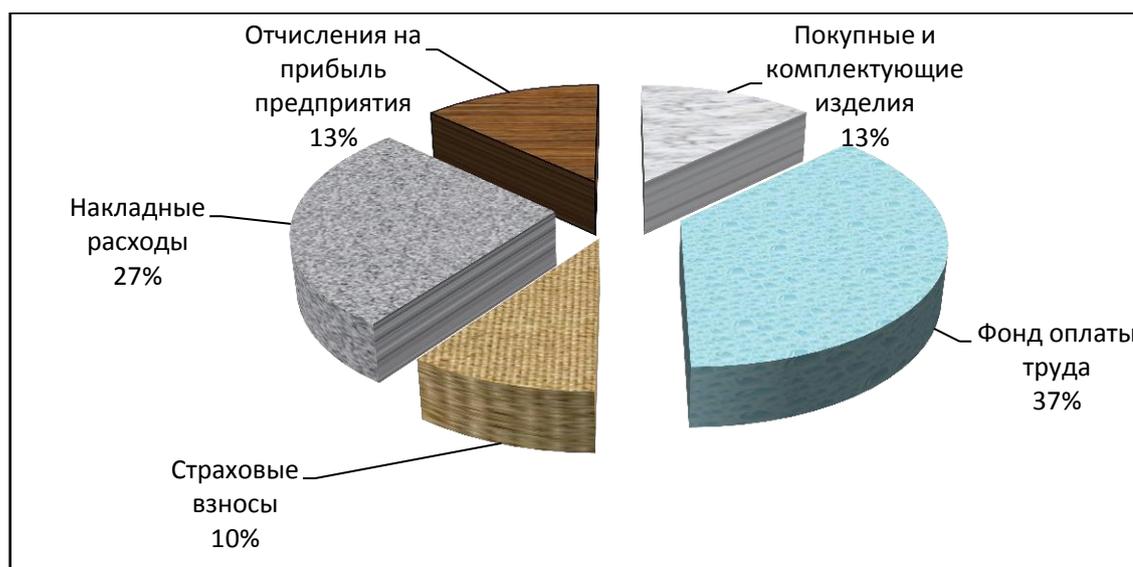


Диаграмма 1.2.4 – Структура стоимости прикладной НИР, выполняемой в рамках ГЗ 2016 г. по созданию принципиально новой системы радиосвязи\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных предприятиями промышленности.

Динамика процентного соотношения величин статей затрат в рассмотренных примерах показывает, что наибольшая доля по статье фонда оплаты труда относительно статьи покупных комплектующих изделий и материалов присуща прикладной НИР, в то время как наименьшее значение она имеет при проведении прогнозно-аналитической НИР.

Необходимо отметить, что на этапе научно-исследовательских работ существует неопределенность в степени эффективности получаемых результатов, что влечет за собой увеличение финансовых рисков. В этих условиях решающее значение приобретает возможность адаптации производственной и управленческой структур к изменяющимся экономическим условиям [83].

В связи с этим при производстве высокотехнологичной трудоемкой продукции требуется высококвалифицированный управленческий персонал, способный принимать непосредственное участие в процессе разработки и формировать оптимальное направление развития предприятия.

Таким образом, можно сделать вывод относительно особенностей проведения различных видов НИР в радиоэлектронной промышленности. При увеличении сложности заказов, то есть при возрастании степени наукоемкости и высокотехнологичности решаемых задач, которая условно определяется различными видами НИР, доля затрат по статье «Фонд оплаты труда» в процентном соотношении возрастает относительно доли покупных и комплектующих изделий и материалов, что математически можно записать в виде следующей элементарной формулы:

$$\frac{\text{ФОТ}}{\text{МПКИ}} \geq 1 \quad (1.2.1)$$

Для подтверждения выдвинутой гипотезы рассмотрим ряд различных НИР, выполняемых в рамках ГЗ по разработке систем связи и проанализируем соотношения двух интересующих нас статей затрат, а именно ФОТ и МПКИ. На рисунке 1.2.5 наглядно изображена статистика соотношения двух статей затрат ФОТ и МПКИ при проведении девяти прикладных НИР за 2014-2016 гг. Аналогично проанализируем ряд поисковых НИР и представим статистические данные по семи ГЗ на рисунке 1.2.6.

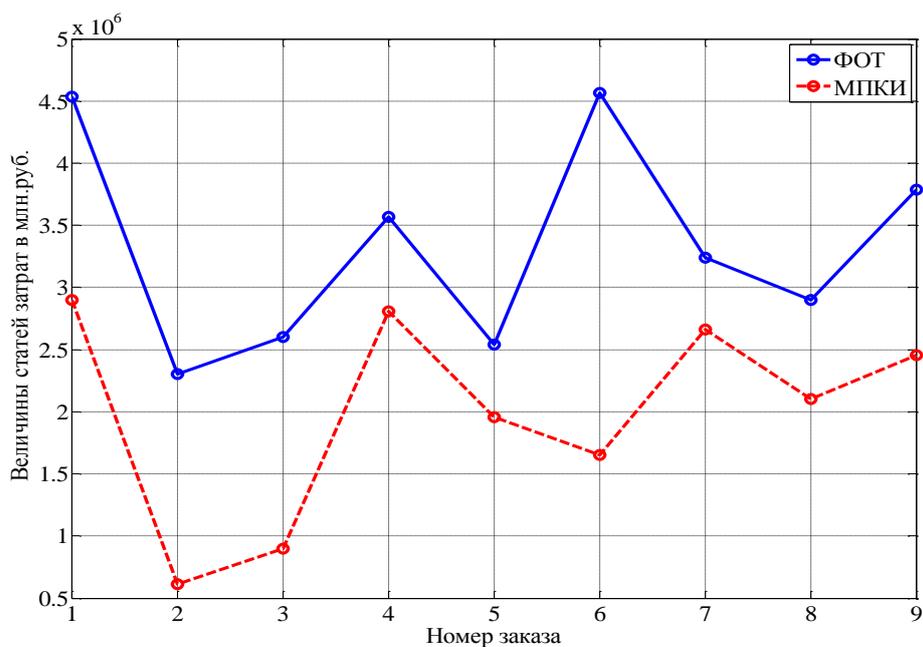


Рисунок 1.2.5 – Соотношение величин статей затрат ФОТ и МПКИ при проведении прикладных НИР\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных промышленными предприятиями.

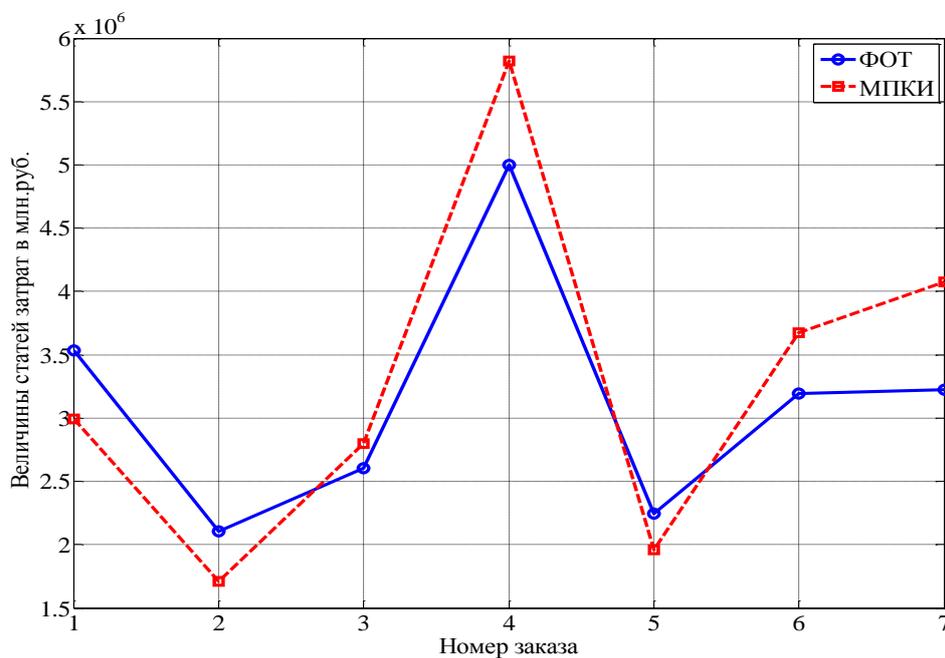


Рисунок 1.2.6 – Соотношение статей ФОТ и МПКИ при проведении поисковых НИР\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных промышленными предприятиями.

Для рассматриваемых пяти прикладных НИР отношение статей затрат ФОТ к МПКИ лежит в пределах:

$$1,269 \leq \frac{\text{ФОТ}}{\text{МПКИ}} \leq 3,770 \quad (1.2.2)$$

Таким образом, гипотеза о том, что соотношение статей затрат ФОТ/МПКИ для прикладных НИР имеет значение больше единицы подтверждается статистическими данными.

Для рассматриваемых семи поисковых НИР, выполняемых в рамках ГЗ, отношение статей затрат ФОТ к МПКИ лежит в пределах:

$$1,791 \leq \frac{\text{ФОТ}}{\text{МПКИ}} \leq 1,181 \quad (1.2.3)$$

Рассмотрим статистику, касающуюся ряда прогнозно-аналитических НИР. На рисунке 1.2.7 наглядно отображены величины анализируемых нами статей затрат.

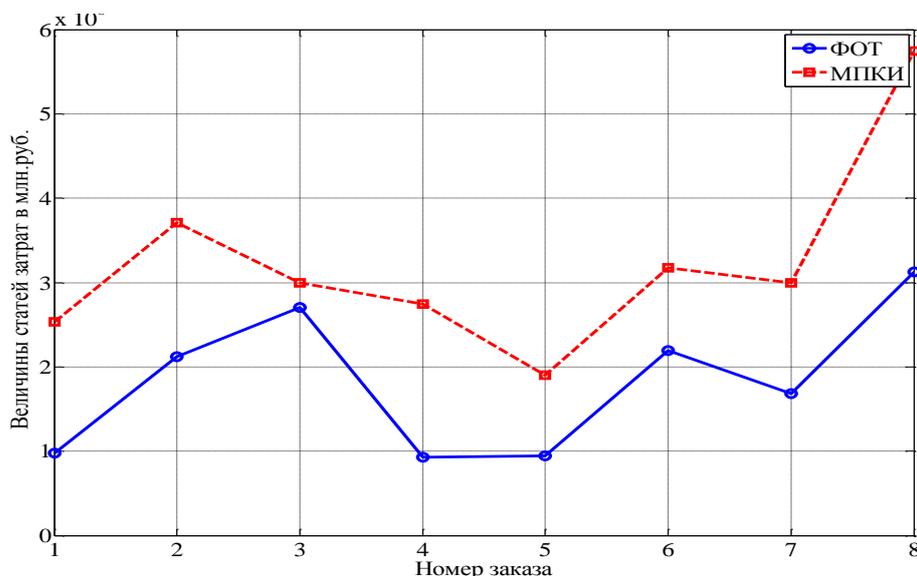


Рисунок 1.2.7 – Соотношение статей затрат ФОТ и МПКИ при проведении прогнозно-аналитических НИР\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных промышленными предприятиями.

Соответственно для рассматриваемых шести прогнозно-аналитических НИР, выполняемых в рамках ГЗ, отношение статей затрат ФОТ к МПКИ лежит в пределах:

$$0,496 \leq \frac{\text{ФОТ}}{\text{МПКИ}} \leq 0,903 \quad (1.2.4)$$

Данные статистического анализа подтверждают предположение о зависимости соотношения величин статей затрат от вида НИР. В целом вид НИР при расчете стоимости заказа методом прямого калькулирования можно определить, исходя из соотношения лишь двух статей затрат ФОТ/МПКИ. Таким образом, представляется возможным классифицировать НИР, используя указанное выше соотношение. Необходимо также отметить высокую стоимость комплектующих и материалов; прежде всего такая ситуация присуща сфере производства систем связи, различной приемной и передающей аппаратуры. К сожалению, на сегодняшний день отрасль производства высокотехнологичной радиоэлектронной аппаратуры в высшей степени зависима от иностранной компонентной базы, поэтому основную часть затрат на МПКИ составляют именно покупные изделия, такие, как: аналогово-цифровые преобразователи, цифро-аналоговые преобразователи, усилители, фильтры, программируемые логические интегральные микросхемы, процессоры и т.п. [98,72]. Закупки могут осуществляться как напрямую у компании-производителя, так и у фирм-посредников. У многих производителей не хватает финансовых ресурсов для осуществления прямых доставок продукции. Но даже если производитель и может позволить себе создать собственные каналы распределения, во многих случаях он заработает больше, если увеличит капиталовложения в свой основной бизнес. Использование посредников объясняется в основном их высокой эффективностью в обеспечении широкой доступности товара и доведения его до целевых рынков [69]. Без сомнения, этот факт, с учетом нестабильности курса доллара, негативно влияет на общую структуру затрат – значительно увеличиваются расходы на комплектующие и покупные изделия.

Типовой процесс научно-исследовательских разработок включает в себя этапы, отраженные в таблице 1.2.1.

Таблица 1.2.1 – Основные этапы проведения НИР\*

№ этапа	Наименование этапа
1	Формирование технического задания (ТЗ) и технико-экономического обоснования (ТЭО) на НИР.
2	Оформление сопутствующей документации на открытие заказа.
3	Проведение исследований в соответствии с ТЗ.
4	Закупка МПКИ
5	Разработка конструкторской документации
6	Изготовление макета(ов)
7	Комплексная настройка макета(ов) и отладка программного обеспечения
8	Разработка эксплуатационной документации
9	Рассмотрение и оценка предъявляемой отчетной научно-технической документации, других материалов по этапу на соответствие требованиям технического задания.
10	Разработка программы и методики приемки этапа (испытаний и приёмки макетов).
11	Проведение предварительных испытаний (ПИ).
12	Доработка изделия по результатам ПИ (в случае необходимости).
13	Оценка научно – технического уровня исследований, обоснованность предлагаемых решений и выданных рекомендаций по реализации и использованию результатов НИР.
14	Оценка достаточности полученных результатов для практического использования предложенных методов, возможные направления дальнейших исследований.
15	Подготовка НТО и проекта ТТЗ на дальнейшие работы.
16	Проведение мероприятий по государственному учету объекта интеллектуальной собственности (ОИС).
17	Подготовка и утверждение программы приемки НИР.
18	Проведение государственных испытаний.

\*Источник: составлено автором

Теперь остановимся более подробно на рассмотрении процесса формирования стоимости опытно-конструкторских работ. Аналогично рассмотрим детализацию стоимости государственных заказов по созданию высокотехнологичных средств связи. Как и в случае с НИР, расчет стоимости ОКР производится методом калькулирования.

Проанализируем ОКР 2015 – 2016 гг. В таблице 1.2.2 представлены результаты обобщения и сбора статистических данных, касающихся структур стоимости десяти ОКР за 2015 – 2016 гг.

Таблица 1.2.2 – Детализация структуры стоимости выполнения государственных заказов в рамках ОКР различной сложности по созданию средств связи за 2014 – 2016 гг.\*

Статья затрат Номер заказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
МПКИ	12 300 000	5 000 000	5 000 000	7 000 000	8 550 000	5 320 000	2 400 000	3 550 800	6 266 297	4 450 000
ФОТ	7 425 583	3 732 000	2 700 000	5 127 800	7 955 859	3 628 050	1 457 312	1 732 430	3 951 007	4 812 551
Отчисления на социальное страхование	2 242 526	1 120 000	810 000	1 548 595	2 704 669	954 180,00	742 108	523 193,86	1 193 204	1 453 390
Накладные расходы	10 299 283	5 131 000	3 712 000	7 112 259	12 385 953	4 988 570	3 398 462	2 402 880	7 966 161	6 655 758
Прочие расходы (в т. ч. командировки)	1 388 600	1 800 000	830 000	409 000	1 284 600	150 000	580 000	456 963	0	0
Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями	0	2 700 000	0	0	0	0	0	855 767	0	0
Себестоимость	33 655 993	19 483 000	13 053 000	21 197 654	32 881 083	15 040 800	8 577 882	9 522 034	19 376 669	17 371 699
Отчисления на прибыль	4 356 198	2 517 000	1 958 000	2 892 621	5 118 916	2 256 200	1 449 576	1 055 088	2 684 737	2 628 839
Итого стоимость заказа	38 012 191	22 000 000	15 011 000	24 090 275	38 000 000	17 297 000	10 027 459	10 577 123	22 061 406	20 000 539

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных промышленными предприятиями, задействованными в выполнении ГЗ по созданию систем связи.

Проанализируем данные, представленные в таблице 1.2.1. Прежде всего, как и в случае с НИР, рассмотрим соотношение статей затрат ФОТ и МПКИ, представим полученные результаты на рисунке 1.2.8.

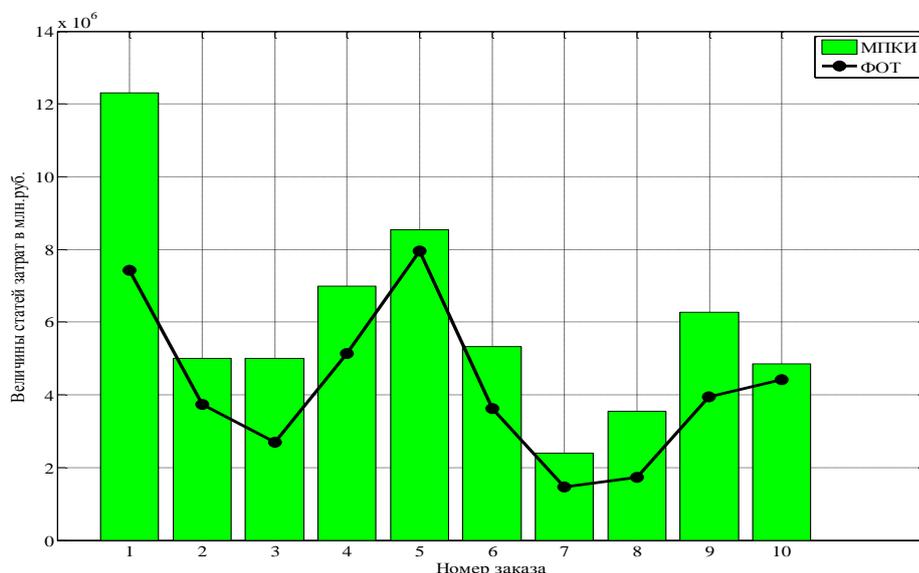


Рисунок 1.2.8 – Соотношение статей затрат ФОТ и МПКИ при проведении ОКР\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных промышленными предприятиями, задействованными в выполнении ГЗ по созданию систем связи.

Как уже было отмечено, стоимость заказа на ОКР рассчитывается аналогично стоимости НИР. В отличие от НИР, соотношение стоимости статей затрат ОКР значительно не изменяются в зависимости от степени сложности выполнения работы. Однако структура стоимости ОКР имеет свои отличительные особенности. Прежде всего это касается соотношения доли затрат на МПКИ и ФОТ. На рисунке 1.2.7 видно, что стоимость МПКИ во всех заказах превышает стоимость ФОТ.

Для наглядного представления числовых данных рассчитаем среднеарифметическую каждой статьи затрат для десяти заказов и представим значения в процентном выражении на рисунке 1.2.9.

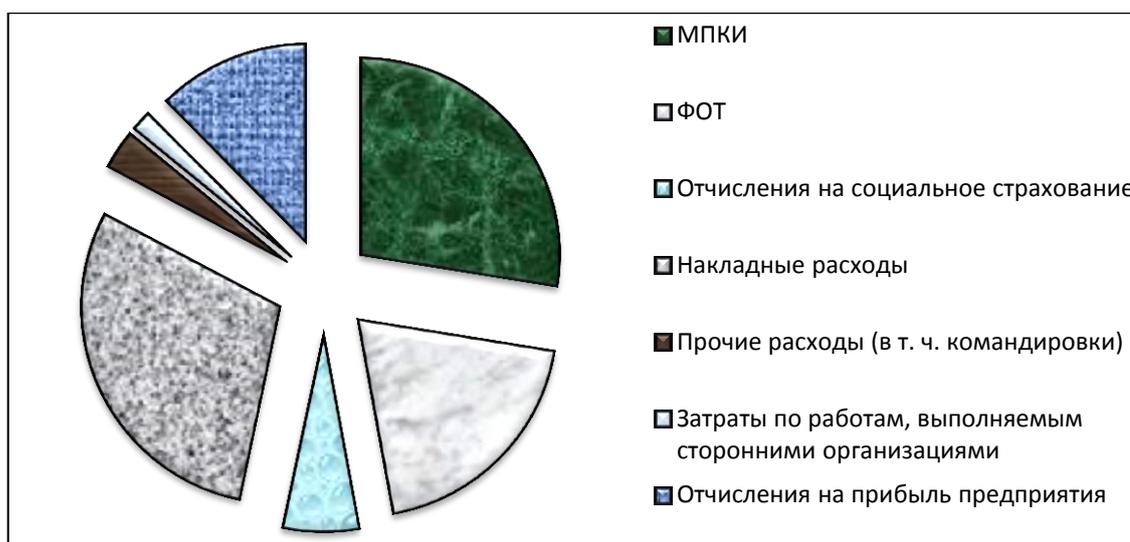


Рисунок 1.2.9 – Соотношение среднеарифметических значений статей затрат, рассчитанных на основании структур стоимости десяти государственных заказов\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных промышленными предприятиями, задействованными в выполнении ГЗ по созданию систем связи

Такая ситуация объясняется тем, что специалисты при выполнении ОКР используют уже разработанную научно-конструктивную базу, которая была сформирована в результате НИР. Первостепенной задачей здесь является реализация полученных в процессе НИР результатов, а также их аппаратная реализация. Как правило, создание высокотехнологичных систем связи подразумевает единичное или мелкосерийное производство. В этих условиях одной из наиболее важных задач, стоящих перед аппаратом управления предприятием, является обеспечение гибкости производства, возможности оперативной модификации и реструктуризации производственного процесса с целью переориентации на производство нового типа высокотехнологичной продукции [62, 55].

С учетом перечисленных факторов большая доля затрат в структуре стоимости ОКР по созданию средств связи приходится на покупку и изготовление МПКИ. Как уже было отмечено, подавляющее большинство радиоэлектронных компонентов, используемых при выполнении ГЗ, являются иностранными, то есть основные затраты приходятся именно на покупные комплектующие и материалы.

Таким образом, можно сделать вывод, что в большинстве случаев для ОКР отношение статей затрат ФОТ/МПКИ принимает вид:

$$\frac{\text{ФОТ}}{\text{МПКИ}} \leq 1 \quad (1.2.5)$$

Необходимо также отметить, что решающим фактором при создании высокотехнологичного продукта в радиоэлектронной отрасли, как и в других отраслях промышленного производства, является квалификация персонала [87].

Безусловно, одним из ключевых факторов устойчивого развития высокотехнологичных отраслей радиоэлектронной промышленности Российской Федерации является наличие кадрового потенциала, для развития которого необходима качественная и целеориентированная система высшего профессионального образования. Способность государства самостоятельно готовить высококвалифицированный персонал для нужд экономики страны является первым шагом в установлении экономической стабильности и независимости [70, 71]. Основоположник теории организации производства Фредерик Тейлор в книге «Принципы научного менеджмента» выражал следующие мысли относительно подготовки квалифицированного персонала: «Однако то, чего мы все ищем, это – готовый обученный человек, которого выучил кто-то другой. Лишь тогда, когда мы в полной мере осознаем, что наша обязанность заключается в систематическом сотрудничестве для того, чтобы выучить и создать этого знающего человека, и что мы имеем полную возможность добиться этого, вместо того, чтобы охотиться за человеком, которого выучил кто-то другой, – лишь тогда мы будем на пути к увеличению нашей национальной производительности» [105].

Сегодня подготовка квалифицированных кадров в сфере высокотехнологичного производства радиоэлектронной аппаратуры в силу углубленной специализации – это сложный многоступенчатый процесс, который

включает в себя не только этап теоретической подготовки, осуществляемой в высших учебных заведениях профессионального образования, но и этап практической интеграции полученных знаний в реальное производство [61]. К сожалению, в настоящий момент в Российской Федерации две эти фундаментальные стадии формирования кадрового потенциала находятся в состоянии сепарации.

Современная парадигма экономики, основанная на новых передовых технологиях, предполагает появление университетов нового предпринимательского типа, которые видят свое будущее в тесной работе с промышленным производством, инновационным бизнесом, органами государственной власти и местного самоуправления [68].

Концепция нового типа университета позволяет не только повысить конкурентоспособность отечественных предприятий радиоэлектронной промышленности за счет непосредственного сотрудничества с университетами и высшими учебными заведениями, но и осуществить эффективную интеграцию инновационных технологий в сферу их практического использования. Данная система управления результатами интеллектуальной деятельности также дает возможность укрепить научно-исследовательскую базу и увеличить привлекательность научной сферы в целом. Подготовка высококвалифицированного персонала приобретает решающее значение в высокотехнологичных отраслях, так как в подавляющем большинстве случаев на подобных производствах используется специфичное в эксплуатации и дорогостоящее оборудование [40].

Проанализировав структуру стоимости различных видов НИР и ОКР, необходимо отметить следующие специфические особенности, которые должны быть учтены в процессе внутрифирменного планирования на предприятиях радиоэлектронной промышленности:

- значительная трудоемкость выполняемых работ;
- использование современных технологий производства и, как следствие, высокая сложность освоения передовых тенденций;

- специфичное в эксплуатации и дорогостоящее оборудование;
- высококвалифицированные кадры;
- высокая стоимость труда специализированного персонала;
- жесткая система контроля качества;
- использование инновационных подходов к решению производственных задач;
- гибкая производственная система;
- наличие эффективной индивидуально-адаптированной системы управления подготовкой производства;
- автоматизация управленческих и производственных процессов;
- возможность адаптации к освоению выпуска новой продукции.

Для обеспечения эффективного функционирования предприятия необходимо наличие индивидуально-адаптированной системы управления производственными процессами [74]. Еще одна особенность, на которую необходимо обратить внимание, – это тот факт, что значительная трудоемкость работ по созданию высокотехнологичного продукта обусловлена не только высокой специфичностью и сложностью технологического процесса производства, но и необходимостью подготовки пакета конструкторской документации. Таким образом, значительная часть трудового фонда времени затрачивается именно на подготовку необходимой технологической и управленческо-организационной документации, согласно которой осуществляются различные производственные операции и реализуются процессы принятия управленческих решений.

Необходимо особо отметить важность наличия в общей структуре управления развитой и эффективной системы внутрифирменного планирования, сформированной с учетом специфических особенностей высокотехнологичного процесса производства радиоэлектронной аппаратуры.

