

На правах рукописи



ПЕЧАЛИН Николай Дмитриевич

**ПРОЕКТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОПК
В УСЛОВИЯХ РИСКОВ И КОРПОРАТИВНЫХ ПРОЦЕДУР**

**Специальность 2.3.4. Управление в организационных системах
(технические науки)**

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ПЕНЗА – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пензенский государственный университет» на кафедре «Системы автоматизированного проектирования».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Финогеев Алексей Германович

Официальные оппоненты: **Кравец Алла Григорьевна**,
доктор технических наук, профессор,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Волгоградский
государственный технический
университет», профессор кафедры
«Системы автоматизированного
проектирования и поискового
конструирования»;

Шуршев Валерий Федорович,
доктор технических наук, профессор,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Астраханский
государственный технический
университет», профессор кафедры
«Прикладная информатика»

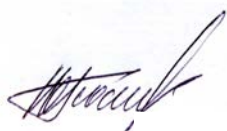
Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное
военное образовательное учреждение
высшего образования «Военно-космическая
академия имени А. Ф. Можайского»

Защита диссертации состоится 11 декабря 2025 г. в _____ часов
на заседании диссертационного совета 24.2.357.03 в федеральном государ-
ственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования
«Пензенский государственный университет» по адресу: 440026