### **1.3 Современные инструменты внутрифирменного планирования и управления в радиоэлектронной промышленности в России и за рубежом**

В настоящее время одной из наиболее современных и перспективных технологий внутрифирменного планирования высокотехнологичными производственными процессами является внедрение автоматизированных систем управления (АСУ), использование которых в оперативной деятельности предприятия позволяет не только оптимизировать процесс принятия управленческих решений, но и сократить трудовые затраты, что в свою очередь влечет за собой сокращение издержек предприятия в целом и повышение эффективности системы планирования на предприятии.

Автоматизированная система управления – система управления производством, инновационной научно-исследовательской и иной деятельностью, основанная на использовании комплекса технических средств, который включает вычислительную технику и другие организационно-технические средства, обеспечивающие сбор, обработку, защиту, хранение и передачу экономической, научной, деловой и другой информации [43].

Интеграция автоматизированной системы в процесс управления производством в радиоэлектронной промышленной отрасли позволяет обеспечить своевременность, полноту и оптимальность принимаемых решений, а также устранить различные организационные неполадки, что ведет к экономии управленческого труда без снижения качества процесса принятия решений [52].

В настоящее время современными предприятиями широко используются автоматизированные системы, внедренные с целью оптимизации производственного процесса и улучшения качества внутрифирменного планирования.

Такие ведущие зарубежные компании, как Boeing, Coca-Cola, Ford, DaimlerChrysler, Lockheed Martin, Sony, Matsushita, Toyota, Volvo, Audi, EMC, Fiat, Hewlett-Packard, Hyundai, Lockheed Martin, НАСА, AnsaldoBreda, Autoflator AB, Hummer H2, Leatherman Tool Group, Vacuum Technology, General Electric,

Proctor&Gamble, Philips, Siemens, Agilent, Honda, Nokia и другие активно используют специализированные автоматизированные системы в своей оперативной деятельности. Среди отечественных производителей можно отметить такие организации, как МГТС, Гидропроект, Мосэнергопроект, Минатом России, «Лукойл», «Североникель», ММПП «Салют», «Аэроприбор-Восход», НПО «Альтаир», Ленинградский электромеханический завод, «Тактическое ракетное вооружение», «Квант», «Коммунар».

В последние десятилетия рынок автоматизированных систем получил стабильное развитие вследствие наличия постоянного спроса на различные программные продукты. В связи с этим, на сегодняшний день существует множество различных организаций, удовлетворяющих растущий спрос на специальные, зачастую индивидуально-адаптированные программные решения в сфере автоматизации. Среди крупнейших компаний, которые выпускают программные продукты, предназначенные для автоматизации различных процессов, необходимо отметить такие компании, как IBM / Dassault Systemes, PTC, Autodesk, АСКОН, «Топ Системы», «Интермех», MatrixONE, Agile, «Люция Софт», ERP-системы, SSA Global (BAAN), SAP, Oracle, USG. Рост потребности в решении различных задач по автоматизации процессов производства спровоцировал появление большого числа различных программных продуктов, каждый из которых ориентирован на решение определенного круга задач [99].

Реализация таких функций, как внутрифирменное планирование производства, управление спросом, составление плана производства, планирование потребностей в сырье и материалах, управление материально-техническим снабжением и сбытом, формирование графика выпуска продукции, управление кадровым потенциалом и других в рамках автоматизированных систем на сегодняшний день трансформировалась из модной тенденции в необходимую составляющую успешной деятельности предприятия.

Укрупненно, по характеру объекта управления, можно выделить два основных типа АСУ:

- автоматизированные системы организационно-экономического управления предприятием;
- автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Автоматизированные системы организационно-экономического управления предприятием предназначены для оптимизации процессов конструкторской, оперативно-плановой, технологической и экономической подготовки производства. На основе данных систем возможно осуществление таких значимых в производственном процессе функций, как оперативный учет и детальный анализ технико-экономических показателей производства. Вследствие использования автоматизированной системы обеспечивается связь между электронной информационной базой и бумажной технической документацией, такое представление данных является необходимой предпосылкой совершенствования процесса технической подготовки производства [65, 53].

В рамках современной концепции эффективного управления технологическими процессами на промышленных предприятиях используется АСУ ТП, предназначенная, главным образом, для оптимизации технологических процессов. Иными словами, основным объектом управления систем данного типа является технологическое оборудование, включающее в себя различного вида приборы, машины, станки, устройства и т.п. В данной диссертационной работе основное внимание будет уделено автоматизированным системам организационно-экономического управления подготовкой высокотехнологичного производства. Особенно актуальным использование автоматизированной системы организационно-экономического управления становится в условиях многономенклатурного высокотехнологичного производства в радиоэлектронной промышленности, где в обеспечении эффективности функционирования предприятия решающее значение приобретает четкая система организации и подготовки производственных процессов [26].

Более подробно, в зависимости от функциональных возможностей и сферы применения, различные типы АСУ отражены на рисунке 1.3.1.

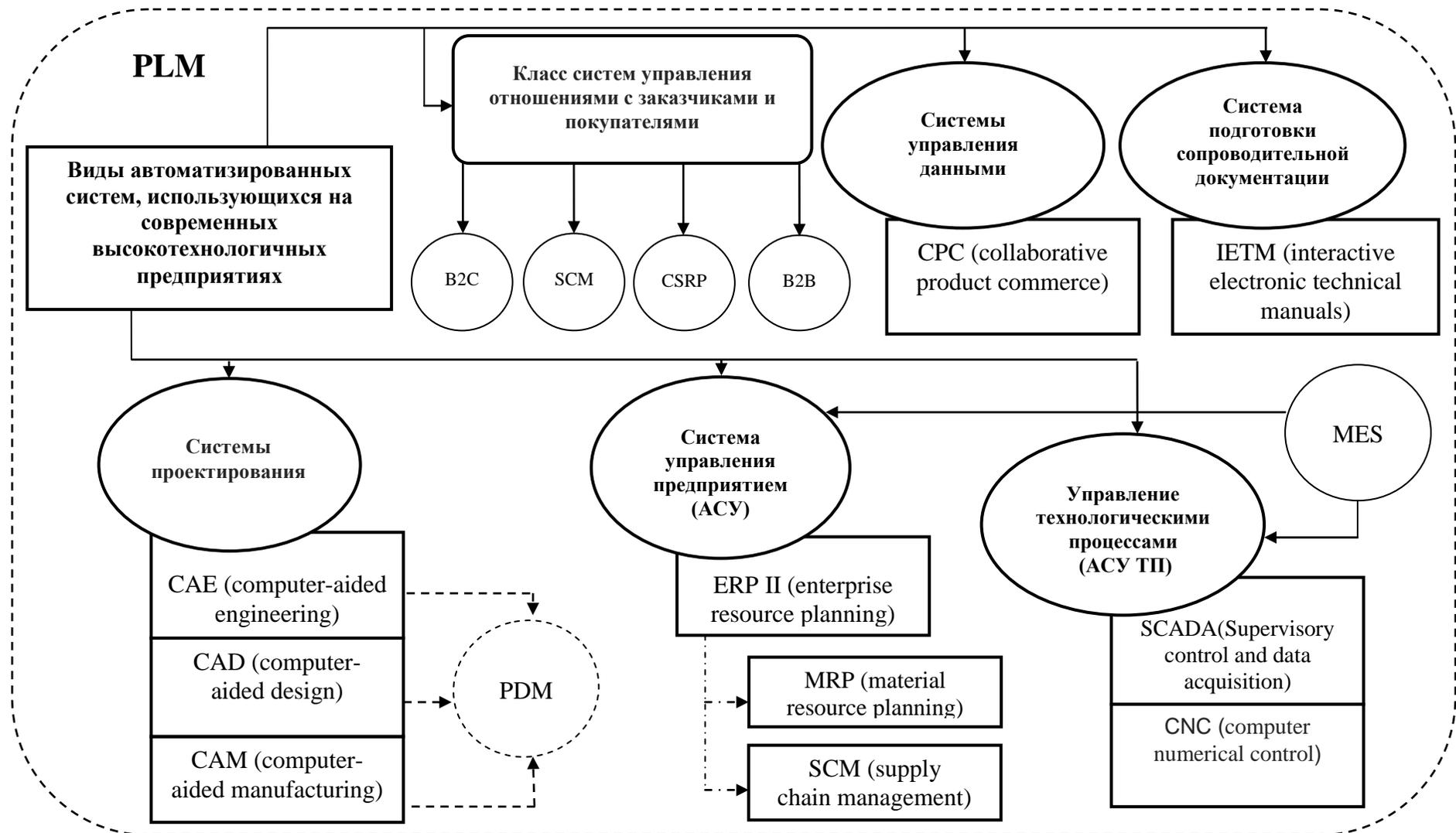


Рисунок 1.3.1 Основные виды автоматизированных систем, используемых на современных высокотехнологичных предприятиях\*

\*Источник: составлено автором на основе анализа современного рынка автоматизированных систем и [5, 9, 18, 26, 80]

Необходимо также отметить, что помимо автоматизированных систем управления на высокотехнологичных предприятиях радиоэлектронной промышленности активно применяются автоматизированные системы проектирования, которые широко используются предприятиями промышленности в процессе подготовки производства высокотехнологичной продукции.

Как видно из рисунка 1.3.1, системы автоматизированного проектирования включают в себя несколько основных подвидов: система CAE предназначена для осуществления различных инженерных расчетов, проектирование технологических процессов осуществляется в рамках системы CAM, в то время как CAD используется для выполнения операций конструкторского проектирования. За последнее десятилетие CAD-системы значительно модифицировались от сравнительно простых приложений, предназначенных для выполнения чертежей, до интегрированных программных комплексов, которые обеспечивают поддержку всего цикла разработки, начиная от эскизного проектирования и заканчивая технологической подготовкой производства, испытаниями и сопровождением [63,52]. Для обеспечения совместного функционирования всех перечисленных систем проектирования, как правило, используют систему управления проектными данными PDM (product data management), обеспечивающую возможность управления проектными данными, функционирующую в качестве составляющей САПР либо имеющей самостоятельное значение. В рамках осуществления общих функций управления предприятием используются системы ERP, MRP и SCM. Системы ERP и MRP, прежде всего, предназначены для реализации функций планирования и распределения ресурсов, в наиболее современных системах осуществляется не только управление сбытом и закупками продукции, но и оценка возможных перспектив развития маркетинговых стратегий, управление финансами, персоналом, основными фондами предприятия с целью обеспечения их наиболее эффективного использования. В свою очередь программная среда SCM позволяет осуществлять управление цепями поставок. SCM и MRP системы часто реализуются как подсистемы ERP. В рамках управления технологическими

процессами на современных высокотехнологичных предприятиях используют такие системы, как SCADA и CNC. В то время, как система SCADA позволяет осуществлять сбор, обработку, архивирование и отображение в режиме реального времени информации о состоянии технологического оборудования, CNC непосредственно предназначена для управления станками и оборудованием [117].

В отдельный класс выделяют системы B2C (business to customer), B2B (business to business), SCM, CSRP (customer synchronized resource planning), которые предназначены для управления взаимоотношениями с клиентами и поставщиками. В настоящее время крупные компании стремятся расположить свои производственные мощности в странах с наиболее низким уровнем оплаты труда с целью сокращения издержек производства. В этих условиях наличие автоматизированной системы B2B, обслуживающей взаимоотношения производственных единиц, расположенных в различных странах, имеет решающее значение. B2C – система, специально предназначенная для регулирования взаимоотношений с потребительской аудиторией. Вместе с тем, программный продукт CSRP включает в себя полный цикл – от проектирования будущего изделия до гарантийного и сервисного обслуживания. Основная цель использования данной системы заключается в интеграции клиентской аудитории в процесс управления производственной деятельностью предприятия. Таким образом, заказчик имеет возможность самостоятельно размещать заказ на производство и нести полную ответственность за правильность его оформления. В результате использования данной концепции покупатель может не только формировать конфигурацию будущего изделия, но и контролировать и отслеживать сроки выполнения различных этапов производства

Не менее востребованной в настоящее время является система автоматизированной подготовки сопроводительной документации в электронном виде с помощью использования интерактивных электронных технических руководств (IETM). Необходимо отметить широкую популярность автоматизированных систем электронной коммерции, позволяющих посредством

Интернет-соединения осуществлять координацию работы предприятий-партнеров [54, 56].

Для обеспечения единого пространства функционирования различных автоматизированных систем используют технологию управления жизненным циклом продукции – PLM. За счет использования данной системы представляется возможным организовать интеграцию перечисленных ранее различных автоматизированных систем в единое пространство. Решение данной сложной задачи носит индивидуально-адаптированный характер. Так, для того чтобы осуществить интеграцию CAD-систем в общую программную среду необходимо преобразовывать данные, зачастую конвертировать в другие форматы, что вызывает ошибки и может значительно ухудшать качество исходной информации. В рамках решения данной задачи Тверской вагоностроительный завод, например, использовал PLM-продукты только одного поставщика минской компании «Интермех», что позволило комплексно подойти к проблеме организации общего информационного пространства и обеспечить одновременное функционирование таких систем, как Search, Cadmech, Cadmech Desktop, TechCard, AVS и ImBase в единой программной среде [115].

Очевидно, что одной из наиболее востребованных технологий в сфере оптимизации управленческих процессов на высокотехнологичных предприятиях на сегодняшний день является автоматизация различных функций с целью повышения эффективности системы внутрифирменного планирования на предприятии. По результатам проведенного анализа необходимо отметить, что разнообразие программных продуктов на рынке автоматизированных систем позволяет разработать индивидуально-адаптированную систему автоматизации как организационно-экономического, так и технологического управления на предприятии. Использование такой системы на предприятиях радиоэлектронной промышленности может оказать положительное влияние на общую эффективность производства и, как следствие, не только повысить качество производимой продукции, но и привести к сокращению издержек предприятия.

По результатам рассмотрения основных теоретико-методологических аспектов внутрифирменного планирования производства высокотехнологичной наукоемкой продукции можно сделать следующие выводы. В результате анализа исторических предпосылок формирования эффективной теоретико-методологической базы системы внутрифирменного планирования и управления высокотехнологичными производственными процессами в разделе 1.1 рассмотрены различные школы научной мысли, в рамках функционирования которых постепенно совершенствовалась методика принятия решений. Наиболее значительный вклад в развитие методов и инструментов теории управления производством внесли такие выдающиеся ученые, как Ф. Тейлор, Г. Форд, Г. Гантт, Ф. Гилбрет, Л. Гилбрет, Х. Эмерсон, Э. Мэйо, М. Вебер, А. Маслоу, О.А. Ерманский, О. И. Непорент, Н. Д. Кондратьев, М. Сперанский, В. П. Горячкин, Э.А. Сатель, А.К. Гастев.

В разделе 1.2 проанализированы основные особенности производства высокотехнологичной радиоэлектронной аппаратуры, а также существующие виды НИР и ОКР. Были рассмотрены структуры стоимости десяти ОКР и двадцати четырех НИР различной сложности, выполняемых в рамках ГЗ по созданию высокотехнологичных средств радиосвязи за 2014 – 2016 гг. В результате анализа структуры стоимости опытно-конструкторских работ установлено, что вне зависимости от степени их сложности соотношение базовых рассматриваемых статей затрат имеет значение меньше единицы. Однако при рассмотрении структуры стоимости научно-исследовательских работ было выявлено, что указанное соотношение приобретает различное значение в зависимости от типа рассматриваемой НИР, таким образом, установлены закономерности, связанные с изменением величины ФОТ/МПКИ. Результаты анализа статистических данных содержатся в таблице 1.4.1.

В результате проведенного анализа установлено, что классификацию различных видов НИР и ОКР представляется возможным осуществлять с помощью анализа соотношения двух основных статей затрат в общей структуре стоимости заказа, а именно ФОТ и МПКИ.

Таблица 1.4.1 Результаты анализа структуры стоимости двадцати четырех НИР различной сложности, выполняемых в рамках ГЗ по созданию средств связи за 2014 – 2016 гг.

Вид НИР	Соотношение статей затрат на формирование фонда оплаты труда и затрат на материалы и покупные изделия
прогнозно-аналитические	$0,496 \leq \frac{\text{ФОТ}}{\text{МПКИ}} \leq 0,903$
поисковые	$1,791 \leq \frac{\text{ФОТ}}{\text{МПКИ}} \leq 1,181$
прикладные	$1,269 \leq \frac{\text{ФОТ}}{\text{МПКИ}} \leq 3,770$

\*Источник: составлено автором

Данная методика классификации НИОКР по стоимостной структуре может быть использована для повышения эффективности системы внутрифирменного планирования и упрощения процесса принятия плановых решений на предприятии.

Вследствие специфичности и наличия различных характерных особенностей процесса производства в радиоэлектронной промышленности выявлена необходимость использования гибкой, индивидуально-адаптированной системы управления и внутрифирменного планирования. Современным и наиболее перспективным инструментом индивидуально-адаптированного управления и подготовки производства на высокотехнологичных предприятиях является использование автоматизации управленческого процесса. В разделе 1.3. в результате анализа современных тенденций оптимизации процессов управления и внутрифирменного планирования перечислены не только ведущие мировые и отечественные производители, использующие автоматизацию процессов производства, но и организации – разработчики автоматизированных систем. По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о целесообразности использования специально адаптированной автоматизированной системы внутрифирменного планирования и управления с учетом специфических особенностей производства.

## **ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ ВНУТРИФИРМЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ (на примере предприятия радиоэлектронной промышленности)**

### **2.1 Автоматизированная система подготовки производства как эффективный инструмент внутрифирменного планирования на предприятии**

Как уже отмечалось в первой главе, в настоящее время подавляющее большинство предприятий высокотехнологичного сектора мировой экономики используют автоматизацию управления производственными процессами предприятия в качестве одного из эффективных инструментов внутрифирменного планирования [7, 11, 99]. Рассмотрим и детально проанализируем функционирование автоматизированных систем организационно-экономического управления и внутрифирменного планирования на конкретном предприятии, а именно на примере одного из высокотехнологичных предприятий промышленного комплекса Российской Федерации. Производственная деятельность рассматриваемого предприятия имеет свою определенную специфику, чем и обусловлен его выбор в качестве объекта исследования. Прежде всего, необходимо отметить, что данное предприятие задействовано в выполнении государственного заказа в сфере производства высокотехнологичного радиоэлектронного оборудования.

В настоящее время в оперативной деятельности предприятия в качестве инструментов внутрифирменного планирования используются специальные системы автоматизированного управления производством, каждая из которых выполняет свои определенные функции на различных этапах управления процессом подготовки производства. На этапе производственного процесса разработки необходимой технической документации для ее подготовки, корректировки, учета и сбора статистических данных используется общая автоматизированная система конструкторско-технологической подготовки производства (АС КТПП), которая включает в себя системы автоматизированного

проектирования – SolidWorks и Mentor Graphics, компьютерную систему управления данными об изделии PDM – систему Search и базы данных ImBase.

АС КТПП делает процесс подготовки документации предельно четким и структурированным, что в свою очередь упрощает бюрократический процесс согласования и утверждения необходимой документации.

Среди основных задач системы Search и базы данных ImBase можно выделить создание единой информационной базы, в рамках которой осуществляется учет, систематизация и хранение электронной документации. Использование такой системы позволяет эффективно распределять информационные потоки между отдельными подразделениями и структурными единицами организации, что позволяет обеспечивать оперативную обработку документации, ее согласование и утверждение [8]. Гибкая автоматизированная система электронного документооборота обеспечивает оперативный доступ к необходимой информации любому подразделению предприятия [23]. Более того, функционал системы Search включает в себя создание и ведение централизованных электронных справочников, за счет чего исключается возможность дублирования информации и обеспечивается возможность оперативного обновления базы данных.

Как правило, информация, обрабатываемая АС КТПП, представляет собой конструкторскую и технологическую стандартизованную электронную документацию, касающуюся определенных заказов либо отдельных изделий.

Функциональная структура систем автоматизированного проектирования (САПР) SOLIDWORKS и Mentor Graphics позволяет разрабатывать и редактировать конструкторскую и технологическую документацию в рамках единой системы, в то время как система Search совместно с Imbase осуществляет структуризацию и хранение разработанной документации. За счет стандартизации и унификации процессов документооборота и возможности оперативного доступа к информационной базе предприятия значительно сокращается трудоемкость выполняемых операций и возрастает качество технической документации.

Возможность оперативного создания, редактирования и корректировки различного вида документации в рабочем процессе приобретает особое значение с учетом специфики деятельности рассматриваемого предприятия [19]. Как уже отмечалось ранее, в процессе прохождения НИР и ОКР различных видов значительная доля рабочего времени расходуется именно на подготовку специальной технической документации. В зависимости от стадии разработки вся документация подразделяется на проектную и рабочую.

К проектной документации относятся документы, разработанные для изготовления по ним макетов и лабораторных образцов на стадиях эскизного и технического проекта ОКР.

К рабочей документации относятся документы, разработанные для изготовления по ним опытных образцов по документации литеры «О», опытных партий и партий изделий по документации литеры «О1».

Документация, независимо от стадии разработки и видов работ, формируется в электронном виде в соответствии с требованиями, установленными государственными стандартами ЕСКД.

В результате использования АС КТПП разрабатываются такие разновидности документации, как: электронная модель детали, чертежи детали, электронная модель сборочной единицы, сборочный чертеж, чертеж общего вида, теоретический чертеж, габаритный чертеж, электромонтажный чертеж, монтажный чертеж, упаковочный чертеж, схема, перечень элементов, электронная структура изделия, спецификация, ведомость спецификаций, ведомость покупных изделий, ведомость унификации, технические условия, программа и методики испытаний, таблица, расчет, эксплуатационные документы, ремонтные документы, инструкция, электронные вспомогательные документы.

На рисунке 2.1.1 наглядно представлены основные стадии обработки технической документации. Изображенный жизненный цикл подготовки и обработки технической документации включает в себя четыре основных стадии.



Рисунок 2.1.1 – Жизненный цикл технической документации\*.

\*Источник: составлено автором

В процессе подготовки и разработки документации на производимое изделие в течение его жизненного цикла часто возникает необходимость в редактировании и корректировке уже созданных версий различной документации, а также в отслеживании взаимосвязей различных версий обрабатываемой документации. В АС КТПП все вышеперечисленные задачи выполняются в полной мере, в результате чего осуществляется не только сбор различных статистических данных, но и оперативное электронное согласование изменений, а также внесение и своевременный контроль различных версий подготавливаемой документации.

Таким образом, автоматизированная система ведения архива технической документации предприятия и управления данными об изделиях выполняет различные функции, которые содержатся в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – Функциональные возможности системы Search, используемой для автоматизации процессов управления производством на рассматриваемом высокотехнологичном предприятии \*

Функции системы Search	Основное содержание функциональных возможностей системы
<p>Ведение электронного архива технической документации</p>	<p>обеспечивает надежное хранение документации, позволяет осуществлять его несколькими способами: хранение документов в централизованном хранилище, а также на жестком диске, файл-сервере или любом другом устройстве;</p> <p>формирует гибкую модель, в которой весь архив предприятия строится из необходимого количества архивов различного назначения и статуса;</p> <p>возможен индивидуальный подход к регламентированию прав доступа пользователей;</p> <p>возможен быстрый поиск необходимых документов по различным критериям с помощью введения классификаторов;</p> <p>система осуществляет автоматизированный учет различных операций: замену учтенных копий документов у абонентов после внесения изменений, учет применяемости документации, регистрацию извещений об изменении документации и т.п.</p>
<p>Управление жизненным циклом изделия</p>	<p>позволяет осуществлять ведение электронного дела;</p> <p>отслеживает и управляет различными версиями изделия;</p> <p>контролирует выпущенные экземпляры и партии изделий;</p> <p>позволяет осуществлять изменения утвержденных документов с выпуском различных извещений.</p>

Продолжение таблицы 2.1.1

Функции системы Search	Основное содержание функциональных возможностей системы
Управление данными об изделиях	<p>осуществляет интеграцию с САД и ЕСАД системами; автоматически распознает ошибки, в результате чего исключается возможность дублирования документации;</p> <p>в рамках управления составом изделия позволяет получить полный список используемых комплектующих и узлов, полный комплект документации, наглядную графическую визуализацию, анализ сравнения составов различных изделий, определить степень применимости изделия в других изделиях;</p> <p>позволяет осуществлять реконфигурацию состава изделия без лавинообразного роста версий исполнения изделия;</p> <p>обеспечивает возможность редактирования конструкторских спецификаций.</p>
Управление проектами	имеет в наличии встроенный модуль управления проектами IMProject.
Электронный оборот документации	<p>модуль маршрутизации документов системы оснащен утилитой редактирования и построения шаблонов бизнес-процессов;</p> <p>рассылка сообщений осуществляется с помощью механизма внутренней электронной почты;</p> <p>позволяет осуществлять электронный документооборот в рамках организации;</p> <p>обеспечивает согласование и утверждение документов с помощью внутреннего механизма электронных подписей.</p>

\*Источник: составлено автором

В рамках функционирования справочно-информационной базы данных конструкторско-технологического назначения Imbase формируется электронная

база данных МПКИ, содержащая информацию, касающуюся спецификации комплектующих и их стоимости. Данная информационная подсистема также реализована на базе специального программного обеспечения компании «Интермех».

Основные функции базы данных конструкторско-технологического назначения Imbase представлены на рисунке 2.1.2.



Рисунок 2.1.2 – Функциональные возможности базы данных конструкторско-технологического назначения Imbase, используемой на анализируемом высокотехнологичном предприятии \*

\*Источник: составлено автором

В рамках улучшения организационно-управленческой деятельности предприятия в состав АС КТПП входит специально разработанная автоматизированная система планирования и управления заказами (АРМ-РП).

Данная система предназначена для учета количества произведенной продукции, а также трудоемкости выполнения как отдельных производственных операций, так и заказов в целом. Благодаря использованию такой системы, представляется возможным осуществлять детализацию трудоемкости, выраженной в человеко-часах по видам заказов вплоть до отдельных рабочих операций, что позволяет повысить эффективность процесса внутрифирменного планирования. Использование АРМ-РП позволяет в процессе принятия управленческих решений рационально распределять трудовые ресурсы между различными производственными подразделениями.

Наглядно основные элементы системы подготовки производства на высокотехнологичном предприятии промышленного комплекса Российской Федерации представлены на рисунке 2.1.3.



Рисунок 2.1.3 – Стадии подготовки производства на высокотехнологичном предприятии радиоэлектронной промышленности\*

\*Источник: составлено автором

Рассмотрим более подробно типовой процесс разработки высокотехнологичной системы связи с использованием автоматизированных

систем на высокотехнологичном предприятии. Разработка любой системы радиосвязи начинается с постановки задачи, которая четко формулируется в процессе формирования тактико-технического задания (ТТЗ) или технического задания (ТЗ), а также технико-экономического обоснования (ТЭО). После утверждения и согласования указанной документации в АРМ-РП заносится информация о детализированной трудоемкости этапов выполнения работы.

На основании ТТЗ, ТЗ и ТЭО разработчик определяет номенклатуру покупных изделий и материалов, необходимых для создания опытного образца высокотехнологичной системы радиосвязи с заданными техническими характеристиками. Данные, касающиеся номенклатуры, спецификаций и технических характеристик представленных к закупке комплектующих, вносятся разработчиком в электронную информационную базу данных системы Search, с целью осуществления последующей работы, начиная от процесса закупок и заканчивая процессом конструирования.

Перечень отраженных в автоматизированной системе компонентов и материалов рассматривается отделом материально-технического обеспечения на предмет возможности осуществления закупок, в результате чего оформляется разрешение на применение компонентов и заявка на приобретение. Перечень разрешенных к использованию компонентов заносится конструкторским бюро в электронные базы данных САПР Mentor Graphics и SolidWorks, где непосредственно осуществляется проектирование будущего изделия. Программная среда SolidWorks в процессе создания изделия используется в качестве инструмента разработки 3D модели опытного образца, в последующем применяемой для осуществления процесса производства с помощью станков с ЧПУ и 3D принтеров.

В рамках использования САПР Mentor Graphics осуществляется разработка схем электрических принципиальных, а также топологии печатных плат. В результате проектирования изделия в программной среде схемотехнического редактора Mentor Graphics осуществляется генерация электронного файла формата ODB++. Указанный файл является основой для функционирования

станка по производству печатных плат и монтажной линии, с помощью которой готовые компоненты монтируются на разработанную ранее печатную плату. Информация из САПР Mentor Graphics, касающаяся печатной платы с разработанной топологией и установленными на ней компонентами, экспортируется в программную среду SolidWorks для получения ее электронной 3D модели. Последующая разработка изделия осуществляется в САПР SolidWorks, где на основании полученных из САПР Mentor Graphics данных проектируется корпус изделия с учетом наличия необходимых разъемов, крепежных элементов и других компонентов опытного образца в целом, а также разрабатывается упаковка изделия для последующей транспортировки. Таким образом, разработка всей чертежной документации на изделие осуществляется в рамках программы SolidWorks. После вышеперечисленных стадий разработки техническая документация по создаваемому изделию загружается в среду программы Search, где осуществляется ее систематизация, учет, согласование и утверждение, в результате чего подготовленный и утвержденный пакет технической документации направляется на производство и архивируется в базе данных ImBase. Исходя из рассмотренного процесса, логично предположить, что использование автоматизированных систем в качестве инструмента внутрифирменного планирования позволяет оптимизировать процесс управления конструкторско-технологической подготовкой производства, что обуславливает их чрезвычайную эффективность.

## **2.2 Исследование эффективности использования автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки высокотехнологичного производства**

Функционирование указанной системы рассматривалось в двух аспектах: с точки зрения пассивного использования, то есть эксплуатации системы без какой-либо модернизации и интеграции принципиально новых функций, а также с точки зрения активного использования, то есть совершенствования системы с помощью внедрения дополнительных функциональных возможностей.

С точки зрения пассивного использования, одним из важнейших вопросов в процессе эксплуатации функционирующей на предприятии автоматизированной системы является исследование ее эффективности [10].

Очевидно, что одной из наиболее востребованных систем автоматизации процессов подготовки производства на сегодняшний день является АС КТПП, включающая в себя ряд программных продуктов. Как уже отмечалось ранее, основной ожидаемый эффект от внедрения подобной системы – это качество подготавливаемой конструкторско-технологической документации, а также время, затрачиваемое на ее подготовку, или, иными словами, трудоемкость.

В свою очередь, логично предположить, что общая трудоемкость выполнения НИОКР по созданию высокотехнологичной радиоэлектронной продукции зависит от времени, сложности и качества подготовки пакета технической документации, необходимой для выполнения работ. Однако степень этой зависимости не явна вследствие наличия большого объема статистической информации, а также в связи со спецификой конкретных работ.

Благодаря наличию системы АС КТПП, содержащей информацию о различных стадиях подготовки технической документации, общей трудоемкости данного процесса и степени сложности его выполнения, представляется возможным оценить степень влияния процесса подготовки необходимой документации по работе на общую трудоемкость выполнения НИОКР. Очевидно, что для выявления критерия результативности функционирования общей

АС КТПП и оценки степени влияния показателей трудоемкости необходимо обработать значительное число статистической информации с помощью специального математического анализа. Для реализации поставленной задачи применим методы и инструменты эконометрики, подразумевающие использование аппарата математической статистики. Эконометрика – совокупность методов анализа связей между различными экономическими показателями (факторами) на основе реальных статистических данных с использованием аппарата теории вероятностей и математической статистики [46, 39]. Пионером «Эконометрики» является норвежский ученый-экономист Р. Фришер, основавший Эконометрическое общество в 1930 г., редактор журнала *Econometrica* с 1933 по 1955 год и совместно с Яном Тинбергеном первый лауреат Нобелевской премии по экономике в 1969 г. [114]. Он впервые употребил термин «эконометрика» с целью обозначения процесса применения математических и статистических методов для проверки экономических гипотез [116].

Для экономико-математической оценки характера изменения зависимости величины общей трудоемкости работ по НИОКР, касающихся создания высокотехнологичной радиоэлектронной продукции, от совокупной трудоемкости подготовки необходимого пакета специальной документации целесообразно использовать элементы линейного регрессионного и корреляционного анализа.

Используя указанные данные, проведем корреляционно-регрессионный анализ, в результате которого представится возможным установить численную степень зависимости между двумя выборками статистических данных и рассчитать регрессионную модель, отражающую закон линейной зависимости двух величин трудоемкости [101].

Обозначим:  $a_i$  – общая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы по НИОКР,  $b_i$  – общая трудоемкость подготовки пакета документации в ходе выполнения  $i$ -ой работы по НИОКР,  $n$  – суммарное количество выполняемых работ.

Предположим, что зависимость трудоемкости выполнения работ от трудоемкости подготовки пакета технической документации является линейной. Для проверки данной гипотезы воспользуемся методикой расчета эмпирических линейных уравнений. Система линейных уравнений будет иметь вид [24, 25]:

$$\begin{cases} nz_0 + z_1 \sum b = \sum a \\ z_0 \sum b + z_1 \sum b^2 = \sum ba \end{cases} \quad (2.2.1)$$

Для удобства приведем расчетные формулы для коэффициентов эмпирического уравнения регрессии.

$$z_1 = \frac{n \sum \alpha_i \beta_i - \sum \alpha_i \sum \beta_i}{n \sum \alpha_i^2 - (\sum \alpha_i)^2}, \quad (2.2.2)$$

$$z_0 = \frac{\beta_i}{n} - z_1 \frac{\alpha_i}{n}. \quad (2.2.3)$$

Решая указанную систему уравнений, находим коэффициенты  $z_0, z_1$ . Зная коэффициенты, составляем эмпирическое уравнение регрессии вида:

$$\bar{a}_b = z_0 + z_1 b. \quad (2.2.4)$$

В процессе проверки соответствия линейной регрессионной модели экспериментальным данным выдвигается две противоположных гипотезы  $H_0$  и  $H_1$ . Если принимается нулевая гипотеза, то считается, что уравнение регрессии имеет нелинейный вид, либо переменные А и В независимы. Соответственно принятие гипотезы  $H_1$  свидетельствует о линейности модели и о наличии зависимости между двумя рассматриваемыми переменными А и В. Гипотеза  $H_0$  отвергается или принимается на основе использования методики дисперсионного анализа, которая заключается в разбиении полной суммы квадратов

$\hat{A} = \sum(a_i - \bar{a})^2$  на два слагаемых:  $\hat{B} = \sum(\bar{a}_b - \bar{a})^2$  и  $\hat{C} = \sum(a_i - \bar{a}_b)^2$ . Первое из этих слагаемых, называемое суммой квадратов регрессии, характеризует рассеивание значений случайной величины  $A$ , вызванное линейной регрессией. Второе слагаемое, называемое остаточной суммой квадратов, характеризует неустранимое рассеивание  $A$  относительно принятой линии регрессии. Критерий дисперсионного анализа основывается на сравнении суммы квадратов регрессии  $\hat{B}$  с остаточной суммой квадратов  $\hat{C}$ , то есть на вычислении наблюдаемого значения критерия, рассчитываемого по формуле [24, 30, 31]:

$$F_{\text{набл}} = \frac{\hat{B}(n-2)}{\hat{C}} = \frac{z_0^2(n-2) \sum(b_i - \bar{b})^2}{\sum(a_i - z_0 - z_1 b)^2} \quad (2.2.5)$$

Одновременно с  $F_{\text{набл}}$  вычисляется табличный квантиль  $F_{\alpha, v_1, v_2}$   $F$ -распределения с  $v_1 = 1, v_2 = n - 2$  степенями свободы и с уровнем значимости  $\alpha$ .

Гипотеза отсутствия линейной связи между двумя переменными отвергается, если выполняется неравенство:

$$F_{\text{набл}} \geq F_{\alpha, v_1, v_2} \quad (2.2.6)$$

Рассчитанные в 2.2.1 коэффициенты не позволяют судить о характере связи между двумя случайными величинами  $A$  и  $B$ . Для точной численной оценки такой зависимости используют коэффициент корреляции, который рассчитывается по формуле [24, 30]:

$$r = \frac{n \sum ba - \sum b \sum a}{\sqrt{n \sum b^2 - (\sum b)^2} \sqrt{n \sum a^2 - (\sum a)^2}} \quad (2.2.7)$$

Чем ближе по модулю коэффициент корреляции к единице, тем теснее линейная зависимость между двумя случайными величинами  $A$  и  $B$ ,

соответственно, чем ближе коэффициент корреляции к нулю, тем слабее эта зависимость. Коэффициент корреляции характеризует степень линейной зависимости, то есть  $r = 0$  означает отсутствие лишь линейной зависимости между двумя случайными величинами, как известно, зависимость может быть и нелинейной.

Еще одним важнейшим показателем, связанным с коэффициентом корреляции, является коэффициент детерминации, обозначаемый  $r^2$ . Он определяет долю дисперсии, объясненной линейной регрессией, и определяется по формуле:

$$r^2 = 1 - \frac{s_{a,b}^2}{s_a^2}, \quad (2.2.8)$$

где  $s_{a,b}^2, s_a^2$  – средние квадратические ошибки, характеризующие рассеивание экспериментальных точек относительно линии регрессии [24, 30].

С помощью изложенной методологии проанализируем характер зависимости общей трудоемкости работ от трудоемкости подготовки конструкторско-технологической документации, выраженной в человеко-часах, используя статистические данные за период с 2012 по 2016 гг. Данный анализ позволит определить и математически оценить характер зависимости общей трудоемкости выполнения работ от трудоемкости подготовки технической документации. Вследствие этого представится возможным сделать вывод о результатах функционирования АС КТПП, а также определить характер зависимости двух рассматриваемых величин. В 2016 г. в производственном подразделении рассматриваемого предприятия было выполнено 58 видов работ, связанных с созданием высокотехнологичных систем радиосвязи КВ и УКВ диапазонов, на каждую из которых была разработана необходимая техническая документация. В результате математической обработки данных информационной базы АРМ-РП за 2016 г. получим расчетную таблицу 2.2.1.

Таблица 2.2.1 Результаты математической обработки статистических данных по производству высокотехнологичной радиоэлектронной продукции, касающиеся трудоемкости выполнения работ и подготовки технической документации за 2016 г., выраженной в человеко-часах\*

$n$	$a_i$	$b_i$	$a_i^2$	$b_i^2$	$a_i b_i$
1	825	193	681165	37082	158931
2	976	164	952840	27053	160553
3	1 057	407	1118296	165845	430656
4	270	43	72929	1841	11589
5	2 669	443	7124938	196417	1182986
6	1 864	1139	3473829	1297325	2122895
7	1 656	618	2741571	381678	1022935
8	2 054	773	4220900	598181	1588981
9	1 298	364	1685318	132345	472275
10	7 707	2552	59392161	6511871	19666064
11	2 607	1010	6797799	1019876	2633042
12	2 363	743	5581468	551875	1755071
13	3 228	678	10421443	459605	2188549
14	1 112	335	1237554	112537	373190
15	1 174	358	1379103	128383	420777
16	2 139	446	4574311	199168	954492
17	3 198	1585	10226098	2513472	5069814
18	3 248	1076	10552700	1157791	3495401
19	3 120	1350	9732665	1821366	4210315
20	1 254	405	1572541	164154	508074
21	1 867	241	3483964	58181	450223
22	2 649	868	7019554	753088	2299205
23	3 288	417	10811970	173565	1369884
24	4 198	1788	17623212	3196065	7504994
25	3 071	998	9433344	996496	3065990
26	10 437	4435	108926419	19665149	46282332
27	1 242	399	1542480	159580	496134
28	1 101	449	1211494	201720	494351
29	1 088	348	1183083	121120	378542
30	11 589	3698	134304527	13677301	42859345
31	3 398	1082	11548980	1169925	3675791
32	2 073	651	4297847	423932	1349813
33	1 223	383	1494783	146653	468203
34	1 499	347	2248488	120229	519937
35	1 449	452	2100534	203873	654402
36	651	202	423168	40850	131478
37	2 721	843	7402149	710686	2293601
38	1 189	248	1413091	61733	295356
39	2 946	900	8677614	810653	2652269
40	2 373	674	5633251	454229	1599621

Продолжение таблицы 2.2.1\*

$n$	$a_i$	$b_i$	$a_i^2$	$b_i^2$	$a_i b_i$
41	3 333	1005	11106263	1009141	3347804
42	6 047	1515	36570309	2296475	9164213
43	2 918	995	8513253	989784	2902806
44	2 002	238	4009337	56688	476739
45	904	301	817650	90850	272550
46	906	337	821385	113805	305742
47	2 230	702	4971522	492348	1564519
48	4 492	2793	20178325	7798980	12544734
49	6 613	1413	43738316	1996577	9344888
50	4 694	1494	22030134	2231678	7011716
51	640	256	409519	65712	164043
52	1 562	492	2440947	242064	768677
53	6 891	2164	47483745	4683713	14913090
54	1 653	382	2731645	146064	631661
55	1 172	481	1373230	231627	563983
56	748	381	559833	145530	285434
57	1 554	325	2414764	105493	504719
58	2 606	538	6793811	289668	1402835
Итого	154 838	49920	701283569	83609095	233438216

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

Рассматриваемые статистические данные включают в себя информацию, касающуюся выполнения работ в рамках НИОКР различного вида. С учетом расчетных данных таблицы 2.2.1 и формул 2.2.2, 2.2.3 рассчитаем коэффициенты эмпирического уравнения регрессии:  $z_1 = 2,4646$ ,  $z_0 = 548,4$ . Используя выражение 2.2.4, составим эмпирическое уравнение регрессии:

$$\bar{a}_b = 2,4646b + 548,4. \quad (2.2.9)$$

По формулам 2.2.7 и 2.2.8 рассчитаем коэффициент корреляции и детерминации соответственно:  $r = 0,926$ ,  $r^2 = 0,857$ . Полученное в результате расчетов значение коэффициента детерминации означает, что 85 % рассеивания зависимой переменной объясняется линейной регрессией, и лишь 15 % рассеивания остаются необъясненными и не согласуются с линейной регрессионной моделью. Такой результат позволяет принять гипотезу о линейной регрессионной зависимости величины трудоемкости выполнения работ по

созданию высокотехнологичных систем связи от значения трудоемкости подготовки пакета технической документации. Для наглядного графического представления статистических данных отобразим на рисунке 2.2.1 рассеивание экспериментальных точек вокруг линии регрессии.

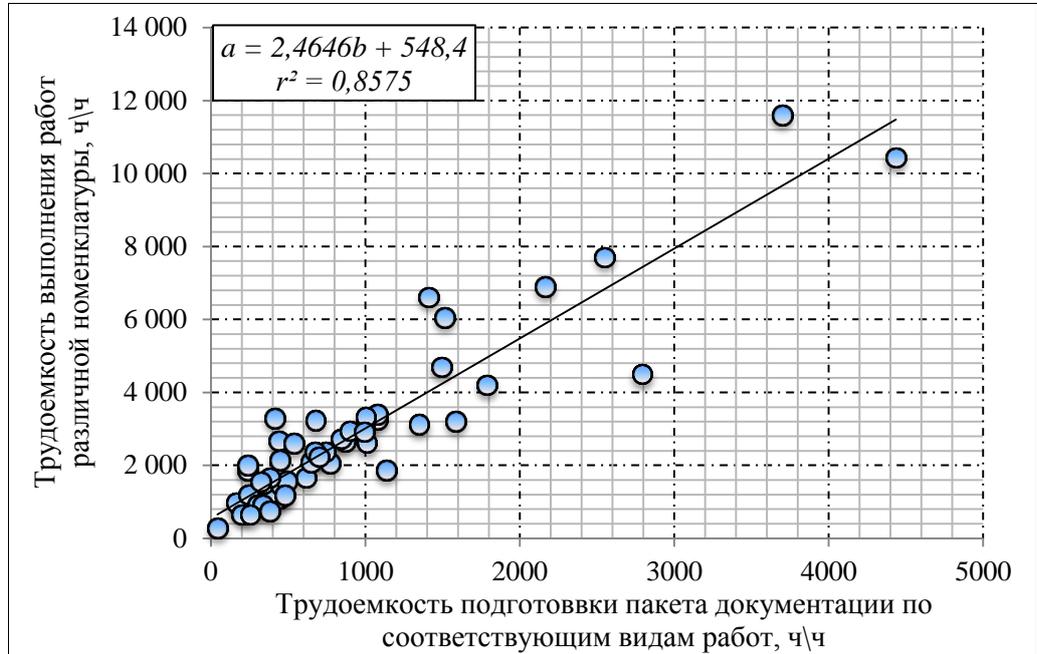


Рисунок 2.2.1 – Корреляционное поле и эмпирическая функция регрессии (согласно статистическим данным за 2016 г).\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

Эмпирический коэффициент корреляции  $r$  является мерой тесноты линейной связи между двумя случайными величинами. С геометрической точки зрения это означает, что чем теснее располагаются точки на диаграмме рассеивания вокруг линии регрессии, тем выше абсолютная величина коэффициента регрессии, и наоборот [25]. Исходя из данных, представленных на рисунке 2.2.1, можно сделать вывод, что имеет место относительно высокая степень положительной корреляции. Иными словами, направление зависимости А на В положительно. После выбора линейной регрессионной модели проведем проверку ее соответствия экспериментальным данным методом дисперсионного анализа. Для удобства расчетные данные занесем в таблицу 2.2.2.

Таблица 2.2.2 – Результаты дисперсионного анализа (согласно статистическим данным за 2016 г). \*

Источник изменчивости	Сумма квадратов		Число степеней свободы		Средние квадраты	
Линейная регрессия	$\hat{B} = z_0^2 \sum (b_i - \bar{b})^2$	246882832	1	1	$M_1 = \hat{B}$	246882832
Остаток	$\hat{C} = \sum (a_i - z_0 - z_1 b)^2$	41040209	n-2	56	$M_2 = \frac{\hat{C}}{n-2}$	732861
Полная изменчивость	$\hat{A} = \sum (a_i - \bar{a})^2$	287923041	n-1	57	$F_{набл} = \frac{M_1}{M_2} = 336,88$	

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности и [25, 31].

Проведем проверку гипотезы о том, что линейная регрессионная модель согласуется с экспериментальными данными, приняв уровень значимости, как наиболее распространенный в экономике и технике,  $\alpha = 0,05$ . По таблицам F-распределения находим  $F_{\alpha;1;n-2} = F_{0,05;1;56} = 4,018$  [31, 34].

Так как вычисленное значение статистики  $F_{набл} = 336,88 > 4,018$ , то нулевая гипотеза о том, что линейная регрессионная модель не согласуется с данными статистической выборки, отвергается. Иными словами, принимается гипотеза о наличии линейной связи между двумя рассматриваемыми величинами. Таким образом, в результате корреляционно регрессионного анализа удалось не только определить степень взаимосвязи двух величин, но и выявить ее характер, что позволяет сделать важный вывод о тесной линейной зависимости между трудоемкостью подготовки технической документации и общей трудоемкостью выполнения работ. Тренд линии регрессии наглядно характеризует линейную положительную функциональную связь двух показателей и постоянство, в определенных пределах, доли трудоемкости подготовки пакета документации в общей величине трудоемкости выполнения работ.

Аналогичным образом осуществим корреляционно-регрессионный анализ данных по трудоемкости выполнения работ и подготовки документации по НИОКР, касающихся разработки и производства высокотехнологичных систем радиосвязи, за период с 2012 по 2015 гг. Данные информационной базы АС КТПП, функционирующей на предприятии, с 2012 по 2015 гг., касающиеся общей трудоемкости выполнения работ по выполнению НИОКР, а также трудоемкости подготовки необходимой конструкторско-технологической документации, содержатся в приложении А - Г диссертации.

Графически рассеивание экспериментальных точек вокруг линии регрессии для каждого случая отобразим на рисунках 2.2.2-2.2.5.

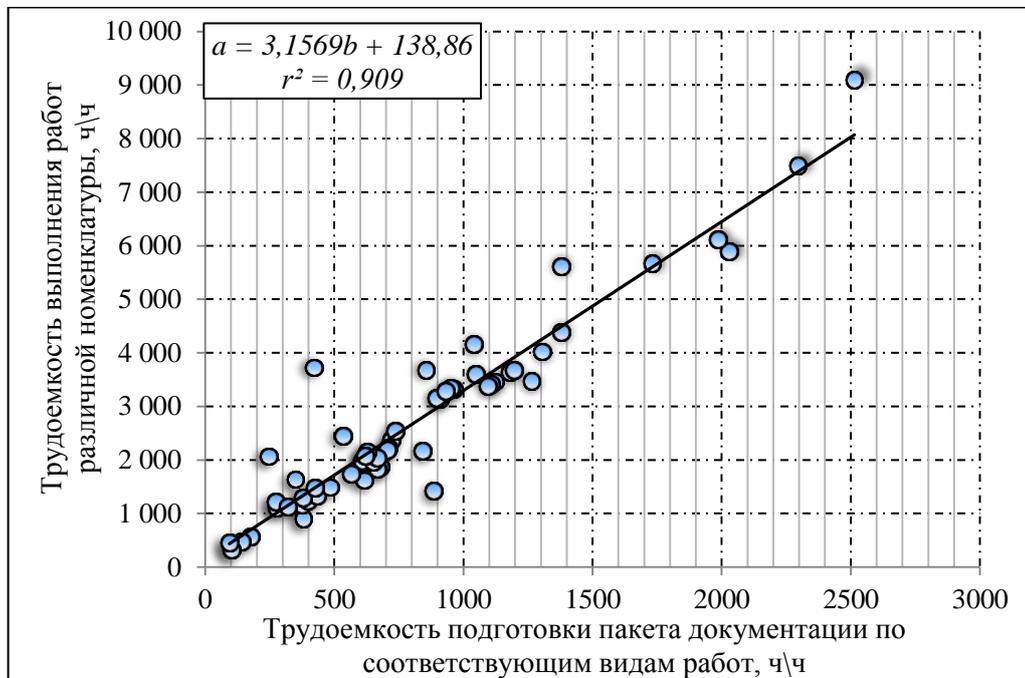


Рисунок 2.2.2 – Корреляционное поле и эмпирическая функция регрессии (согласно статистическим данным за 2012 г).\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

На рисунке 2.2.2 наглядно видна корреляционная зависимость между двумя рассматриваемыми выборками значений трудоемкости. Более того, как было подтверждено расчетами, представляется возможным осуществить математическое моделирование данной зависимости и описать ее функционально. Аналогично, на рисунках 2.2.3, 2.2.4 можно наблюдать корреляционную

зависимость между двумя наборами значений, касающихся данных по трудоемкости за 2013, 2014 гг.

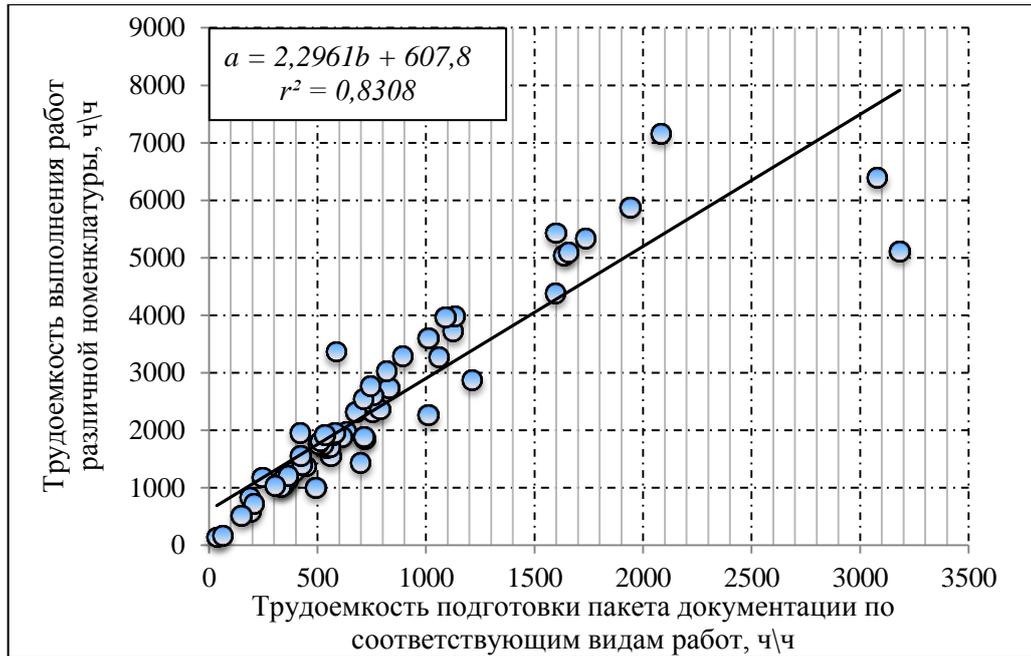


Рисунок 2.2.3 Корреляционное поле и эмпирическая функция регрессии (согласно статистическим данным за 2013 г).\*

\* Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

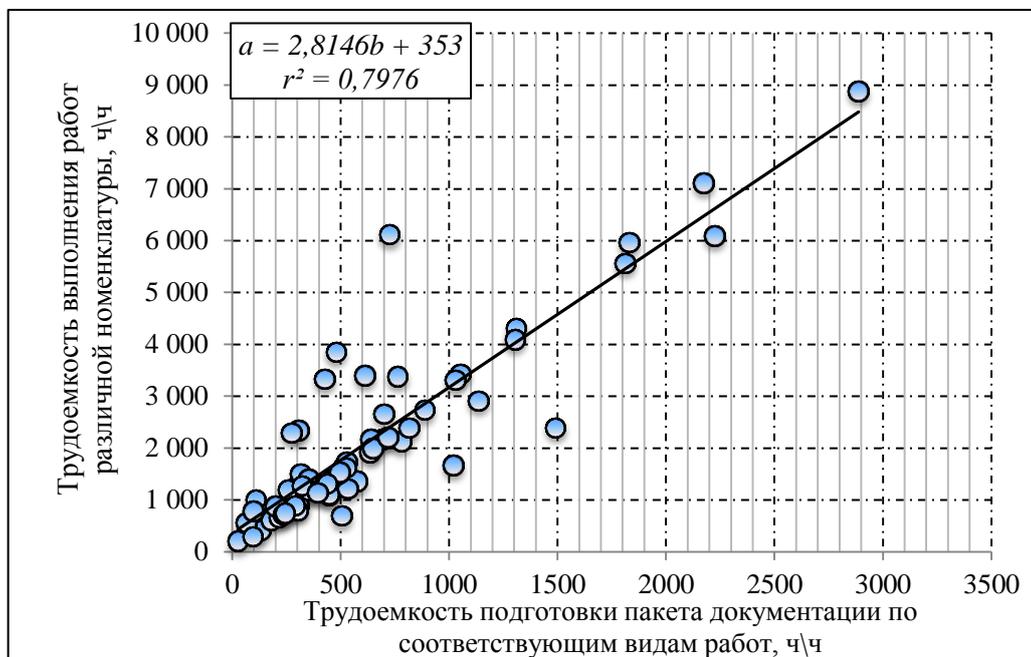


Рисунок 2.2.4 – Корреляционное поле и эмпирическая функция регрессии (согласно статистическим данным за 2014 г).\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

Согласно математическим расчетам, а также исходя из графического представления корреляционного поля, необходимо отметить, что расположение точек на рисунке 2.2.4 вокруг линии регрессии наименее плотное по сравнению с аналогичными результатами расчетов за другие временные периоды. В связи с этим абсолютная величина коэффициента регрессии по результатам анализа данных за 2014 г. достигает наименьших значений.

Построим корреляционное поле и эмпирическую линию регрессии, используя статистические данные по трудоемкости за 2015 г. Результат построения изображен на рисунке 2.2.5.

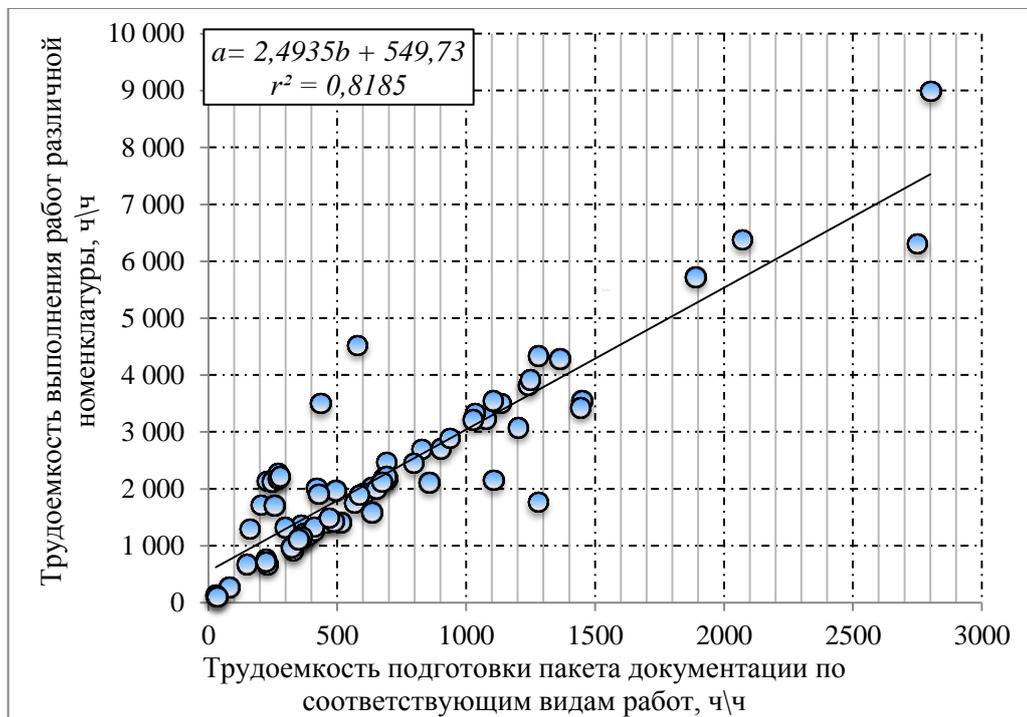


Рисунок 2.2.5 – Корреляционное поле и эмпирическая функция регрессии (согласно статистическим данным за 2015 г).\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

Итоговые численные показатели корреляционно-регрессионного анализа, а также результаты дисперсионного анализа статистических данных за период с 2012 по 2016 гг. для удобства представлены в таблице 2.2.3.

Таблица 2.2.3 – Результаты корреляционно-регрессионного анализа статистических данных по трудоемкости выполнения работ и подготовки документации по НИОКР, касающихся разработки и производства высокотехнологичных систем радиосвязи, за период с 2012 по 2016 гг.\*

Год		2012	2013	2014	2015	2016
Наименование						
Наблюдения, $n$		59	62	67	72	58
Эмпирическое уравнение регрессии, $\bar{a}_b = z_0 + z_1 b$		$3,157b + 138,86$	$2,296b + 607,8$	$2,815b + 353$	$2,494b + 549,73$	$2,465b + 548,4$
Коэффициент корреляции, $r$		0,953	0,911	0,893	0,905	0,926
Коэффициент детерминации, $r^2$		0,909	0,831	0,798	0,818	0,857
Результаты дисперсионного анализа	$F_{\text{набл}}$	569,054	294,55	256,162	315,706	336,875
	$F_{0,05;1;n-2}$	4,016	4,0012	3,99	3,98	4,018
Характер зависимости		Линейная положительная функциональная связь				

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

Согласно построенным регрессионным моделям, можно сделать вывод, что величина доли трудоемкости подготовки пакета документации изменяется в незначительных пределах и усредненное ее значение составляет около 30 % в общей величине трудоемкости выполнения работ. В условиях многономенклатурного мелкосерийного и единичного производства, с учетом сложности и разнообразия подготавливаемой документации, постоянство доли трудоемкости подготовки пакета документации достигается за счет использования АС КТПП, которая позволяет стандартизировать процесс подготовки специфической и индивидуальной для каждого вида работ документации. Таким образом, в результате анализа статистических данных установлено: вне зависимости от вида работ доля трудоемкости подготовки пакета документации в общей трудоемкости выполнения работ принимает значение условной константы, в результате чего можно говорить о статическом характере зависимости двух рассматриваемых величин. Соответственно, изменение величины трудоемкости подготовки типового пакета технической документации после внедрения АС КТПП можно использовать в качестве одного из критериев оценки результативности функционирования данной системы [77]. Для определения экономического эффекта от внедрения автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства в долгосрочном периоде сгруппируем данные из приложений 1-4, касающиеся трудоемкости подготовки технической документации, по типам работ, рассчитаем среднюю величину трудоемкости подготовки пакета технической документации для типовых видов работ, выполняемых в рамках ОКР. Полное внедрение систем Search и Imbase в общую систему АС КТПП предприятия было осуществлено в конце 2008 г. В связи с этим дополнительно используем данные, предоставленные планово-экономическим отделом предприятия, по средней величине трудоемкости подготовки документации без использования указанных систем, а также общей трудоемкости выполнения работ за 2006, 2007 гг. Данные расчетов представим в таблице 2.2.4. Осуществлять аналогичным образом анализ доли трудоемкости по подготовке технической документации в общей величине трудоемкости работ, выполняемых в рамках НИР, нецелесообразно вследствие специфики данного вида работ.

Таблица 2.2.4 Анализ доли средней величины трудоемкости подготовки пакета технической документации в общей усредненной величине трудоемкости проведения работ в рамках ОКР различной степени сложности.\*

Вид работ		2006	2007	2012	2013	2014	2015	2016
Год								
Менее сложная	Трудоемкость подготовки технической документации, ч/ч	845,6	910,21	423,31	499,9	418,63	395,91	393,67
	Общая трудоемкость выполнения работ, ч/ч	2384	2566,72	1193,96	1589,68	1961,22	1321,71	1337,96
	Доля трудоемкости, приходящаяся на подготовку документации, в общей величине трудоемкости, %	35,469	35,462	35,45425	31,4465	21,34544	29,95431	29,423
Средней сложности	Трудоемкость подготовки технической документации, ч/ч	1557,76	1763,24	709,8	864,4	1034,82	1176,53	1157,87
	Общая трудоемкость выполнения работ, ч/ч	3895,37	3673,42	1889,78	2237,92	2747,94	3301,15	3497,040
	Доля трудоемкости, приходящаяся на подготовку документации, в общей величине трудоемкости, %	39,99	48	37,56	38,6252	37,658	35,64	33,11
Более сложная	Трудоемкость подготовки технической документации, ч/ч	3456,71	2456,72	1358,5	1905,7	1878,29	2377,6	2140,33
	Общая трудоемкость выполнения работ, ч/ч	6487,95	4434,51	2722,44	3767,545	4289,49	5762,94	5190,63
	Доля трудоемкости, приходящаяся на подготовку документации, в общей величине трудоемкости, %	53,2789	55,4	49,9	50,582	43,7882	41,2567	41,2345

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

Значение величины трудоемкости разработки технической документации по НИР, в число которой входят не только чертежи, проекты, ведомости и т.п., а также научно-технические отчеты, колеблется в значительном промежутке значений вследствие специфичности и индивидуального характера каждой работы.

Согласно полученным данным, содержащимся в таблице 2.2.4, можно сделать вывод, что средняя величина трудоемкости подготовки пакета технической документации последовательно снижалась с годами. Необходимо отметить, что средняя величина трудоемкости подготовки документации по более сложным работам и работам средней сложности значительно сократилась в 2012 году по сравнению с предшествующими 2006 и 2007 гг., а именно на 10,44 % и 5,5 % соответственно. Однако полноценно оценить эффект от внедрения автоматизированной системы только лишь по этим данным не представляется возможным. В связи с этим в таблице 2.2.5 в динамике отражены показатели по трудоемкости с 2012 по 2016 гг. Для наглядного представления и последующего анализа отобразим указанные данные на рисунке 2.2.6



Рисунок 2.2.6 – Динамика доли трудоемкости, приходящейся на подготовку документации, в общей величине трудоемкости выполнения работ, % \*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

На рисунке 2.2.6 наглядно видны тренды снижения доли трудоемкости подготовки документации в общей величине трудоемкости проведения различного вида работ. Так, для менее сложных работ указанная величина снизилась на 6,031 % в 2016 г. относительно показателя 2012 г.

Для работ средней сложности за рассматриваемые 5 лет снижение произошло на 4,45%. Особенно наглядно прослеживается снижение показателя доли трудоемкости при выполнении более сложных работ – оно составило 8,6 %.

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о наличии ощутимого экономического эффекта внедрения объединенной автоматизированной системы на предприятии. Сокращение времени подготовки технической документации приводит не только к экономии трудовых ресурсов, но и к снижению результирующей себестоимости производимой продукции.

В результате стандартизации процессов подготовки документации, наличия возможности ее электронного согласования/утверждения, систематизации информации по конкретным изделиям, а также оперативному доступу к необходимым данным удалось достичь сокращения трудоемкости выполнения операций по подготовке документации. Такой результат достигнут посредством создания единой информационной базы обмена данными и электронных архивов.

Таким образом, можно сделать вывод о наличии динамики повышения эффективности АС КТПП при ее пассивной эксплуатации в долгосрочном периоде, что обусловлено постепенной адаптацией АС КТПП к реальным производственным условиям.

### **2.3 Повышение эффективности инструментов внутрифирменного планирования в рамках автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства**

Как отмечалось в первой главе, в настоящее время предприятиями активно используются специальные автоматизированные системы, на базе которых представляется возможным осуществлять поддержку процессов внутрифирменного планирования. Наличие этой функции значительно упрощает управленческий процесс, а также позволяет сделать систему менеджмента более эффективной.

Внутрифирменное планирование на предприятии представляет собой инструмент проектирования желаемого будущего и эффективных путей его достижения [64].

Поскольку планирование есть органически неразрывный структурный элемент управления, часть его важнейшей функции, то вполне обоснованно говорить о том, что внутрифирменное планирование – центральное звено в системе управления [33, 21]. Принятие обоснованных решений в процессе управления предприятием невозможно без осуществления прогнозирования будущих затрат [6]. Планирование является одной из важнейших функций управления [85]. А. Файоль, основатель административной школы управления, акцентировал внимание на тесной взаимосвязи прогнозирования будущих экономических сценариев и самого процесса управления: «Какое важное значение придают в деловых кругах предвидению, об этом можно судить по изречению: «Управлять – это предвидеть». Действительно, если предвидение и не есть на сто процентов управление, то оно, во всяком случае, составляет существенную часть последнего. Предвидеть здесь означает – исчислять будущее и подготавливать его; предвидеть – это уже почти действовать.» [49].

Очевидно, что для достижения поставленных перед предприятием целей, в особенности в процессе обеспечения потребностей государства в каком-либо виде специфической продукции, необходимо рационально распределять и использовать материальные ресурсы предприятия [41, 60]. В этих условиях

механизмы планирования на предприятии должны быть максимально адаптированными с учетом специфической направленности производственного процесса. В процессе разработки оптимального механизма планирования материальных затрат при производстве высокотехнологичной радиоэлектронной продукции необходимо руководствоваться рядом принципов, представленных на рисунке 2.3.1.

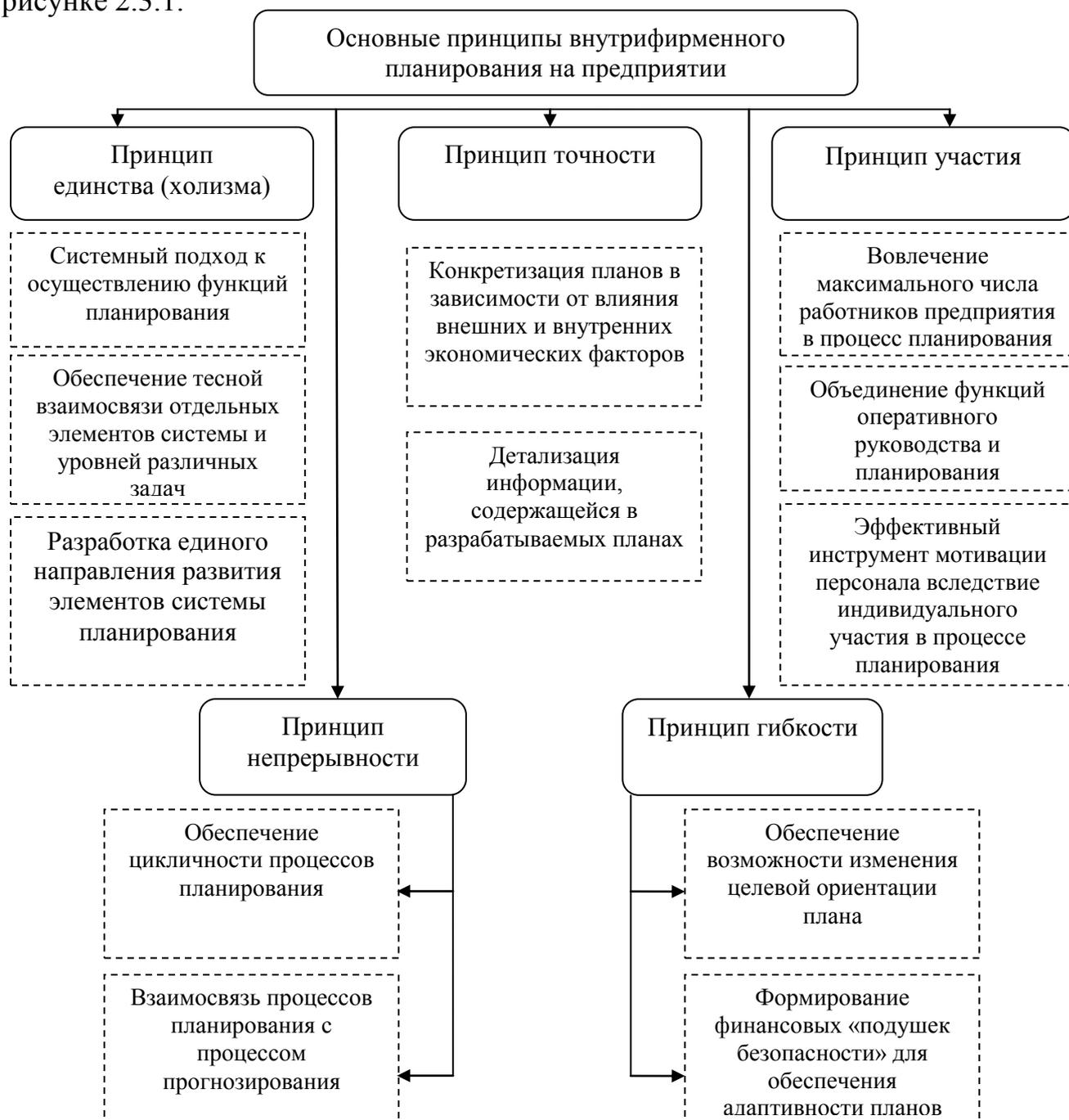


Рисунок 2.3.1 – Основные принципы внутрифирменного планирования, использующиеся в производственном процессе\*

\*Источник: составлено автором с использованием [33, 42, 47]

Качество результатов внутрифирменного планирования на предприятии во многом определяет эффективность его функционирования [50, 91]. В связи с этим необходимо ответственно подходить к такой трудоемкой задаче, как выбор оптимальной системы прогнозирования для конкретной производственной структуры. Такие основные принципы планирования, как принцип непрерывности, единства, точности и гибкости, были определены А. Файолем в рамках оптимальной программы деятельности предприятия. Принцип точности был позже предложен и обоснован Р. Анкоффом [47]. Использование указанных принципов позволяет создать эффективную систему внутрифирменного планирования на предприятии, вследствие чего представляется возможным в результате производственной деятельности удовлетворить потребности заказывающих структур в установленных рамках определенного объема затрат на оплату труда, закупку материалов, оборудования. В зависимости от сроков, на которые составляются планы предприятия, выделяют три вида планирования, а именно: краткосрочное, среднесрочное и долгосрочное. Краткосрочное планирование, главным образом, предназначено для обеспечения бесперебойного своевременного выпуска необходимого объема продукции с оптимальным использованием производственных мощностей за счет конкретизации производственной программы в течение смены, суток, недели, декады, года. Среднесрочное планирование, рассчитанное на более длительный временной период, направлено на формирование организационной структуры предприятия, распределение производственных мощностей, а также на планирование капитальных вложений. Горизонт среднесрочного планирования составляет от 1 до 5 лет. Долгосрочное планирование охватывает длительный период времени от 5 до 15 лет. Данный вид планирования используется для формирования генеральных целей предприятия и направления его развития [51, 107]. Также необходимо акцентировать внимание на классификации видов планирования в зависимости от степени экономической неопределенности. Различают вероятностный и детерминированный виды планирования. В зависимости от наличия достоверной информации представляется возможным либо дать

объективную оценку вероятности осуществления данного рассматриваемого сценария, либо, в случае, когда вероятность наступления события равна единице, полностью детерминировать процесс планирования. Как отмечалось в первой главе, в настоящее время для реализации функций планирования на современных предприятиях используются такие системы, как ERP и MRP. Внутрифирменное планирование в рамках автоматизированных систем может осуществляться различными методами, основные методы отражены на рисунке 2.3.1.

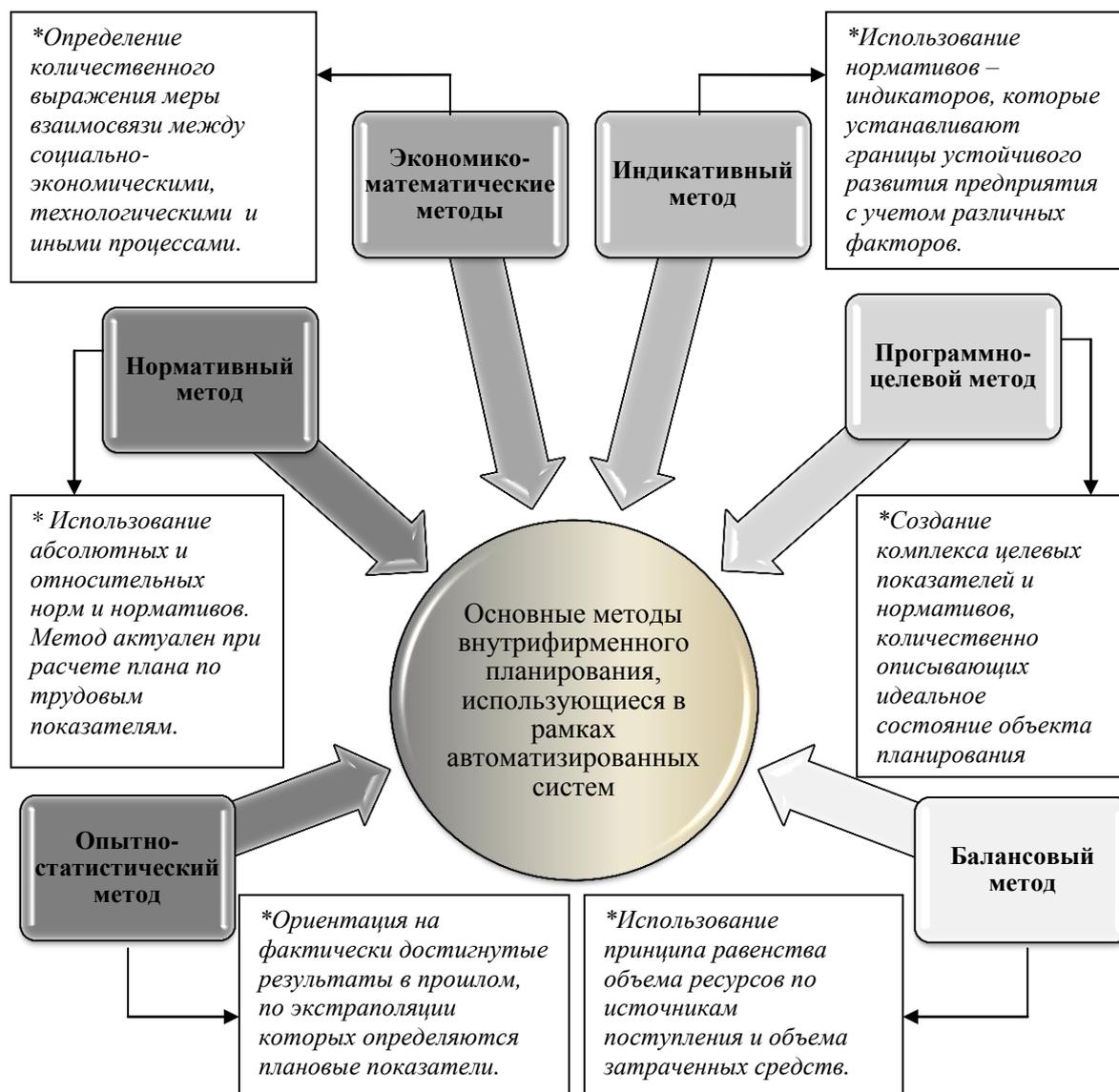


Рисунок 2.3.2 – Основные методы внутрифирменного планирования, использующиеся в рамках автоматизированных систем\*

\*Источник: составлено автором

Предприятие, анализируемое в данной диссертационной работе, является федеральным государственным казенным учреждением, вследствие чего целью его хозяйственной деятельности не является извлечение прибыли. Основная цель функционирования рассматриваемого предприятия заключается в своевременном и полном обеспечении государственных нужд с использованием определенного установленного объема денежных и трудовых ресурсов. Казенное учреждение – государственное (муниципальное) учреждение, осуществляющее оказание государственных (муниципальных услуг), выполнение работ и (или) исполнение государственных (муниципальных) функций в целях обеспечения реализации предусмотренных законодательством Российской Федерации полномочий органов государственной власти (государственных органов) или органов местного самоуправления, финансовое обеспечение деятельности которого осуществляется за счет средств соответствующего бюджета на основании бюджетной сметы [1].

Определяющее значение в процессе производства имеет качество внутрифирменного планирования трудовых и денежных ресурсов. При разработке эффективной методики внутрифирменного планирования необходимо обеспечить наличие оптимального механизма оперативной адаптации плановых решений к конкретной экономической ситуации. В связи с этим система внутрифирменного планирования, используемая на предприятии, должна быть достаточно гибкой. Гибкость достигается приданием планам способности менять свою направленность в зависимости от сложившейся экономической обстановки [67].

Планирование объема трудовых ресурсов на рассматриваемом высокотехнологичном предприятии связано, прежде всего, с расчетом двух экономических показателей трудоемкости – мощности и загрузки, выражаемых в человеко-часах. Величина мощности рассчитывается, исходя из нормы рабочего времени, планируемой среднесписочной численности, коэффициента рабочего времени и коэффициента переработки, что регламентируется внутренними стандартами учреждения. Объем загрузки представляет собой величину, выражающую фактически затраченную трудоемкость по выполнению общего объема работ. Трудоемкость выполнения различных видов работ устанавливается

разработчиком с учетом внутренних стандартов, а также личного опыта выполнения аналогичных операций. Величина общей трудоемкости выполнения НИОКР отражается в ТЭО. Суммарная трудоемкость работ по НИОКР, выполняемых подразделением, определяет его загрузку. Планирование величины загрузки осуществляется таким образом, чтобы она была эквивалентна показателю мощности. В таком случае подразделение, выполняющее указанные работы, обладает загрузкой 100 % на рассматриваемый период. Эффективное распределение загрузки по подразделениям осуществляется за счет использования АРМ-РП. Таким образом, при расчете загрузки используется нормативный метод планирования, который имеет достаточно детерминированный характер. В связи с этим функциональные возможности автоматизированной системы управления заказами АРМ-РП, используемой на рассматриваемом высокотехнологичном предприятии, полностью удовлетворяет требованиям в части планирования трудовых затрат.

Однако процесс планирования затрат на закупку МПКИ, предназначенных для создания средств радиосвязи, не является достаточно гибким. Необходимый объем средств на закупку МПКИ определяется разработчиком в рамках подготовки технико-экономического обоснования. Таким образом, стоимость комплектующих фиксируется на момент формирования ТЭО. Вследствие значительного колебания цен на покупные изделия и комплектующие общая стоимость МПКИ, заложенная в ТЭО, является ориентировочной. Помимо нестабильности цены, также необходимо отметить наличие производственного брака, приблизительная оценка объема которого является достаточно трудоемкой задачей. Таким образом, планирование объема денежных средств на закупку МПКИ осуществляется в условиях неопределенности. В связи с этим существующая система внутрифирменного планирования затрат на закупки МПКИ, используемая на предприятии, не является достаточно гибкой и эффективной и требует доработки.

В результате анализа практики повышения эффективности инструментов внутрифирменного планирования в радиоэлектронной промышленности

рассмотрены автоматизированные системы организационно-экономического управления и проектирования, использующиеся на рассматриваемом предприятии в качестве инструмента повышения эффективности производственного процесса, среди которых (САПР) – SolidWorks и Mentor Graphics, компьютерная система управления данными об изделии PDM – система Search и базы данных ImBase, а также АРМ-РП.

Детально проанализирована методика использования автоматизированных систем проектирования и организационно-экономического управления в процессе производства высокотехнологичных систем радиосвязи. Для выявления эффекта динамической адаптации системы конструкторско-технологической подготовки к реальным условиям производства, а также для установления взаимосвязи показателей общей трудоемкости выполнения различных видов работ и трудоемкости подготовки пакета специальной документации в среднесрочном периоде использовался корреляционно-регрессионный анализ статистических данных.

По результатам анализа показателей трудоемкости за период с 2012 по 2016 гг. с установлено, что значение коэффициента корреляции, характеризующего взаимосвязь между двумя случайными величинами, а именно общей трудоемкостью выполнения работ по созданию высокотехнологичных систем радиосвязи и величины трудоемкости подготовки пакета технической документации, изменяется в пределах от 0,893 до 0,953, что свидетельствует о значительной степени влияния величины трудоемкости подготовки конструкторско-технологической документации на общую трудоемкость выполнения работ.

В результате статистической обработки данных удалось не только математически обосновать выбор оптимального критерия эффективности – величины трудоемкости подготовки конструкторско-технологической документации, но и построить линейные регрессионные модели, а также проверить методом дисперсионного анализа степень согласования разработанных моделей с экспериментальными данными.

Проанализирована тенденция изменения доли средней величины трудоемкости подготовки пакета технической документации в общей

усредненной величине трудоемкости проведения работ в рамках ОКР различной степени сложности, в результате чего выявлена динамика снижения доли трудоемкости подготовки документации в общей величине трудоемкости проведения различного вида работ. Как показал анализ статистических данных, указанная величина для менее сложных работ по созданию высокотехнологичных систем радиосвязи в 2012 г. имела значение 35,45% и постепенно за 5 лет снизилась до показателя 29,423%. Аналогично для работ средней сложности и более сложных данные показатели снизились с 37,56% до 33,11% и с 49,9% до 41,2345% соответственно. Характер снижения рассматриваемого значения, как показано в разделе 2.2., является постепенным. В связи с этим можно судить о наличии эффективности от интеграции автоматизированных систем проектирования и организационно-экономического управления на предприятии.

В разделе 2.3. рассмотрены процессы внутрифирменного планирования, осуществляющиеся на основе автоматизированных систем организационно-экономического управления, используемых на рассматриваемом высокотехнологичном предприятии. По результатам рассмотрения методики внутрифирменного планирования трудовых резервов и материальных затрат выявлены основные недостатки данного процесса. В результате анализа существующей системы внутрифирменного планирования затрат на закупку МПКИ установлена необходимость ее совершенствования с учетом различных факторов экономической нестабильности, среди которых основными являются нестабильность цены на МПКИ, а также наличие производственного брака. Финансовое обеспечение казенного учреждения осуществляется за счет средств соответствующего бюджета на основании бюджетной сметы. Для корректного формирования бюджетной сметы на рассматриваемом предприятии необходимо использовать гибкий и индивидуально-адаптированный механизм внутрифирменного планирования затрат, касающихся закупки МПКИ.

### **ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВНУТРИФИРМЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАТРАТ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА**

#### **3.1 Экономико-математическое моделирование процесса прогнозирования затрат высокотехнологичного предприятия на закупку МПКИ**

Как отмечалось во второй главе, наиболее значимым вопросом, касающимся совершенствования автоматизированных систем управления производством, в настоящее время на предприятии является оптимизация процесса внутрифирменного планирования объема денежных средств на закупку МПКИ. Очевидно, что при условии эффективного процесса внутрифирменного планирования и увеличения степени достоверности прогнозирования сумм затрат на приобретение МПКИ представляется возможным сократить сроки закупок в связи с наличием денежных средств в оперативном доступе на предприятии. И наоборот, в случае избыточного поступления средств из бюджета Российской Федерации гибкий и эффективный механизм внутрифирменного планирования позволит более рационально распределять бюджетные ассигнования. Таким образом, интеграция моделей перспективного планирования затрат на МПКИ в рамках совершенствования автоматизированных систем позволит в целом повысить эффективность функционирования предприятия за счет более рационального распределения бюджетных ассигнований. Для разработки эффективной экономико-математической модели планирования затрат на МПКИ будем использовать методы и инструменты эконометрики. Американский экономист, лауреат Нобелевской премии по экономике Пол Самуэльсон рассматривал эконометрику как результат определенного взгляда на роль экономики, полученного в результате применения математической статистики к экономическим данным, что позволяет предоставить эмпирическую поддержку экономико-математическим моделям и получить числовые результаты [106]. Такие выдающиеся ученые, как В. В. Леонтьев, Л. В. Канторович,

Н. Д. Кондратьев, С. Китчин, С. Кузнец активно использовали математические методы анализа для исследования экономических явлений.

Необходимо также отметить, что в настоящее время одним из основных направлений исследований Центрального экономико-математического института РАН является освоение и развитие вероятностно-статистического аппарата (включая эконометрический инструментарий) экономических исследований. Такие ученые, как В. П. Макаров, А. С. Немировский, Ю. Е. Нестеров, С. А. Айвазян, М. Д. Ильменский активно изучают вопросы использования эконометрики и прикладной статистики для осуществления математического моделирования экономических процессов [113].

Математическое моделирование экономических процессов позволяет не только трансформировать статистические данные в форму, удобную для анализа, но и осуществлять прогнозирование возможных экономических сценариев на основе рассчитанной модели [80, 94]. Прежде чем переходить к выбору методов построения экономико-математической модели, предназначенной для внутрифирменного планирования затрат по закупке МПКИ для производства высокотехнологичной радиоэлектронной продукции, необходимо определить метод обработки статистических данных. В связи с этим следует акцентировать внимание на некоторых особенностях, связанных с процессом планирования объема затрат на МПКИ.

Количество единиц продукции к производству на будущий период определяется потребностями Заказчика и отражается в ТЭО. Согласно данной информации, представляется возможным определить объем покупных комплектующих, необходимых для выполнения поставленных перед предприятием задач. Однако несмотря на осведомленность об ориентировочном объеме закупок материалов и изделий, остается неизвестной их точная стоимость. Прежде всего, это связано с нестабильностью курса доллара, что приводит к колебанию цен на покупные радиоэлектронные комплектующие. В связи с этим прогнозирование точной стоимости заимствованных комплектующих и

материалов, в особенности иностранного производства, не представляется возможным.

Сложность и высокая трудоемкость производимой высокотехнологичной продукции обуславливает наличие брака, в особенности в процессе создания принципиально нового высокотехнологичного продукта [44]. Таким образом, еще одним фактором экономической неопределенности в процессе внутрифирменного планирования затрат на МПКИ является наличие производственного брака. Осуществление процесса планирования в условиях указанной нестабильности является весьма трудоемкой задачей, требующей использования специфического индивидуально-адаптированного математического аппарата.

Осуществление планирования объема будущих затрат на МПКИ, используемых при создании высокотехнологичных систем связи, на основе экстраполяции фактически достигнутых результатов в прошлом периоде не является достаточно гибким инструментом прогнозирования вследствие отсутствия возможности установления количественного выражения меры взаимосвязи между статистическими данными различных временных периодов. Оптимальным решением в данной ситуации может являться комбинированное использование двух различных методов планирования, рассмотренных во второй главе данной диссертационной работы, а именно: опытно-статистического и экономико-математического.

С учетом перечисленных факторов неопределенности необходимо использовать вероятностный вид внутрифирменного планирования. Таким образом, можно предположить, что стоимость комплектующих является дискретной случайной величиной. Случайной величиной называется такая переменная величина, которая в результате однотипных опытов может принимать разные заранее неизвестные значения. Для полного описания случайной величины необходимо указать возможные значения, принимаемые случайной величиной, и вероятности этих значений. Соотношение, устанавливающее в той или иной форме зависимость между возможными значениями случайной

величины и их вероятностями, называется законом распределения вероятностей [34].

В связи с этим для адекватной обработки статистических данных и описания дискретной случайной величины необходимо построить гистограммы распределения стоимости МПКИ. По результатам построения, с помощью визуальной оценки общего вида полученной гистограммы определяется принадлежность распределения данных к определенному теоретическому виду распределения. Среди основных видов распределений, активно используемых для описания социально-экономических явлений, можно выделить такие законы распределений, как: распределение Пуассона, гипергеометрическое, полиномиальное, биномиальное, нормальное (гауссовское), логарифмически нормальное, равномерное, распределения Вейбулла, Парето, Коши, Бернулли и другие [12, 34]. Например, биномиальное распределение широко используется в прикладных целях: в оценке стоимости опционов, определении стоимости страхового контракта с одинаковыми страховыми суммами по пересекающимся рискам, в разработке алгоритмов маршрутизации пакетов в телекоммуникационных системах [84]. Гипергеометрическое распределение используется преимущественно для описания вида распределения доли брака в контролируемой партии. Распределению Пуассона, например, подчиняется число сбоев на автоматизированных линиях производства. Более того, данный вид распределения используется в ряде задач, связанных с теорией массового обслуживания [13, 15]. Равномерный вид распределения часто используется в процессе проведения различных измерений, а также в теории массового обслуживания. Закон распределения Парето применяется для изучения распределения доходов, превышающих некоторый установленный уровень. Нормальный закон распределения считается самым распространенным и используется для описания большинства случайных величин в технике, экономике, биологии, медицине и в других областях [14, 16].

Зная тип распределения дискретной случайной величины, можно осуществить адекватное экономико-математическое моделирование, в результате

чего может быть сформирована оптимальная модель, позволяющая описать статистические данные, касающиеся затрат на МПКИ.

Как правило, осуществление экономико-математического моделирования базируется на анализе статистических данных, представляющих собой числовую последовательность наблюдений, которая характеризует изменение экономического явления во временном разрезе. Одним из разделов прикладной статистики, занимающихся исследованием зависимостей и явлений, происходящих во времени, а также прогнозированием будущих значений изучаемого процесса, является анализ временных рядов. Временным рядом называется последовательность наблюдений, упорядоченных во времени [34].

С целью установления общего характера изменения статистических данных в экономических исследованиях используют анализ временных рядов, в процессе которого основной задачей является установление корректного соотношения между краткосрочными и долгосрочными экономическими тенденциями. Для достижения поставленных целей используются различные виды сглаживания временных рядов. Среди них выделяют такие методы, как метод наименьших квадратов, сглаживание рядов с помощью скользящей средней, с помощью полинома Лагранжа, а также с помощью конечных разностей. Использование указанных методов позволяет отыскать общий вид некоторой аппроксимирующей интерполяционной функции, которая с заданной точностью описывает тенденцию развития временного ряда. Очевидно, что для разработки эффективной экономико-математической модели, на базе которой возможно осуществление функций планирования, необходимо использовать не только методы интерполяции. В процессе планирования экономических показателей будущих периодов используются методы экстраполяции данных, что позволяет рассчитать прогнозные значения рассматриваемого параметра. Зная аппроксимирующую функцию, представляется возможным осуществить процедуру экстраполяции данных и таким образом спрогнозировать будущие значения временного ряда. Прогнозирование характеризует будущее развитие временного ряда. Оно основано на гипотезе о том, что сохраняются основные закономерности прошлого

на период прогноза [34]. На сегодняшний день все более популярным становится использование метода экспоненциального сглаживания, позволяющего прогнозировать развитие временного ряда в краткосрочной перспективе. Сущность метода экспоненциального сглаживания заключается в том, что временной ряд сглаживается с помощью взвешенной скользящей средней, в которой веса, приписываемые рассматриваемым данным конкретного временного периода, подчиняются экспоненциальному закону. Метод экспоненциального сглаживания обладает очевидным преимуществом по сравнению, например, с методом наименьших квадратов, с помощью которого представляется возможным отыскать общий вид аппроксимирующей функции и экстраполировать данные, используя указанную функциональную зависимость. Дело в том, что коэффициенты уравнения, описывающего тренд, полученные методом наименьших квадратов, имеют постоянное значение, в то время как метод экспоненциального сглаживания позволяет учесть изменение данных коэффициентов во времени в зависимости от значений экспериментальных данных, в результате чего представляется возможным учесть даже резкие изменения при рассмотрении коротких временных рядов [75]. В связи с инерцией экономических процессов целесообразно использование скользящей средней с экспоненциально распределенными весами для осуществления прогноза будущего развития временного ряда [29]. Таким образом, используемая в данной диссертации теоретико-методологическая основа экономико-математического моделирования процесса прогнозирования объема средств, затрачиваемых на приобретение МПКИ, включает в себя элементы теории вероятности и математической статистики. Используя рассмотренные элементы теории вероятности и математической статистики, на основе статистических данных, содержащихся в информационной базе автоматизированной системы Search, применяемой рассматриваемым высокотехнологичным предприятием, по результатам экономического моделирования представляется возможным осуществлять планирование денежных затрат на будущие периоды по закупке

МПКИ для нужд предприятия. Механизм внутрифирменного планирования затрат на материалы и покупные изделия схематично представлен на рисунке 3.1.1.

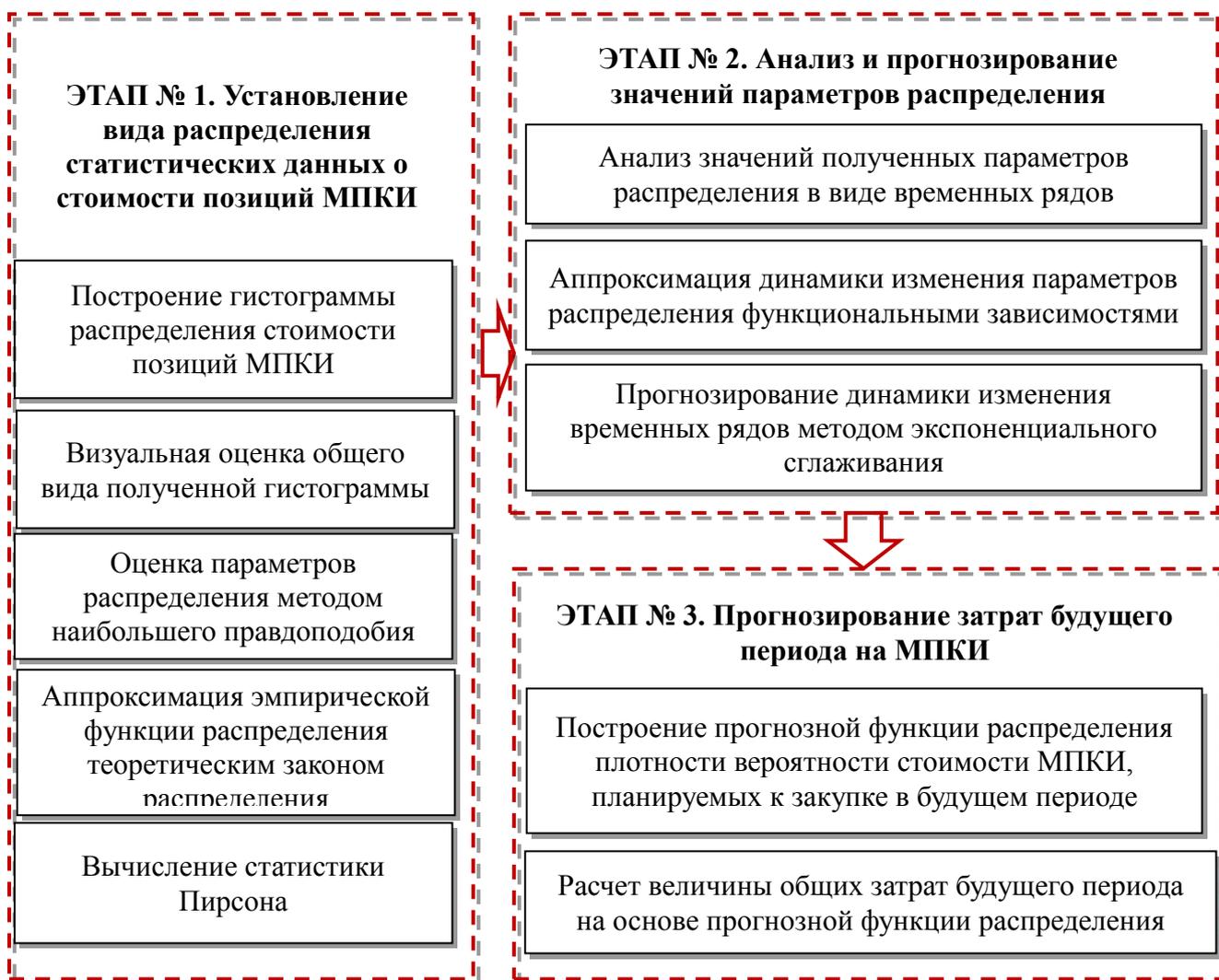


Рисунок 3.1.1 – Механизм внутрифирменного планирования затрат на закупку МПКИ\*

\*Источник: составлено автором.

Математическое моделирование распределения затрат на МПКИ целесообразно осуществлять на основании статистических данных единой информационной базы автоматизированных систем управления предприятием.

Количество закупаемых позиций МПКИ, использующихся в процессе создания систем радиосвязи на рассматриваемом высокотехнологичном предприятии, указаны в таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1 Статистические данные единой информационной базы организационно-экономической системы по общему количеству закупаемых позиций МПКИ, использующихся в процессе создания высокотехнологичных систем радиосвязи, за период с 2009 по 2017 гг. \*

Год	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Количество позиций, закупаемых МПКИ	1931	5465	5889	5482	6392	6699	4030	7893	9658

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

Проанализируем имеющиеся статистические данные при помощи элементов теории вероятности и математической статистики. С точки зрения статистического анализа, согласно таблице 3.1.1 имеем девять различных выборок объемом  $N$  равным количеству позиций, закупаемых МПКИ. Исходя из этого, построим гистограмму распределения, используя статистические данные за 2017 год. Число интервалов группировки или количество корзин группировки примем  $k = 103$ . В результате обработки рассматриваемых данных с помощью математического пакета Matlab R2013b получим гистограмму распределения 3.1.2.

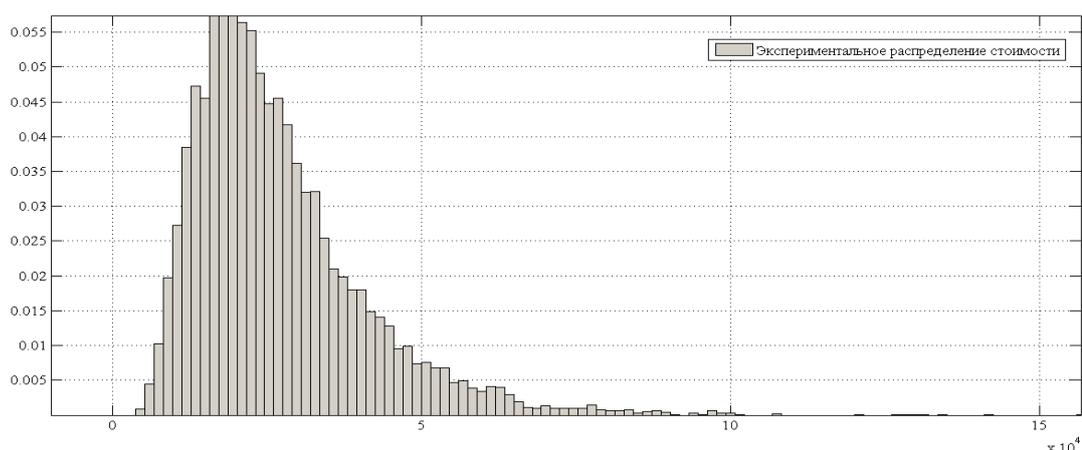


Рисунок 3.1.2 – Гистограмма распределения значений стоимости позиций МПКИ согласно статистическим данным за 2017 г.\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

В результате визуальной оценки гистограммы распределения можно предположить, что статистические данные, касающиеся затрат на МПКИ, имеют логарифмически нормальное распределение. Плотность вероятности случайной величины, имеющей логарифмически нормальное распределение, описывается выражением [12,34]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{(\ln x - a)^2}{2\sigma^2}\right]}, \quad x > 0. \quad (3.1.1)$$

Из этого следует, что экспериментально полученное распределение можно аппроксимировать теоретической функцией распределения с заданными параметрами  $\sigma$  и  $a$ . Для оценки указанных параметров распределения будем использовать наиболее распространенный в теории статистической оценки параметров распределений метод максимального (наибольшего) правдоподобия, который впервые был предложен Р. Фишером в 1912 г. Данный метод подразумевает принятие такого значения неизвестного векторного параметра  $\lambda^* (\lambda_1^*, \lambda_2^*, \dots, \lambda_k^*)$  при фиксированном объеме выборки, при котором функция правдоподобия  $L(\lambda, x)$  или ее натуральный логарифм  $\ln L(\lambda, x)$  достигают максимума. Соответственно для нахождения оценки решают уравнения правдоподобия [34]:

$$\left. \frac{\partial \ln L(\lambda, x)}{\partial \lambda_j} \right|_{\lambda_j^*} = 0. \quad (3.1.2)$$

Расчет оценки параметров также был осуществлен с помощью математического пакета Matlab R2013b, в результате чего были получены следующие результаты:  $\sigma = 10,0750$ ,  $a = 0,4930$ . Зная основные параметры логарифмически нормального распределения, рассчитанные по данным выборки рассматриваемых данных, построим теоретическую функцию распределения плотности вероятности, результаты построения отображены на рисунке 3.1.3.

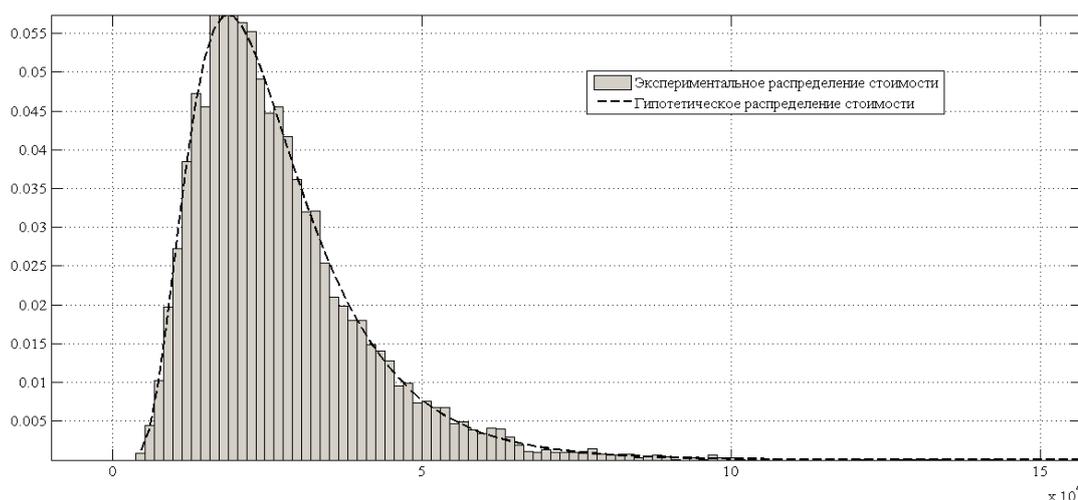


Рисунок 3.1.3 – Аппроксимация гистограммы распределения значений стоимости позиций МПКИ теоретическим законом распределения согласно статистическим данным за 2017 г.\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

Однако визуальная оценка вида распределения не является достаточной и математически обоснованной. Для проверки выдвинутой гипотезы о соответствии экспериментальных данных логарифмически нормальному закону распределения используем один из методов проверки статистических гипотез о виде распределения, а именно: вычислим критерий согласия хи-квадрат. Статистика Пирсона может быть рассчитана при помощи формулы [34, 48]:

$$\chi_v^2 = \sum_{j=1}^K \frac{(h_j^* - h_j)^2}{h_j}, \quad (3.1.3)$$

где  $h_j = \Phi(x_{j+1}) - \Phi(x_j)$ ,  $\Phi(x_j) = \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{(\ln x - a)^2}{2\sigma^2}\right]}$ .

Данная статистика – случайная величина с числом степеней свободы  $v = k - 3$ , где  $k$  – количество интервалов группировки значений анализируемой случайной величины. Соответственно для конкретного рассматриваемого случая  $v = 100$ . Гипотеза о принадлежности полученного экспериментального

распределения логарифмически нормальному закону принимается, если выполняется соотношение [34]:

$$\chi_v^2 < \chi_{\alpha, v}^2, \quad (3.1.4)$$

где  $\chi_{\alpha, v}^2$  – критическое значение статистики при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

Таким образом, по результатам расчета статистики Пирсона на основании 3.1.3, а также согласно табличным данным получен следующий результат:  $\chi_v^2 = 101,193$ ,  $\chi_{\alpha, v}^2 = 123,3$ . Так как соотношение 3.1.4 выполняется, можем принять гипотезу о принадлежности рассматриваемых данных по затратам на закупку МПКИ к логарифмически нормальному распределению. Зная параметры  $\sigma$  и  $a$  можем вычислить основные числовые характеристики логарифмически нормального распределения: среднее ( $E_\eta$ ), медиана ( $x_{med}$ ), мода ( $x_{mod}$ ), дисперсия ( $D_\eta$ ), эксцесс ( $\beta_2$ ), асимметрия ( $\beta_1$ ), по следующим формулам [12]:

$$E_\eta = ae^{\frac{1}{2}\sigma^2};$$

$$x_{med} = a;$$

$$x_{mod} = ae^{-\sigma^2};$$

$$D_\eta = (E_\eta)^2(e^{\sigma^2} - 1) = a^2e^{\sigma^2}(e^{\sigma^2} - 1);$$

$$\beta_2 = (e^{\sigma^2} - 1)(e^{3\sigma^2} + 3e^{2\sigma^2} + 6e^{\sigma^2} + 6);$$

$$\beta_1 = (e^{\sigma^2} - 1)^{\frac{1}{2}}(e^{\sigma^2} + 2). \quad (3.1.5)$$

Таким образом, используя формулы 3.1.5, получим следующие числовые характеристики для эмпирического распределения, согласно статистическим данным за 2017 г.:  $E_\eta = 11,377$ ,  $x_{med} = 10,075$ ,  $x_{mod} = 7,901$ ,  $D_\eta = 35,611$ ,  $\beta_2 = 5,668$ ,  $\beta_1 = 1,718$ . Для удобства представления полученных результатов рассчитанные числовые характеристики представим в таблице 3.1.3.

Аналогичным образом проанализируем данные за период с 2009 по 2016 гг. с целью установления оптимального вида распределения для последующего

моделирования процесса планирования общего объема затрат на МПКИ. В результате обработки статистических данных за 2009 – 2016 гг. были получены гистограммы распределения и графики теоретической аппроксимации, изображенные на рисунках 3.1.4 – 3.1.11.

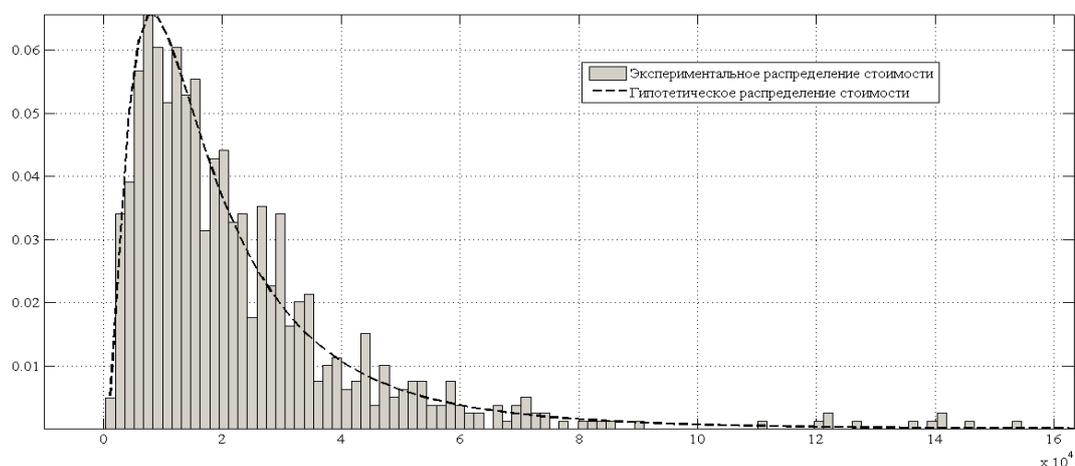


Рисунок 3.1.4 – Гистограмма распределения значений стоимости позиций МПКИ согласно статистическим данным за 2009 г.\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

Визуальная оценка гистограммы, построенной по данным выборки за 2009 г., позволяет сделать предположение о принадлежности распределения эмпирических данных к логарифмически нормальному закону распределения. Однако необходимо отметить неравномерность гистограммы распределения рассматриваемых данных.

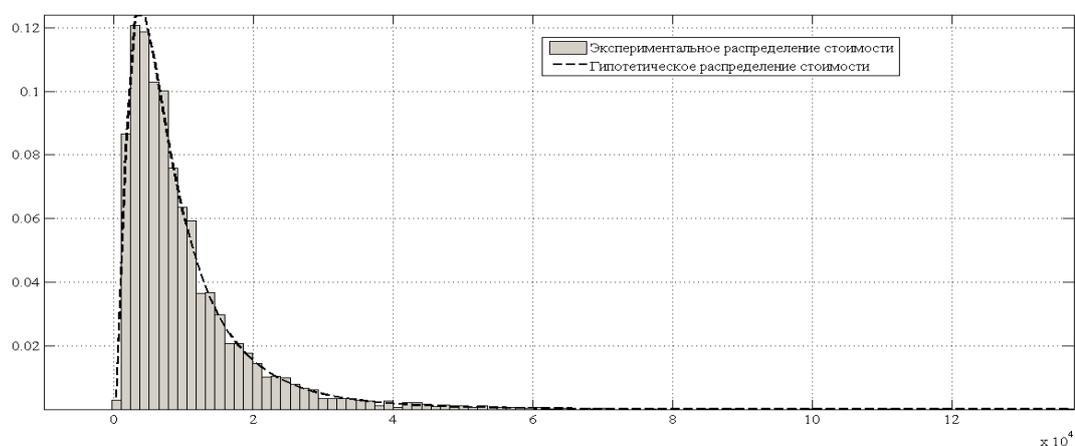


Рисунок 3.1.5 – Гистограмма распределения значений стоимости позиций МПКИ согласно статистическим данным за 2010 г.\*

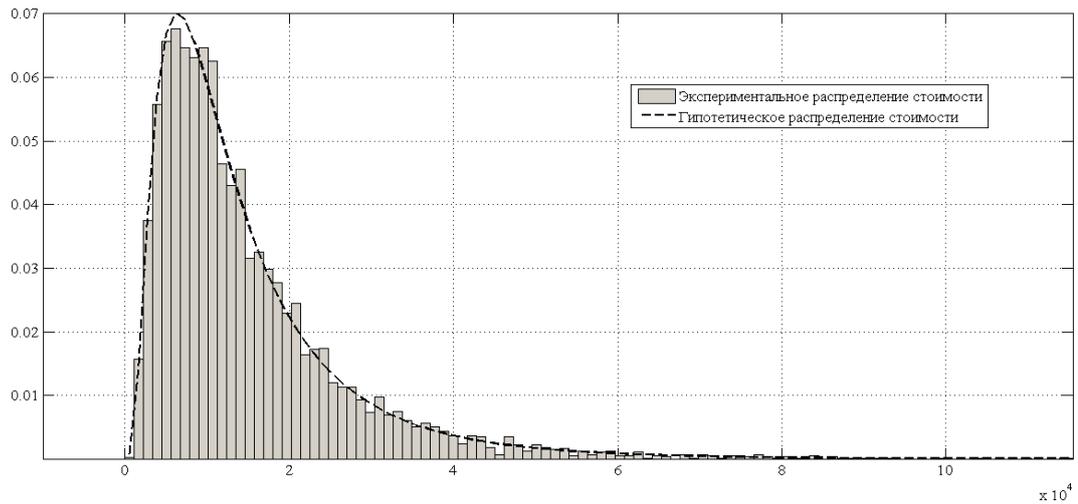


Рисунок 3.1.6 – Гистограмма распределения значений стоимости позиций МПКИ согласно статистическим данным за 2011 г.\*

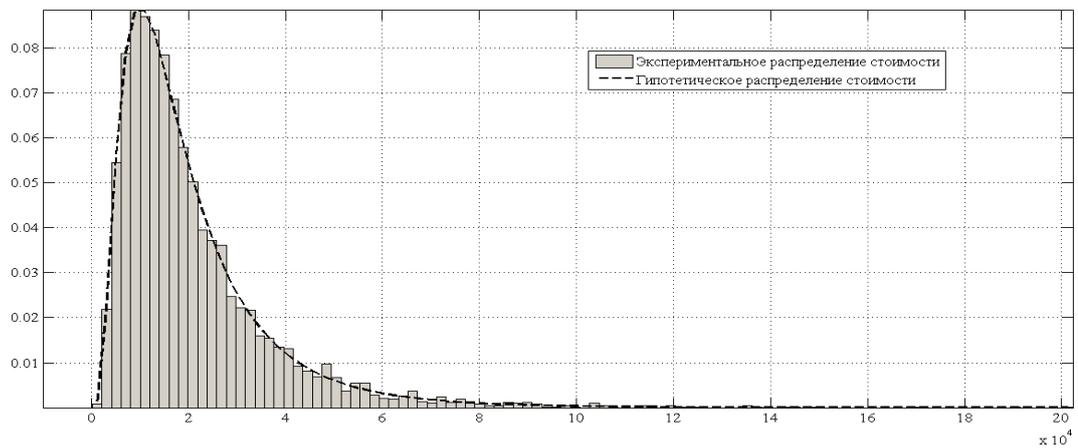


Рисунок 3.1.7 – Гистограмма распределения значений стоимости позиций МПКИ согласно статистическим данным за 2012 г.\*

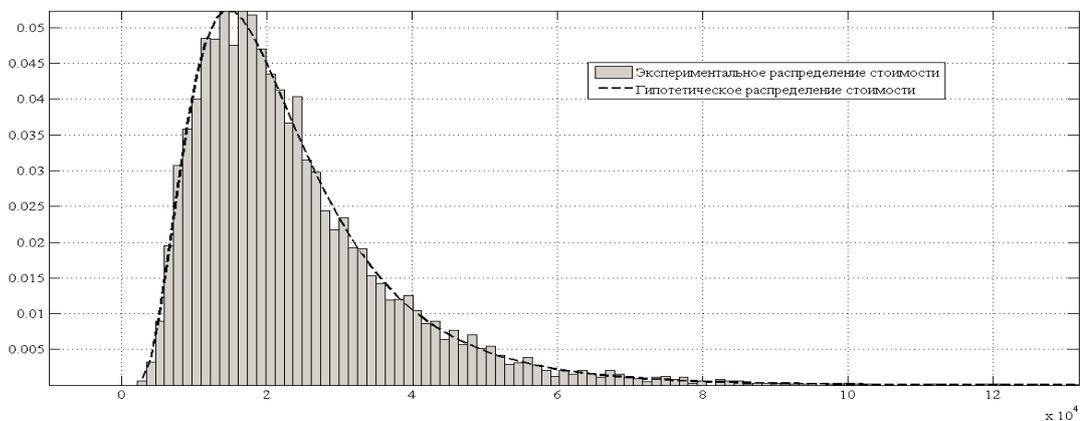


Рисунок 3.1.8 – Гистограмма распределения значений стоимости позиций МПКИ согласно статистическим данным за 2013 г.\*

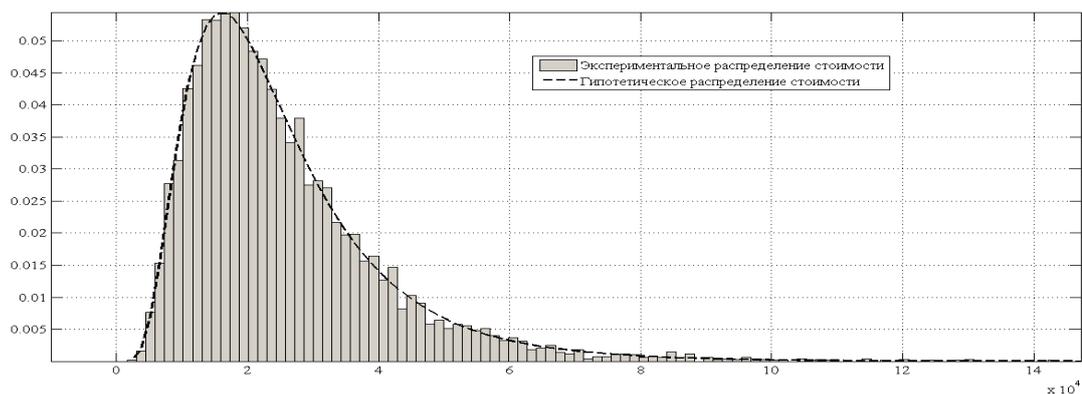


Рисунок 3.1.9 – Гистограмма распределения значений стоимости позиций МПКИ согласно статистическим данным за 2014 г.\*

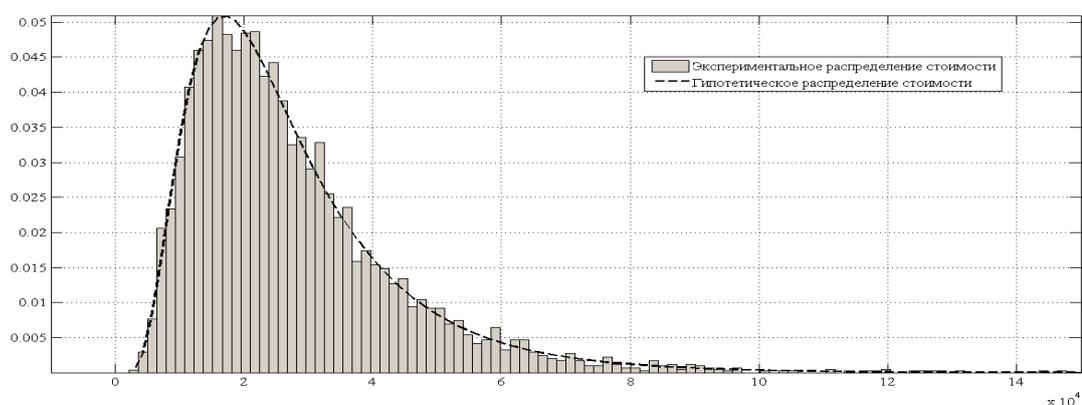


Рисунок 3.1.10 – Гистограмма распределения значений стоимости позиций МПКИ согласно статистическим данным за 2015 г.\*

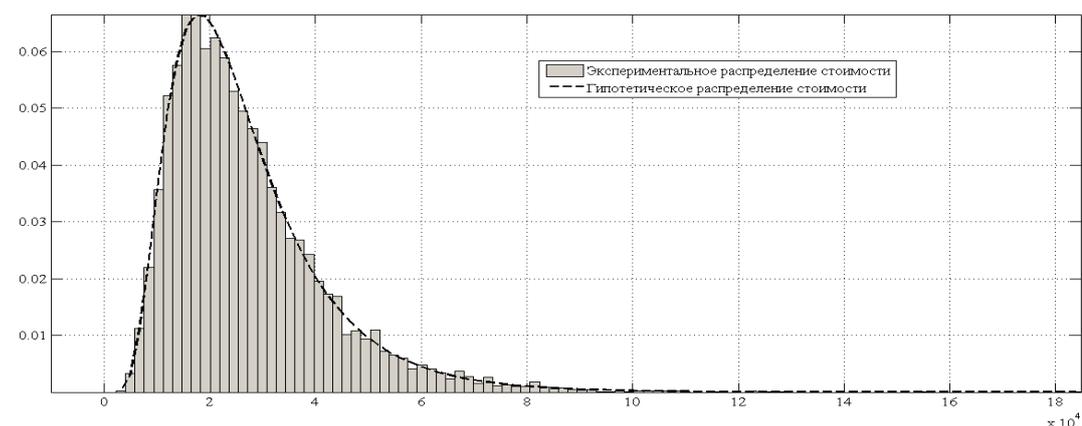


Рисунок 3.1.11 – Гистограмма распределения значений стоимости позиций МПКИ согласно статистическим данным за 2016 г.\*

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

В результате визуальной оценки представленных на рисунках 3.1.3 – 3.1.11 гистограмм распределений, а также их теоретической аппроксимации можно выдвинуть гипотезу о соответствии вида распределения статистических данных с 2009 по 2016 гг. логарифмически нормальному распределению. Для подтверждения данной гипотезы также будем использовать критерий хи-квадрат. Расчетные значения  $\chi^2_{\nu}$  для статистических выборок эмпирических функций распределения и теоретических функций, аппроксимации которых соответственно представлены на рисунках 3.1.3 – 3.1.11, содержатся в таблице 3.1.2.

Таблица 3.1.2 Результаты вычисления статистик Пирсона при обработке данных с 2009 по 2017 гг.\*

Год	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
$\chi^2_{\nu}$	123,872	97,999	87,755	112,231	72,878	109,470	81,717	77,622	101,193

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

Критическое значение статистики Пирсона равно 123,3 [34]. Сравнение полученных расчетных значений с критическим показывает, что гипотеза о принадлежности к логарифмически нормальному распределению может быть принята только для распределений стоимости, построенных по данным за период с 2010 по 2017 гг. Эмпирические данные, касающиеся стоимости позиций МПКИ за 2009 г., не подчиняются логарифмически нормальному закону распределения. Предположительно, одной из наиболее значимых причин такого несоответствия может являться нестабильность рынка радиоэлектронных компонентов, связанная с экономическим кризисом 2008 – 2010 гг. Параметр формы  $\sigma$  для выборки за 2010 г. равен 0,8155 и принимает наибольшее значение по сравнению с аналогичными показателями, рассчитанными по данным выборок за другие временные периоды. В связи с этим коэффициент эксцесса имеет значение на порядок больше по сравнению с величинами за аналогичные периоды. Вид распределения значений стоимости позиций МПКИ по данным за 2017 г. в отличие от гистограммы, представленной на рисунке 3.2.2, напротив, имеет наименьшее значение параметра формы  $\sigma = 0,4930$  и наибольшее значение параметра масштаба  $a = 10,0750$ .

Прежде всего, это связано с широким диапазоном изменения стоимостей подавляющего большинства позиций, закупаемых МПКИ. В рассматриваемой выборке преобладают комплектующие и материалы стоимостью от 25 000 руб. до 100 000 руб. В таблице 3.1.3 представлены результаты расчетов основных числовых характеристик логарифмически нормального распределения для выборок за 2010-2017 гг.

Таблица 3.1.3 Результаты вычисления основных числовых характеристик логарифмически нормального распределения по результатам статистического анализа массивов экспериментальных данных за 2010-2017 гг.\*

Наименование Показателя \ Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
$a$	8,8869	9,3311	9,6907	9,9069	9,9919	10,0594	10,0674	10,0750
$\sigma$	0,8155	0,7568	0,6938	0,5609	0,5557	0,5690	0,5170	0,4930
среднее ( $E_{\eta}$ )	12,393	12,425	12,328	11,595	11,660	11,827	11,507	11,377
медиана ( $x_{med}$ )	8,887	9,331	9,691	9,907	9,992	10,059	10,067	10,075
мода ( $x_{mod}$ )	4,570	5,263	5,988	7,233	7,337	7,277	7,706	7,901
дисперсия ( $D_{\eta}$ )	145,063	119,36	93,959	49,703	49,189	53,478	40,572	35,611
эксцесс ( $\beta_2$ )	34,349	24,466	17,190	8,288	8,053	8,666	6,493	5,668
асимметрия ( $\beta_1$ )	3,834	3,318	2,845	2,049	2,022	2,091	1,830	1,718

\*Источник: составлено автором с использованием статистических данных, предоставленных высокотехнологичным предприятием радиоэлектронной промышленности.

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о целесообразности использования логарифмически нормального закона распределения в качестве инструмента математического описания рассматриваемых статистических данных.

### 3.2 Разработка механизма экономико-математического моделирования процесса внутрифирменного планирования будущих затрат на МПКИ высокотехнологичного предприятия радиоэлектронной промышленности

Анализ эмпирических данных, осуществленный в разделе 3.2, показал возможность использования логарифмически нормального закона распределения в качестве инструмента математического описания статистических данных по затратам на МПКИ. Экономико-математическое моделирование прогнозирования общего объема стоимости, закупаемых МПКИ, будем осуществлять на основе рассмотрения рассчитанных в разделе 3.1. параметров логарифмически нормального распределения, представленных в таблице 3.1.3.

Первым в качестве анализируемого показателя логнормального распределения, значение которого необходимо прогнозировать, выберем параметр масштаба  $a$ . Рассмотрим совокупность расчетных данных числовой характеристики логарифмически нормального распределения  $a$  за различные временные периоды в качестве временного ряда. Поскольку эмпирические данные, касающиеся стоимости позиций МПКИ за 2009 г., не подчиняются логарифмически нормальному закону распределения, при анализе данных будем использовать только значения за период с 2010 по 2017 гг. Поместим для удобства анализируемые данные в отдельную таблицу 3.2.1.

Таблица 3.2.1 Динамика изменения показателя  $a$ , полученного при обработке данных за 2010 по 2017 гг.\*

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
$a$	8,8869	9,3311	9,6907	9,9069	9,9919	10,0594	10,0674	10,0750

\*Источник: составлено автором.

Графически изобразим расположение экспериментальных данных и тренд, описывающий данный временной ряд, на плоскости на рисунке 3.2.1.

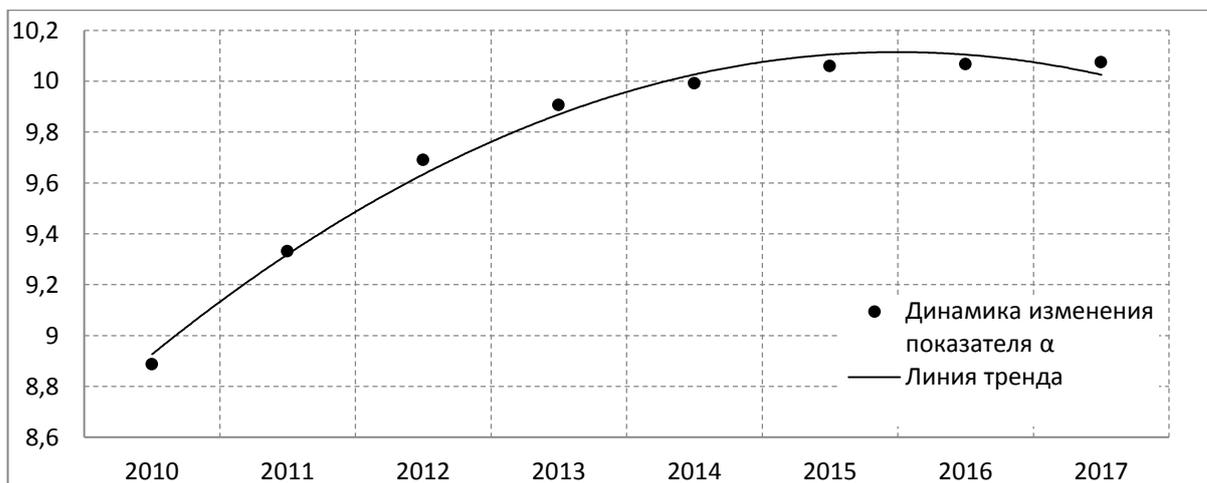


Рисунок 3.2.1 – Динамика изменения показателя  $\alpha$  за 2010-2017 гг.\*

\*Источник: составлено автором.

В результате визуальной оценки рисунка 3.2.1 можно утверждать, что линия тренда достаточно хорошо аппроксимирует экспериментальные данные. Тренд рассматриваемого временного ряда описывается полиномом второй степени, который может быть задан следующей функциональной зависимостью:

$$y(x) = 8,4542 + 0,5113x - 0,0394x^2 \quad (3.2.1)$$

Расчетная величина достоверности аппроксимации составила  $R^2 = 0,9897$ , что подтверждает соответствие аппроксимирующей функции экспериментальным данным рассматриваемого временного ряда.

Для прогнозирования будущего значения временного ряда воспользуемся методом экспоненциального сглаживания. Необходимо отметить, что при анализе коротких временных рядов метод экспоненциального сглаживания часто является несостоятельным, когда темпы роста и прироста рассматриваемого показателя велики. Однако в нашем случае, несмотря на малочисленные наблюдения, временной ряд изменяется достаточно плавно, иными словами, отсутствуют резкие скачкообразные изменения показателя. В связи с этим метод экспоненциального сглаживания может быть применен в данном конкретном случае для получения адекватной прогнозируемой величины. Составим расчетную таблицу 3.2.2.

Таблица 3.2.2 Расчетная таблица\*

Год	Фактическое значение уровней	Расчетные значения уровней, в соответствии с формулой 3.3.1	Отклонение фактических значений от расчетных
2010	8,8869	8,926	-0,0391
2011	9,2465	9,319	0,0121
2012	9,6907	9,633	0,0577
2013	9,9069	9,869	0,0379
2014	9,9919	10,026	-0,0341
2015	10,0594	10,104	-0,0446
2016	10,0674	10,103	-0,0356
2017	10,075	10,023	0,052

\*Источник: составлено автором с использованием [30].

Как уже отмечалось, метод экспоненциального сглаживания основан на расчете экспоненциальной скользящей средней. Для расчета данной величины Р. Г. Брауном была выведена следующая формула [29]:

$$S_t^{[k]}(y) = \alpha \sum_{i=0}^n (1 - \alpha)^i y_{t-i} \quad (3.2.2)$$

Адекватность результатов прогнозирования во многом зависит от выбора оптимального значения параметра сглаживания. В связи с нестабильностью рынка радиоэлектронных компонентов в посткризисный период начальные значения временного ряда не являются достаточно достоверными, поэтому параметр сглаживания выберем равным  $\alpha = 0,75$ . При таком значении параметра сглаживания наибольший статистический вес присваивается последним наблюдениям временного ряда.

Для осуществления процедуры экспоненциального сглаживания согласно формуле 3.2.2 необходимо определить начальные условия с использованием

специальных формул, разработанных Р. Брауном. Для квадратичной модели начальные условия определяются исходя из следующих соотношений[29]:

$$\begin{aligned} S_0^{[1]}(y) &= b_0 - \frac{1-\alpha}{\alpha} b_1 + \frac{(1-\alpha)(2-\alpha)}{2\alpha^2} b_2; \\ S_0^{[2]}(y) &= b_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} b_1 + \frac{(1-\alpha)(3-2\alpha)}{\alpha^2} b_2; \\ S_0^{[3]}(y) &= b_0 - \frac{3(1-\alpha)}{\alpha} b_1 + \frac{3(1-\alpha)(4-3\alpha)}{2\alpha^2} b_2. \end{aligned} \quad (3.2.3)$$

Расчетные значения  $S_0^{[1]}(y)$ ,  $S_0^{[2]}(y)$ ,  $S_0^{[3]}(y)$  соответственно составили 8,2730, 8,087, 7,897.

Для оценки коэффициентов квадратичной модели, которая представлена соотношением 3.2.1, используем следующие соотношения [29]:

$$\begin{aligned} \hat{a}_0 &= 3 \left[ S_t^{[1]}(y) - S_t^{[2]}(y) \right] + S_t^{[3]}(y); \\ \hat{a}_1 &= \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} \left[ (6-5\alpha)S_t^{[1]}(y) - 2(5-4\alpha)S_t^{[2]}(y) + (4-3\alpha)S_t^{[3]}(y) \right]; \\ \hat{a}_3 &= \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} \left[ S_t^{[1]}(y) - 2S_t^{[2]}(y) + S_t^{[3]}(y) \right]. \end{aligned} \quad (3.2.4)$$

Расчет величины прогноза осуществляется по формуле [29]:

$$y_{t+l} = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 l + \frac{1}{2} \hat{a}_2 l^2 \quad (3.2.5)$$

С целью прогнозирования значения, которое примет параметр  $a$  в 2018 г., произведем расчет с помощью метода экспоненциального сглаживания и осуществим построения прогноза. Результаты расчетов по формулам 3.3.2-3.2.5 представлены в таблице 3.2.3.

Таблица 3.2.3 Расчет прогнозного значения параметра  $\alpha$  на 2018 г. методом экспоненциального сглаживания.\*

Годы	$y_t$	$S_t^{[1]}(y)$	$S_t^{[2]}(y)$	$S_t^{[3]}(y)$	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_1$	$\hat{a}_3$	$y_t^{\cdot}$	$y_t - y_t^{\cdot}$
2011	9,3311	8,7334	8,57181875	8,403114063	8,887932813	0,410285156	-0,063885937	9,266275	0,064825
2012	9,6907	9,1817	9,029215625	8,872690234	9,330087109	0,414769336	-0,036537891	9,7265875	-0,0359
2013	9,9069	9,5634	9,429887891	9,290588477	9,691260742	0,340381348	-0,05167793	10,00580313	-0,098903125
2014	9,9919	9,8210	9,723249219	9,615084033	9,908445361	0,184391528	-0,093402686	10,04613555	-0,0542
2015	10,0594	9,9492	9,892700366	9,823296283	9,99274743	0,033787289	-0,116283307	9,968393066	0,091006934
2016	10,0674	10,0318	9,997059607	9,953618776	10,05797802	0,013487858	-0,077889757	10,032521	0,0349
2017	10,075	10,0585	10,04314853	10,02076609	10,06685502	-0,02761545	-0,063175177	10,00765198	0,067348022
Прогноз на 2018 г.	-	10,0709	10,06394554	10,05315068	10,07394769	-0,019759509	-0,03476273	10,03680681	-

\*Источник: составлено автором с использованием [30].

В результате прогнозирования методом экспоненциального сглаживания было получено следующее значение параметра  $\alpha$  на 2018 г.  $\alpha = 10,02240412$ . Теперь, когда известен прогноз показателя на 2018 г., для построения экономико-математической модели распределения затрат предприятия на МПКИ необходимо осуществить прогноз значения второго параметра распределения –  $\sigma$ . Аналогичным образом осуществим прогнозирование развития временного ряда, значения которого указаны в таблице 3.2.4, с помощью метода экспоненциального сглаживания.

Таблица 3.2.4 Динамика изменения показателя  $\sigma$ , полученного при обработке данных за 2010 по 2017 гг.\*

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
$\sigma$	0,8155	0,7568	0,6938	0,5609	0,5557	0,5690	0,5170	0,4930

\*Источник: составлено автором.

Графически изобразим расположение экспериментальных данных и тренд, описывающий данный временной ряд, на плоскости на рисунке 3.2.2.

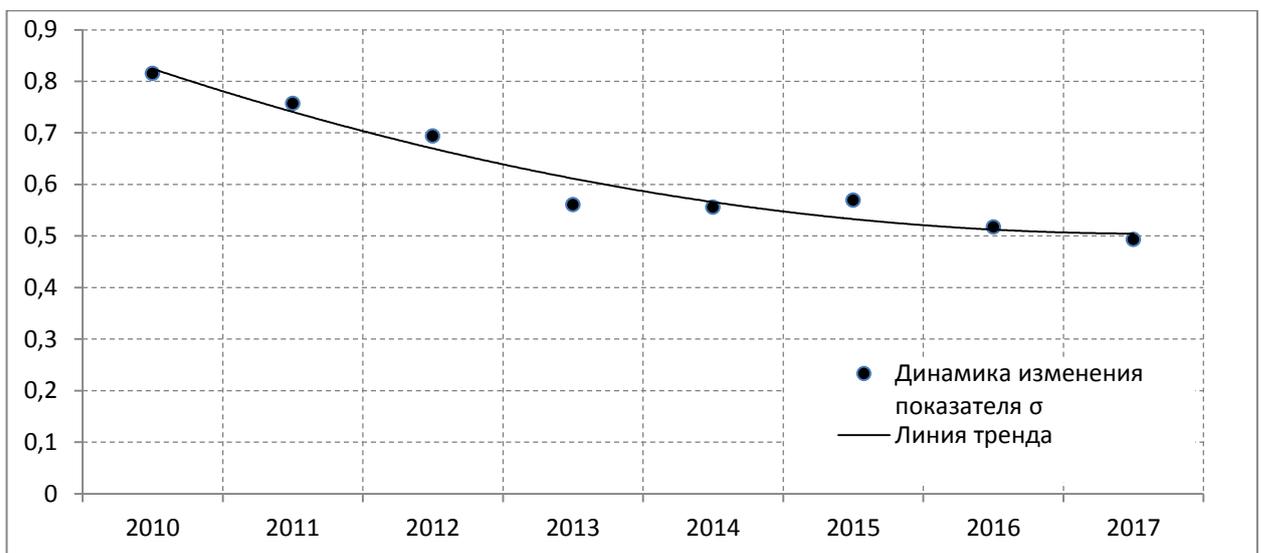


Рисунок 3.2.2 – Динамика изменения показателя  $\sigma$  за 2010-2017 гг.\*

\*Источник: составлено автором

В результате визуальной оценки рисунка 3.2.2, как и в предыдущем случае, можно утверждать, что тренд рассматриваемого временного ряда описывается полиномом второй степени, который может быть задан следующей функциональной зависимостью:

$$y(x) = 0,9205 - 0,1026x + 0,0063x^2 \quad (3.2.6)$$

Расчетная величина достоверности аппроксимации составила  $R^2 = 0,9493$ , что подтверждает соответствие аппроксимирующей функции экспериментальным данным рассматриваемого временного ряда.

Расчетные значения  $S_0^{[1]}(y)$ ,  $S_0^{[2]}(y)$ ,  $S_0^{[3]}(y)$  соответственно составили 0,9560, 0,993, 1,03. Результаты расчетов по формулам 3.2.2-3.2.4 для осуществления процедуры прогнозирования параметра  $\sigma$  на основе метода экспоненциального сглаживания представлены в таблице 3.2.5.

Таблица 3.2.5 Расчет прогнозного значения параметра  $\sigma$  на 2018 г. методом экспоненциального сглаживания.\*

Годы	$y_t$	$S_t^{[1]}(y)$	$S_t^{[2]}(y)$	$S_t^{[3]}(y)$	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_1$	$\hat{a}_3$	$y_t^{\wedge}$	$y_t - y_t^{\wedge}$
2011	0,7568	0,8506	0,88621875	0,922164063	0,815382813	-0,103089844	0,003164063	0,713875	0,042925
2012	0,6938	0,7803	0,806746875	0,835601172	0,756129297	-0,05465332	0,021273047	0,7121125	-0,0183
2013	0,5609	0,7154	0,738247266	0,762585742	0,694086133	-0,052694238	0,013547461	0,648165625	-0,087265625
2014	0,5557	0,5995	0,634208203	0,666302588	0,562263525	-0,131184741	-0,023267725	0,419444922	0,1363
2015	0,569	0,5667	0,583544897	0,60423432	0,553571014	-0,010745938	0,034214886	0,55993252	0,00906748
2016	0,517	0,5684	0,572196936	0,580206282	0,568858321	0,033032307	0,03804023	0,620910742	-0,1039
2017	0,493	0,5299	0,540439412	0,550381129	0,518623605	-0,038520824	-0,005797115	0,477204224	0,015795776
Прогноз на 2018 г.	-	0,5022	0,511769897	0,521422705	0,492753191	-0,027658331	0,000866729	0,465528224	-

\*Источник: составлено автором с использованием [29].

В результате прогнозирования методом экспоненциального сглаживания было получено следующее значение параметра  $\sigma$  на 2018 г.  $\sigma = 0,465528224$ .

Используя прогнозные параметры распределения  $\sigma$  и  $a$ , по формулам 3.1.5 рассчитаем основные числовые характеристики:  $E_\eta = 11,169$ ,  $x_{med} = 10,022$ ,  $x_{mod} = 8,07$ ,  $D_\eta = 30,19$ ,  $\beta_2 = 4,839$ ,  $\beta_1 = 1,595$ . На основе рассчитанных значений представляется возможным смоделировать вид распределения данных, касающихся затрат на МПКИ на 2018 год. Как отмечалось ранее, информация о количестве закупаемых позиций МПКИ известна и содержится в ТЭО, следовательно, известен объем выборки. Таким образом, установив ориентировочные максимальную и минимальную стоимости закупаемых МПКИ, то есть определив интервал, в котором распределены значения затрат на МПКИ, можем построить адекватную экономико-математическую модель распределения затрат.

Значения максимальной стоимости планируемой к закупке в 2018 году позиции по МПКИ, согласно прогнозным данным отдела материально-технического обеспечения рассматриваемого высокотехнологичного предприятия, составляет 163780 руб., минимальной – 465 руб.

Планируемый объем закупок в соответствии с данными автоматизированной системы организационно-экономического управления предприятия на 2018 год составляет 6595 позиций.

С помощью математического пакета Matlab R2013b построим график распределения затрат на МПКИ, используя прогнозные параметры  $\sigma = 0,465528224$ ,  $a = 10,02240412$ ,  $n = 6595$  позиций,  $x_{min} = 465$  руб.,  $x_{max} = 163780$  руб., и изобразим вид распределения стоимости на 2018 год на рисунке 3.2.3.

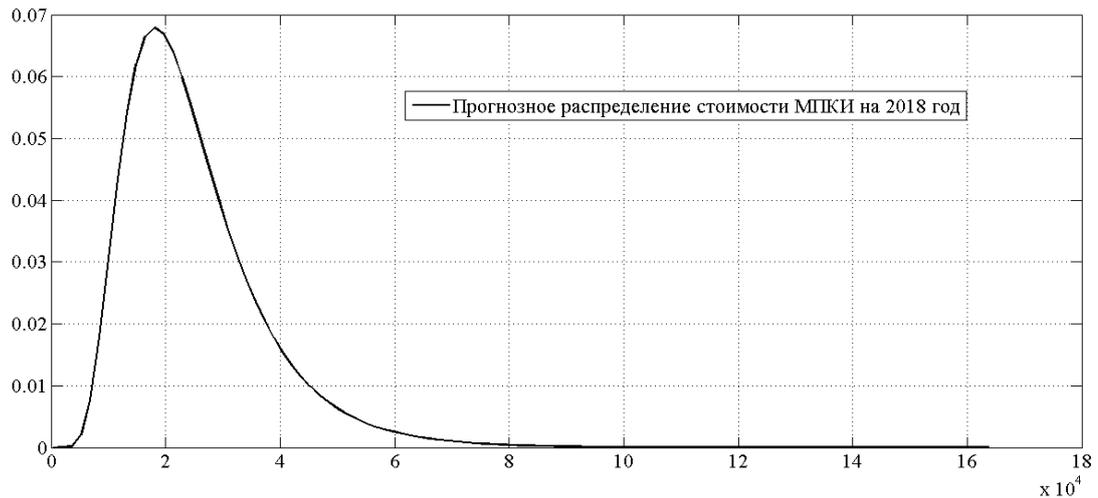


Рисунок 3.2.3 – Прогнозное распределение стоимости МПКИ, планируемых к закупке в 2018 г. \*

\*Источник: составлено автором.

Количество интервалов группировки по аналогии выберем равным  $k = 103$ , как и при первоначальном анализе статистических данных в разделе 3.1.

Зная вид функции распределения и количество интервалов группировки, представляется возможным оценить максимальную стоимость общего объема запланированных к закупке материалов, покупных изделий и комплектующих. Для этого посчитаем общее количество попаданий случайной величины в каждый из интервалов. Располагая сведениями об объеме выборки ( $n = 6595$ ), количестве интервалов группировки и соответствующими значениями вероятностей для каждого из интервалов ( $p_i$ ), которые определяются видом прогнозной функции распределения, легко получить число попаданий случайной величины в каждый из интервалов ( $r_i$ ) по формуле:

$$r_i = p_i n , \quad (3.2.7)$$

где  $i = 1, 2 \dots k$  – номер интервала группировки.

Затем соответственно для каждого из интервалов умножим полученный результат на величину, эквивалентную верхнему значению каждого из соответствующих интервалов, и просуммируем полученные значения:

$$\sum_{i=1}^k r_i x_{i_{max}}. \quad (3.2.8)$$

Таким образом, на основе анализа статистических данных, касающихся объемов и стоимости закупаемых МПКИ для создания средств радиосвязи за период с 2009 по 2017 гг., по результатам экономико-математического моделирования была спрогнозирована величина максимально возможных затрат на МПКИ на 2018 г. с учетом динамики изменения стоимостных показателей, начиная с 2010 г. Разработанная модель оптимального вероятностного планирования сочетает в себе два различных метода планирования, рассмотренных во второй главе данной диссертационной работы, а именно: опытно-статистический и экономико-математический.

В результате использования разработанной в данной диссертации модели получена ориентировочная величина общих затрат предприятия на закупку МПКИ на 2018 г., которая составляет 172 350 161,03 руб. Результат, полученный в процессе использования разработанной экономико-математической модели, может быть использован для формирования годовой бюджетной сметы предприятия.

Для оценки эффективности механизма внутрифирменного планирования осуществлялось прогнозирование затрат на закупку МПКИ, используемых в процессе создания высокотехнологичных систем радиосвязи с помощью разработанного алгоритма на 2017 г. С точки зрения адекватности и математической точности модели было установлено, что величина, полученная в процессе экономико-математического моделирования, превысила фактическое значение затрат рассматриваемого предприятия за 2017 г. на 12 553 791,3 руб. В свою очередь показатель, полученный в результате использования существующей на предприятии системы планирования, превысил фактическое значение затрат за 2017 г. на 49 753 911,9 руб.

Таким образом, в денежном выражении разность сумм, полученных в результате прогнозирования различными методами, то есть при использовании

экономико-математической модели прогнозирования и существующей на предприятии системы планирования, в 2017 г. составила 37 200 120,6 руб.

Стоимость разработки программного продукта на основе приведенного экономико-математического алгоритма и интеграция его в существующую общую систему АС КТПП предприятия была оценена группой экспертов, состоящей из 8 специалистов, с целью определения сроков окупаемости. Результаты экспертной оценки приведены в таблице 3.2.6.

Таблица 3.2.6 Экспертная оценка стоимости разработки программного продукта, позволяющего осуществлять планирование затрат на МПКИ согласно разработанному алгоритму\*.

Эксперт	Экспертная оценка стоимости, руб.
1	395000
2	321000
3	286000
4	299000
5	344000
6	365000
7	323000
8	309000
Среднее	330250

\* Источник: составлено автором.

Согласно результатам экспертного оценивания стоимости разработки программного продукта, ориентировочное среднее значение затрат составило 330 250 руб. Таким образом, можно утверждать, что срок окупаемости проекта по совершенствованию АС КТПП в части внедрения программного алгоритма прогнозирования затрат составляет менее 1 года. Положительный экономический эффект от внедрения разработанного алгоритма, рассчитанный на основе статистических данных за 2017 г. с учетом затрат на разработку и внедрение программного продукта, в денежном выражении составляет 36 869 870,6.

Интеграция данного механизма внутрифирменного планирования в автоматизированную систему организационно-экономического управления с целью обработки статистических данных обеспечит возможность осуществления эффективного и оперативного процесса краткосрочного планирования с учетом динамики экономических процессов прошлых периодов.

В результате разработки механизма внутрифирменного планирования затрат при подготовке производства рассмотрены теоретико-методологические аспекты алгоритма экономико-математического моделирования процесса внутрифирменного планирования затрат предприятия на закупку МПКИ, в результате чего определены основные методы адекватной математической обработки статистических данных с учетом факторов экономической нестабильности рассматриваемого процесса.

Проанализирован массив статистических данных, касающихся затрат предприятия на закупку радиоэлектронных компонентов, комплектующих и материалов за 2009-2017 гг. С целью установления вида распределения построены и аппроксимированы теоретическими функциями эмпирические гистограммы распределения статистических выборок за каждый год в рамках рассматриваемого периода. В результате применения элементов прикладного статистического анализа для обработки эмпирических данных была установлена целесообразность использования логарифмически нормального закона распределения в качестве инструмента математического описания рассматриваемых массивов данных за 2010-2017 гг. Для подтверждения гипотезы о соответствии вида распределения статистических данных логарифмически нормальному закону были рассчитаны статистики Пирсона.

Вследствие выявления закономерности в части определения вида распределения рассматриваемых данных, были получены основные параметры логарифмически нормального распределения  $\sigma$  и  $\alpha$  для каждой рассматриваемой выборки, полностью определяющие вид функции плотности вероятности. Таким образом, дальнейшее экономико-математическое моделирование было основано на рассмотрении, анализе и прогнозировании параметров  $\sigma$  и  $\alpha$ . В разделе 3.2 значения каждого из параметров проанализированы в динамике и рассмотрены в качестве временного ряда. Для прогнозирования развития двух рассматриваемых временных рядов каждого из параметров соответственно использовался метод экспоненциального сглаживания, основанного на расчете скользящей экспоненциальной средней. В результате использования данного метода,

основанного на сглаживании временного ряда с помощью взвешенной скользящей средней, в которой веса, приписываемые рассматриваемым данным конкретного временного периода, подчиняются экспоненциальному закону, представляется возможным прогнозировать развитие временного ряда в краткосрочной перспективе. Таким образом, были получены следующие значения прогнозируемых на 2018 г. параметров:  $\sigma = 0,465528224$ ,  $a = 10,02240412$ . В результате использования указанной методики определения основных параметров логарифмически нормального распределения был установлен вид графика прогнозируемой теоретической функции распределения стоимости МПКИ закупаемых в 2018 г. Таким образом, установив максимальную и минимальную стоимости, закупаемых МПКИ, то есть определив интервал, в котором распределены значения затрат на МПКИ, зная количество корзин группировки, установленное первоначально для осуществления обработки статистических данных в разделе 3.2, была построена экономико-математическая модель распределения затрат. Используя прогнозный вид функции распределения и известное количество интервалов группировки, с помощью разработанной модели была оценена максимальная стоимость общего объема запланированных к закупке материалов, покупных изделий и комплектующих, требующихся для создания высокотехнологичных систем радиосвязи. Расчетная величина составила 172350161,03 руб. Одним из перспективных направлений совершенствования автоматизированной системы организационно-экономического управления на предприятии является внедрение разработанного механизма внутрифирменного планирования, с помощью которого представляется возможным осуществлять краткосрочное планирование с высокой степенью достоверности. Использование разработанной методики обеспечит повышение эффективности результатов процесса распределения бюджетных ассигнований на предприятии высокотехнологичного сектора радиоэлектронной промышленности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы и рекомендации.

1. В ходе проведения исследований, касающихся вопросов управления производством высокотехнологичной продукции в радиоэлектронной промышленности, автором были проанализированы теоретические основы управления и внутрифирменного планирования производства с учетом специфических особенностей создания систем радиосвязи. На основе рассмотрения структуры стоимости государственных заказов, выполняемых предприятиями промышленности, была разработана методика классификации различных видов научно-исследовательских работ в узкоспециализированной сфере. Данная методика может быть использована для повышения эффективности процесса внутрифирменного планирования на предприятии. В процессе анализа оперативных статистических данных по производству высокотехнологичных систем радиосвязи удалось установить, что в зависимости от соотношения двух основных статей затрат в общей структуре стоимости заказа по созданию высокотехнологичных систем радиосвязи, а именно ФОТ и МПКИ, представляется возможным определить тип НИР, то есть осуществить классификацию НИР по степени сложности выполнения работы. В результате анализа структуры стоимости государственных заказов по созданию высокотехнологичных систем радиосвязи, а также по итогам изучения процесса производства указанного типа продукции были определены основные специфические особенности, которые необходимо учитывать в процессе внутрифирменного планирования: значительная трудоемкость выполняемых работ, использование современных технологий производства и, как следствие, высокая сложность освоения передовых тенденций, специфичное в эксплуатации и дорогостоящее оборудование, наличие высококвалифицированных кадров, высокая стоимость труда специализированного персонала, жесткая система контроля качества, использование инновационных подходов к решению производственных задач, автоматизация управленческих и производственных процессов. В связи с этим выявлена необходимость наличия эффективной индивидуально-адаптированной системы управления производственными

процессами для создания гибкой производственной системы с возможностью адаптации к освоению выпуска новой продукции.

2. Современным и наиболее перспективным инструментом внутрифирменного планирования и индивидуально-адаптированного управления на высокотехнологичных предприятиях является использование технологий автоматизации. На основе анализа статистических данных, предоставленных одним из высокотехнологичных предприятий радиоэлектронной промышленности, установлено, что использование автоматизированных систем позволяет оптимизировать процесс управления и внутрифирменного планирования конструкторско-технологической подготовки производства, что обуславливает их высокую эффективность. Для оценки эффективности функционирования автоматизированной системы АСКТПП, используемой в качестве инструмента внутрифирменного планирования на рассматриваемом высокотехнологичном предприятии, с учетом специфики производимой наукоемкой продукции автором применен корреляционно-регрессионный анализ, использование которого позволило установить статическую взаимосвязь показателей общей трудоемкости выполнения различных видов работ и трудоемкости подготовки пакета специальной документации в среднесрочном периоде. Также была выявлена динамическая эффективность адаптации АС КТПП к реальным условиям производства в долгосрочном периоде.

3. По результатам анализа существующих инструментов внутрифирменного планирования на предприятии - автоматизированных систем организационно-экономического управления, выявлена необходимость их совершенствования в части доработки системы внутрифирменного планирования затрат будущих периодов на МПКИ, закупаемых в рамках создания высокотехнологичных систем радиосвязи, с целью обеспечения более эффективного распределения бюджетных ассигнований. Осуществление планирования объема будущих затрат на МПКИ, использующихся при создании высокотехнологичных систем связи, на основе экстраполяции фактически достигнутых результатов в прошлом периоде не является достаточно гибким инструментом прогнозирования, по причине отсутствия возможности установления количественного выражения меры взаимосвязи статистических

данных различных временных периодов. Вследствие наличия различных факторов экономической неопределенности, характерных для процесса производства высокотехнологичных систем радиосвязи, среди которых основными являются нестабильность цены на МПКИ и наличие производственного брака, оптимальным решением является комбинированное использование опытно-статистического и экономико-математического методов вероятностного планирования.

4. Совершенствование системы внутрифирменного планирования и организационно-экономического управления на предприятии целесообразно осуществлять на основе интеграции экономико-математического механизма, позволяющего осуществлять процесс внутрифирменного планирования будущих затрат на МПКИ.

5. В результате анализа теоретико-методологических аспектов экономико-математического моделирования процесса внутрифирменного планирования затрат высокотехнологичного предприятия на закупку МПКИ была выявлена необходимость использования элементов теории вероятности и математической статистики для адекватного анализа массивов эмпирических данных.

6. По итогам вероятностно-статистического анализа эмпирических данных автором установлено, что логарифмически нормальный закон распределения может быть использован в качестве инструмента внутрифирменного планирования, предназначенного для математического описания данных, касающихся затрат на МПКИ.

7. В рамках разработки механизма внутрифирменного планирования рассмотрены основные параметры логарифмически нормального распределения статистических данных за разные отчетные периоды в качестве временных рядов, что позволило осуществить процесс прогнозирования величин параметров рассматриваемого распределения с учетом предшествующих значений методом экспоненциального сглаживания. Использование скользящей средней с экспоненциально распределенными весами для осуществления прогноза будущего развития временного ряда целесообразно в связи с инерцией экономических процессов.

8. На основе прогнозных параметров логарифмически нормального распределения, которые были получены по результатам анализа значительного массива эмпирических данных с 2009 по 2017 гг., а также данных об объеме закупок автором построена функция плотности распределения вероятностей, которая представляет собой прогнозную экономико-математическую модель распределения стоимости МПКИ на 2018 г., на основе которой представляется возможным осуществлять процессы внутрифирменного планирования стоимости МПКИ, планируемых к закупке на 2018 г. с учетом производственного брака и нестабильности ценовой политики поставщиков.

9. Прогнозирование затрат на закупку МПКИ, используемых в процессе создания высокотехнологичных систем радиосвязи, с помощью разработанного механизма осуществлялось на 2017 г. с целью адекватной оценки эффективности и точности математической модели. Положительный экономический эффект от внедрения разработанного механизма, рассчитанный на основе статистических данных за 2017 г., с учетом затрат на разработку и внедрение программного продукта в автоматизированную систему предприятия в денежном выражении ориентировочно составил 36 млн. руб., что обуславливает экономическую эффективность модели. Использование разработанного механизма экономико-математического моделирования позволяет осуществлять внутрифирменное планирование общего объема затрат на МПКИ, что приводит к повышению эффективности процесса распределения бюджетных средств.

10. Основным направлением совершенствования системы управления предприятием является интеграция разработанного механизма внутрифирменного планирования в общую программную среду автоматизированных систем организационно-экономического управления и внутрифирменного планирования производства. Использование индивидуально-адаптированных алгоритмов и механизмов управления на высокотехнологичных предприятиях радиоэлектронной промышленности позволяет повысить эффективность производственного процесса.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК****Нормативно-правовые источники**

1. Федеральный закон от 30 ноября 2016 г. № 83-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием правового положения государственных (муниципальных) учреждений» // Справочно-правовая система «Консультант плюс», 2016.

2. Постановление Правительства РФ от 17 февраля 2016 г. № 110 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским предприятиям радиоэлектронной промышленности на компенсацию части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях на цели реализации проектов по созданию инфраструктуры отрасли, в том числе кластеров в сфере радиоэлектроники» // Справочно-правовая система «Консультант плюс», 2016.

3. Постановление Правительства РФ от 17 февраля 2016 г. № 109 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским организациям на возмещение части затрат на создание научно-технического задела по разработке базовых технологий производства приоритетных электронных компонентов и радиоэлектронной аппаратуры» // Справочно-правовая система «Консультант плюс», 2016.

4. Распоряжение Правительства РФ от 25 декабря 2012 г. № 2396-р «Государственная программа Российской Федерации «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2015 годы» // Справочно-правовая система «Консультант плюс», 2016.

**Диссертации, авторефераты**

5. Вострокнутова Г.Б. Совершенствование комплексного управления финансовыми ресурсами в условиях автоматизации (на примере производственных объединений): дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13. – М., 1984. – 256 с.

6. Гузинец К.В. Развитие инструментария прогнозирования и стратегического планирования в предпринимательских структурах: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – М., 2013. – 128 с.

7. Догадина Е.П. Автоматизированная система управления процессами радиоэлектронного производства: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – Владимир, 2011. – 143 с.

8. Дорохова Е.В. Организационно-техническое структурирование системы учета в процессе автоматизации: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.12. – М., 2007. – 221 с.

9. Невматулина Г.Ф. Совершенствование механизма управления материально-техническим снабжением промышленного предприятия на базе автоматизации: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – Махачкала, 2004. – 184 с.

10. Пославский М.А. Экономическая эффективность автоматизации управления производством в цветной металлургии: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – СПб., 2006. – 176 с.

11. Серебрякова Т.А. Автоматизированная система управления процессами радиоэлектронного производства: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – Владимир, 2007. – 146 с.

#### **Сборники научных трудов, монографии, учебные издания**

12. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: Учебник для вузов: В 2 т. 2-е изд., испр. – Т. 1. Теория вероятностей и прикладная статистика / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 656 с.

13. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: Учебник для вузов: В 2 т. 2-е изд., испр. – Т. 2: Основы эконометрики. / С.А. Айвазян. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 432 с.

14. Айвазян, С.А. Прикладная статистика в задачах и упражнениях: Учебник для вузов / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 270 с.

15. Айвазян, С. А. Эконометрика – 2: продвинутый курс с приложениями в финансах: Учеб. / С.А.Айвазян, Д. Фантаццини; Московская школа экономики МГУ им. М.В. Ломоносова (МШЭ) - М.: Магистр: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 944 с.
16. Айвазян, С. А. Методы эконометрики: Учебник / С.А. Айвазян; Московская школа экономики МГУ им. М.В. Ломоносова (МШЭ). – М.: Магистр: ИНФРА-М, 2010. – 512 с.
17. Аналоуи, Ф. Стратегический менеджмент малых и средних предприятий / Ф. Аналоуи, А. Карами. – ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 400 с
18. Багриновский, К.А. Современные методы управления технологическим развитием / К.А. Багриновский, М.А. Бендиков, Е.Ю. Хруставлев. – М.: Российская политическая энциклопедия, 2001. – 272 с.
19. Балыбердин, В.А. Прикладные методы оценки и выбора решений в стратегических задачах инновационного менеджмента / В.А. Балыбердин, А.М. Белевцев, Г.П. Бендерский. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2015. – 240 с.
20. Веснин, В.Р. Основы менеджмента / В.Р. Веснин. – М.: Институт международного права и экономики им. А.С. Грибоедова, 1999. – 480 с.
21. Браверман Э.М. Математические модели планирования и управления в экономических системах. / Э.М. Браверман. – М.: Наука, 2001. – 366 с.
22. Володина, О.А Стратегический и инновационный менеджмент : учеб. пособие / О.А. Володина, Л.Б. Миротин, А.К. Покровский. – М.: Академия, 2013. – 208 с.
23. Володин, К.И. Автоматизирования система научно-технической информации – разработка и эксплуатация / К.И.Володин, Л.Л. Гульницкий, И.Ф. Пожарский – М.: Финансы и статистика, 2004. – 192с.
24. Герасимович, А.И. Математическая статистика / А.И. Герасимович, Я.И. Матвеева Мн.: «Вышэйш. школа», 1978. – 200с.
25. Елисеева, И.И. Общая теория статистики / И.И. Елисеева. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 480 с.

26. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств : учеб. пособие / А.А. Иванов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. – 224 с.
27. Казначевская, Г. Б. Менеджмент: учебник / Г. Б. Казначевская. – М.: КНОРУС, 2013. – 240 с.
28. Канторович, Л.В. Математико-экономические работы / Л.В. Канторович. – Новосибирск: Наука, 2011. – 760 с.
29. Кильдишев, Г.С. Анализ временных рядов и прогнозирование / Г.С. Кильдишев, А.А. Френкель. – М.: Статистика, 1973. – 103 с.
30. Кендалл, М. Ранговые корреляции / М. Кендалл. – М.: Статистика, 1975. – 216 с.
31. Кендалл, М. Статистические выводы и связи / М. Кендалл, А. Стьюарт. – М.: Наука, 1973. – 896 с.
32. Котов, П.П. Инновационный менеджмент / П.П. Котов. – М.: Лаборатория Книги, 2010. – 40 с.
33. Кукушкин, С.Н. Планирование деятельности на предприятии / С.Н. Кукушкин, В.Я. Поздняков, Е.С. Васильева – М.: Юрайт, 2013. – 350с.
34. Куликов, Е.И. Прикладной статистический анализ. Учебное пособие для вузов / Е.И. Куликов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия - Телеком, 2008. – 464 с.
35. Мазур, И.И. Всеобщая история менеджмента / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге. – М.: Елима, 2006. – 885 с.
36. Макаров, А.И. Поддержка экспорта высокотехнологичной продукции и развитие инновационного сектора России: Монография / Макаров А.И., Пахомов А.А., Бирюкова О.В. – М.:ИД Дело РАНХиГС, 2014. – 214 с.
37. Макашов, И.Н. Всемирная история управленческой мысли / И.Н. Макашов, Н. В. Овчинникова. – М.: РГГУ, 2007. – 680 с.
38. Молчанова, О.П. Инновационный менеджмент / О.П. Молчанова, А.В. Сурин – М.: Инфра-М, 2008. – 368 с.

39. Носко, В.П. Эконометрика. Учебник / В.П. Носко. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2011. – 672 с.
40. Плотников, Д.А. Инвестирование инновационной деятельности наукоемких высокотехнологичных предприятий: монография / Д.А. Плотников, А.Н. Плотников. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 289 с.
41. Поздняков, В.Я. Экономический атлас организации (предприятия): Учеб. пособие / В.Я. Поздняков и др.; Под науч. ред. С.Н.Кукушкина – 2-е изд. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 320 с.
42. Поздняков, В.Я. Производственный менеджмент: Учеб. / Под ред. проф. В.Я.Позднякова, В.М.Прудникова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 412 с.
43. Похвощев, В. А. Инновационный менеджмент от А до Я: Словарь терминов / В. А Похвощев [и др.] – М: «Перо», 2015. – 75 с.
44. Прохоров, В.Т. Управление производством конкурентоспособной и востребованной продукцией / В.Т. Прохоров [и др.]; под общ. ред. д.т.н., проф. В.Т. Прохорова; ФГБОУ ВПО "Южно-Рос. государ. ун-т экономики и сервиса". – Шахты : ФГБОУ ВПО "ЮРГУЭС", 2012. – 419 с.
45. Рапопорт, В.Ш. Диагностика управления: практический опыт и рекомендации / В.Ш. Рапопорт. – М. Экономика, 1988. – 127 с.
46. Райзберг, Б.А. Современный экономический словарь / Б.А Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. – 2-е изд., испр. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 479 с.
47. Савкина, Р.В. Планирование на предприятии / Р.В. Савкина. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. - 324с.
48. Тихонов, А.Н. Статистическая обработка результатов экспериментов: Учеб. Пособие / А.Н Тихонов, М.В. Уфимцев. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1988. – 174 с.
49. Файоль, А. Общее и промышленное управление / А. Файоль. – М.: Контроллинг, 1992. – 111 с.

50. Фрейдина, Е.В. Исследование систем управления: учеб. Пособие / Е.В. Фрейдина. – М.: Омега-Л, 2008. – 367 с.

51. Ханк Д.Э. Бизнес прогнозирование / Д.Э. Ханк, Д.У. Уичерн, А.Дж. Райтс. – М: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 656 с.

52. Юрков, Н.К. Комплексная автоматизация процессов производства РЭА. Учеб. пособие / Н. К. Юрков. – Пенза: ППИ, 1985. – 92 с.

#### **Периодические источники**

53. Алехина, О.Ф. Роль прогнозирования в определении направлений стратегически-инновационного развития промышленных предприятий/ О.Ф. Алехина, Б.В. Иванов, Д.В. Фролов. //Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета – 2010. – № 1. – С. 57-60.

54. Баласанян, В.Э. Электронный документооборот основа эффективного управления современным предприятием/ В.Э. Баласанян // Управление персоналом. – 2002. – №2. – С. 46-48.

55. Батьковский, А.М. Радиоэлектроника: инновационное развитие и экономические решения / А. М. Батьковский // Российское предпринимательство. – 2011. – № 03; Вып. 2. – С. 112-116.

56. Башкатова, Ю.И. Современные информационные системы как фактор повышения качества управленческих решений и конкурентоспособности организаций/ Ю.И. Башкатова, Н.И. Решетько // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – №2 (21). – С.8.

57. Быстров, А.В. Инструментарий обеспечения устойчивого развития высокотехнологичных предприятий в условиях современных вызовов и угроз / А.В. Быстров, В.В. Пименов, Л.Б. Калиматова //Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. – 2015. – № 4 (4). – С. 4-13.

58. Быстров, А.В. Приоритеты промышленной политики России в условиях трансформации экономики на пути к экономическому росту/ А.В Быстров., В.В. Пименов, Л.Б. Калиматова // От рецессии к стабилизации и экономическому росту: материалы VIII международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 179-186.

59. Быстров А.В. Финансовая стратегия как инструмент обеспечения устойчивого развития предприятий/ А.В. Быстров // Вопросы экономического управления в оборонно-промышленном комплексе: материалы конференции «Экономический потенциал промышленности на службе оборонно-промышленного комплекса» России – 2015. – С. 30-31.

60. Быстров, А.В. Стратегическое технологическое развитие отраслей промышленности оборонно-промышленного сектора экономики/А.В. Быстров, В.В. Пименов // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. – 2014. – №4 (3). – С. 9-17.

61. Быстров, А.В. Кластерная политика динамической оптимизации высокотехнологичных отраслей промышленности в условиях вынужденной автаркии / А.В. Быстров, В.Д. Свирчевский, В.Н. Юсим // Современная экономика: концепции и модели инновационного развития: материалы VII международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 371-378.

62. Варфоломеев, В. П. Высокотехнологичное производство: ресурсы развития, особенности инновационного процесса и проблемы оценки эффективности / В. П. Варфоломеев, Е. В. Варфоломеев // Наука и практика. – 2013. – № 02. – С. 87-101.

63. Головицина, М.В. Экономические критерии при проектировании технологического процесса изготовления радиоэлектронной аппаратуры / М.В. Головицина // Средства связи. – 1991. – №3– С. 79-82.

64. Журавлев, В.А. Проблемы планирования на предприятиях в условиях кризиса рыночной экономики / В.А. Журавлев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2012. – №-3 – С.29-38.

65. Заставной, М. И. О способах комплексной автоматизации системы управления предприятием / М. И. Заставной, В. И. Кручинин // Известия ВолгГТУ. – 2011. – №12. – С.81-84.

66. Котиева, Ю. Выбор метода и показателей для оценки качества менеджмента промышленного предприятия / Ю. Котиева, А.В. Быстров,

А.Р. Есина // РИСК: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. – 2015. – № 3. – С. 392-398.

67. Кузьмицкая, А.А. Организация системы планирования на предприятии / А.А. Кузьмицкая // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. – 2014. – №5 – С. 44-50.

68. Кулясова, А. С. Развитие инновационного предпринимательского университета / А.С. Кулясова // Экономика Фирмы . – 2013. – №2(3). – С. 45-47.

69. Кулясова, А.С. Посредническая деятельность в сфере оптовых продаж. Экономическая эффективность и финансовая нестабильность / А.С. Кулясова // РИСК – Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2014. – № 3. – С.176-179.

70. Кулясова, А. С. Государственная поддержка развития высокотехнологичных производств в Российской Федерации / А.С. Кулясова, А.А. Голубев // Молодой ученый. – 2016. – №8. – С. 569-572.

71. Кулясова, А.С. Государственная поддержка и развитие наукоемких и высокотехнологичных отраслей как условия обеспечения конкурентоспособности российской промышленности / А. А. Голубев, А.С. Кулясова // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. – 2016. – №1. – С. 9-12.

72. Кулясова, А.С. Проблемы и перспективы производства высокотехнологичных систем связи на предприятиях радиоэлектронной промышленности Российской Федерации в кризисных условиях современной экономики / А.С Кулясова //Современные проблемы и тенденции развития экономики управления в XXI веке: материалы XIII-й международной научно-практической конференции. 30 сентября 2016 г. / Отв. ред. Е.М. Мосолова. – Липецк: «РаДуши», 2016. – С. 27-30.

73. Кулясова, А.С. Эволюция теоретических концепций управления высокотехнологичными производственными процессами / А.С Кулясова, А.А. Голубев // Проблемы современной экономики: материалы XXXIII международной научно-практической конференции. 22 сентября 2016 г. / Под

общ. Ред. Ж.А. Мингалевой, С.С. Чернова. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2016. – С. 128-133.

74. Кулясова, А.С. Особенности формирования стратегии управления производством на высокотехнологичных предприятиях наукоемких отраслей промышленности / А.С Кулясова, Е.О. Савченко // Проблемы и перспективы развития промышленности России: сборник материалов Международной научно-практической конференции. 30 марта 2017 г. / под ред. А. В. Быстрова. – Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. – С. 75-79.

75. Кулясова, А.С. Использование элементов прокладного статистического анализа с целью осуществления процесса прогнозирования в экономических исследованиях / А.С Кулясова // Экономика и предпринимательство. – 2016. – №8. – С. 569-572.

76. Куринов, Д. Ю. Совершенствование модели управления денежными средствами предприятия как инструмента планирования оборотных средств / Д. Ю. Куринов // Актуальные проблемы экономики и права. – 2008. – №1 (5) – С.56-58.

77. Кулясова, А.С. Выявление критерия эффективности функционирования автоматизированных систем конструкторско-технологической подготовки производства на предприятии радиоэлектронной промышленности методом корреляционно-регрессионного анализа / А.В. Быстров, А.С Кулясова // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 5 (ч.2). – С.725-728.

78. Пименов, В. В. О концепции стратегического прорыва в технологическом развитии экономики на основе потенциала высокотехнологичных отраслей промышленности / В. В. Пименов, А. В. Быстров // Современная экономика: концепции и модели инновационного развития : материалы VII международной научно-практической конференции (19-20 февр. 2015 г.) : в 2 кн. / Рос. экон. ун-т им. Г. В. Плеханова ; Редкол. В. И. Гришин, Е. В. Зарова, К. В. Екимова. – М. : Изд-во РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2015. - Кн. 2 : . – 2015. – С. 384-389.

79. Пименов В.В. Развитие промышленной политики России в условиях новых вызовов и обеспечения экономической безопасности / В. В. Пименов, А. В.

Быстров // Россия в XXI веке: глобальные вызовы и перспективы развития : материалы IV Международного форума (20-22 окт. 2015 г.) / Рос. экон. ун-т им. Г. В. Плеханова. - М., 2016. - С. 70-75

80. Салин, В.С. Автоматизация сбора и анализа внешней информации в финансовом менеджменте / В.С Салин, А.А. Сытник, Р. А. Сытник // Вестник СГТУ. – 2011. – №2с. – С.224-228.

81. Тэйлор, Ф. У. Научная организация труда / Ф.У. Тэйлор // Управление – это наука и искусство. –1992. – С. 222-305.

82. Удалов, Ф.Е. Некоторые вопросы формирования стратегии развития промышленных предприятий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление / Ф.Е. Удалов, О.Ф. Алёхина, И.А. Кулагова, И.А. . –2011. –. № 1. – С. 301-305.

83. Фасхиев, Х. А. Инновационный инструмент управления конкурентоспособностью предприятия / Х. А. Фасхиев, А. В. Крахмалева // Менеджмент инноваций. – 2014. – № 04. – С. 294-317.

84. Хохлов, Ю.С. Двухмерное биномиальное распределение / Ю.С. Хохлов, И.П. Шестаков // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, информатика, физика. – 2011. – № 4. – С. 23-30.

85. Чермит, З.Ш. Теоретические основы стратегического планирования на предприятии / З.Ш. Чермит // Вестник Майкопского государственного технологического университета. – 2009. – №3 – С.95-98.

86. Юсим, В.Н Промышленная политика и управление технологическим развитием производственного комплекса России в условиях вынужденной автаркии/ В.Н Юсим, В.Д Свирчевский, А.В. Быстров // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. – 2014. – №3. – С. 4-26.

87. Юсим, В.Н Понятие «промышленность» для целей промышленной политики / В.Н. Юсим, В.Ю. Гарнова, М.В. Кислюк, А.В Костин. // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. – 2013.– № 3-4(2). – С. 24-27.

88. Юсим, В.Н. Стратегические ориентиры развития российской экономики/ В.Н Юсим, А.В. Костин, А.В. Варламов, К.А. Черницова // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 10-3 (75-3). – С. 94-97.

**Печатные издания на иностранных языках**

89. Bystrov, A.V. Macro constants of development: a new benchmark for the strategic development of advanced countries and firms / A.V. Bystrov, V. N. Yusim, T. Curtis. – International Journal of Business and Globalisation – 2017. – Vol. 18, № 2. – pp. 167-181.
90. Claude, S. George. The History of Management Thought. – Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1968. – 210 p.
91. Cornell, William B. Organization and management in industry and business / William B. Cornell. – 3rd ed. – New York: The Ronald Press Company, 1947. – XVI, 819 p.
92. Cotton, David Keys to management / David Cotton. – Harlow: Longman, 2008. – 224 p.
93. Daniel, A. W. The Evolution of Management Thought / A. W. Daniel – New York: Wiley, 1993. – 480 p.
94. Elsayed, Elsayed A. Analysis and control of production systems / Elsayed A. Elsayed, Thomas O. Boucher. – Englewood Cliffs : Prentice-Hall, INC., 1985. – XV, 320 p.
95. Follett, M. P. Creative Experience / M. P. Follett – New York: Longman, Green and Company, 1924. – 303 p.
96. Follett, M. P. The giving of orders // Scientific foundations of business administration – 1926.
97. Kotler, P. Marketing Management, 9th edn / P. Kotler [et al] – Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall, 1997. – 656 p.
98. Kyliasova, A.S. Russian state policy in the sphere of radio-electronic production / A.S Kyliasova. – RISK – 2016. – № 1. – pp. 163-165.
99. Kyliasova, A.S. Automation processes in the sphere of creation of high-tech radio communication systems in the radio-electronic production industry / A.S. Kyliasova. – Journal of Economy and entrepreneurship – 2017. – Vol. 11, № 2-1. – pp. 1174-1176.

100. Lansburng, Richard H. Industrial management / Richard H. Lansburng, William R. Spriegel. – 3rd ed. – New York: John Wiley & Sons, Inc., 1940. – XI, 666 p.
101. Levin, Richard I. Statistics for management: instructor's solution manual / Richard I. Levin, David S. Rubin. – 6th ed. – Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc., 1994. – XXI, 361 p.
102. Mayo, E. The Social Problems of an Industrial Civilization / E. Mayo. – New Hampshire: Ayer, 1945. – 194 p.
103. McGregor, D. Human side of enterprise – New York: McGraw-Hill, 1960. – p. 246.
104. Roethlisberger, F. J. Management and Morale – Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1941. – p. 27.
105. Porter, M. Competitive Strategy / M. Porter. – N.Y.: Free Press, 1980. – 397 p.
106. Samuelson, P.A. Report of the evaluative Committee for Econometrica / P.A. Samuelson, T.C. Koopmans, and J.R.N. Stone // Econometrica. – 1954. – №2. – pp. 141-146.
107. Steiner, G.A. Top Management Planning / G.A. Steiner. – N.Y.: Macmillan, 1969. – P. 12-14.
108. Trott, Paul. Innovation management and new product development / Paul Trott. – 5th ed. – Harlow : Financial Times/ Prentice Hall, 2012. – 620 p.

### **Интернет-ресурсы**

109. Государственный оборонный заказ: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lunnyu.ru/Gosoboronzakaz/Oboronnyjzakaz.html>. (Дата обращения: 29.01.2017).
110. Медведев назвал безобразием распределение бюджетных средств в конце года: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tass.ru/ekonomika/2659276>. (Дата обращения: 29.01.2017).

111. Совещание по развитию микроэлектроники: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/50397>. (Дата обращения: 29.01.2017).

112. Управление производством: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.up-pro.ru>. (Дата обращения: 11.04.2016).

113. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки. Центральный экономико-математический институт РАН: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cemi.rssi.ru>. (Дата обращения: 14.01.2017)

114. Эконометрика. Режим доступа: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0126101:article>. (Дата обращения: 14.01.2017)

115. PLM по-русски: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pcweek.ru/industrial/article/detail.php?ID=71287>. (Дата обращения: 19.01.2017).

116. Ragnar Frisch (1895-1973): [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.econlib.org/library/Enc/bios/Frisch.html>. (Дата обращения: 14.01.2017).

117. SCADA системы. Обзор SCADA систем: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kipexpert.ru/component/content/article/116-scada-sistemi/392-scada-s>. (Дата обращения: 19.01.2017).

## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение А

(справочное)

Данные по трудоемкости выполнения работ и подготовки технической документации за 2012 г.

$i$	Трудоемкость выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $a_i$ , ч/ч	Трудоемкость подготовки пакета документации в ходе выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $b_i$ , ч/ч	$i$	Трудоемкость выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $a_i$ , ч/ч	Трудоемкость подготовки пакета документации в ходе выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $b_i$ , ч/ч
1	1 862	679	31	903	381
2	1 838	666	32	3 461	1121
3	559	176	33	1 160	375
4	467	142	34	3 421	1108
5	1 141	370	35	1 230	399
6	326	104	36	3 644	1182
7	2 447	534	37	1 746	566
8	3 722	421	38	2 180	707
9	449	93	39	3 369	1094
10	7 489	2295	40	4 020	1305
11	5 664	1731	41	3 679	1195
12	2 376	720	42	6 108	1985
13	4 151	1040	43	1 330	432
14	2 226	710	44	1 215	274
15	5 605	1378	45	1 485	483
16	9 091	2514	46	2 045	665
17	4 383	1379	47	2 143	627
18	5 901	2029	48	1 299	379
19	1 422	884	49	2 535	736
20	1 634	349	50	3 130	907
21	2 031	646	51	3 327	962
22	2 068	657	52	2 072	621
23	1 970	612	53	1 475	425
24	1 987	609	54	2 172	841
25	1 101	276	55	3 681	856
26	2 065	246	56	1 119	320
27	3 600	1049	57	3 337	951
28	1 970	650	58	3 152	897
29	3 465	1264	59	3 280	931
30	1 621	614			

\*Источник: статистические данные одного из высокотехнологичных предприятий радиоэлектронной промышленности.

## Приложение Б

(справочное)

Данные по трудоемкости выполнения работ и подготовки технической документации за 2013 г.

$i$	Трудоемкость выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $a_i$ , ч/ч	Трудоемкость подготовки пакета документации в ходе выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $b_i$ , ч/ч	$i$	Трудоемкость выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $a_i$ , ч/ч	Трудоемкость подготовки пакета документации в ходе выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $b_i$ , ч/ч
1	4380	1596	32	1851	717
2	1548	561	33	721	205
3	1278	390	34	1443	698
4	1376	446	35	2738	830
5	1140	364	36	3722	1124
6	1186	246	37	1745	524
7	1947	597	38	1214	363
8	1398	427	39	1921	572
9	1980	631	40	2488	738
10	2265	1009	41	1959	579
11	1096	345	42	5433	1598
12	5119	3182	43	2365	787
13	1958	418	44	1040	303
14	1706	541	45	2325	675
15	144	36	46	2611	754
16	1189	347	47	1006	490
17	5877	1940	48	516	148
18	168	61	49	3979	1134
19	2874	1213	50	1770	502
20	1888	611	51	1809	511
21	1055	342	52	6397	3078
22	1722	558	53	3604	1009
23	2325	753	54	2552	711
24	3268	1060	55	1918	532
25	5038	1634	56	1894	712
26	1020	331	57	3962	1088
27	5334	1734	58	3371	584
28	836	188	59	1553	422
29	5090	1656	60	3291	891
30	586	191	61	3030	817
31	7163	2081	62	2768	742

\*Источник: статистические данные одного из высокотехнологичных предприятий радиоэлектронной промышленности.

## Приложение В

(справочное)

Данные по трудоемкости выполнения работ и подготовки технической документации за 2014 г.

$i$	Трудоемкость выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $a_i$ , ч/ч	Трудоемкость подготовки пакета документации в ходе выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $b_i$ , ч/ч	$i$	Трудоемкость выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $a_i$ , ч/ч	Трудоемкость подготовки пакета документации в ходе выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $b_i$ , ч/ч
1	1236	288	35	559	65
2	2137	779	36	610	178
3	2663	699	37	1919	634
4	3400	613	38	2911	1136
5	1632	513	39	6098	2224
6	7120	2172	40	795	301
7	2735	887	41	1365	576
8	1675	1018	42	1221	533
9	2166	691	43	1457	471
10	6122	724	44	669	216
11	414	130	45	1627	526
12	902	281	46	891	288
13	1507	315	47	2000	648
14	1008	108	48	1488	482
15	3430	1051	49	884	198
16	1099	446	50	3856	479
17	4318	1309	51	721	234
18	1399	350	52	209	26
19	738	161	53	698	505
20	1423	474	54	2214	718
21	2166	640	55	294	96
22	1178	371	56	786	98
23	891	306	57	752	244
24	2340	304	58	5569	1810
25	2398	1491	59	8882	2888
26	1199	256	60	3380	761
27	4094	1303	61	1303	424
28	1111	445	62	1507	490
29	3311	1029	63	1543	496
30	5970	1830	64	3337	426
31	1734	529	65	1312	438
32	1175	356	66	2398	815
33	1280	321	67	1140	394
34	2299	273			

\*Источник: статистические данные одного из высокотехнологичных предприятий радиоэлектронной промышленности.

## Приложение Г

(справочное)

Данные по трудоемкости выполнения работ и подготовки технической документации за 2015 г.

$i$	Трудоемкость выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $a_i$ , ч/ч	Трудоемкость подготовки пакета документации в ходе выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $b_i$ , ч/ч	$i$	Трудоемкость выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $a_i$ , ч/ч	Трудоемкость подготовки пакета документации в ходе выполнения $i$ -ой работы по НИОКР, $b_i$ , ч/ч
1	2705	902	37	903	330
2	1408	513	38	674	150
3	1368	359	39	6304	2750
4	2465	691	40	3503	1133
5	2020	635	41	1292	160
6	1158	353	42	2457	796
7	1134	368	43	1200	389
8	3551	1449	44	1749	567
9	2179	695	45	1908	427
10	1716	203	46	3504	435
11	1923	602	47	2889	937
12	8990	2801	48	2177	271
13	2014	420	49	1765	1279
14	2140	230	50	1266	411
15	114	35	51	6379	2071
16	2108	855	52	2217	276
17	269	81	53	1406	457
18	1708	257	54	3816	1240
19	131	29	55	1319	297
20	3229	1076	56	2002	651
21	4332	1280	57	4524	578
22	106	33	58	969	323
23	668	230	59	1429	486
24	3424	1444	60	1327	409
25	2155	1107	61	1895	585
26	4284	1364	62	718	222
27	1586	635	63	2186	679
28	3324	1033	64	3547	1104
29	2698	827	65	2214	691
30	1214	370	66	1119	350
31	1969	493	67	1490	468
32	2277	271	68	1153	363
33	2127	248	69	1108	351
34	759	221	70	2116	672
35	5722	1889	71	3913	1249
36	3080	1201	72	3213	1026

\*Источник: статистические данные одного из высокотехнологичных предприятий радиоэлектронной промышленности.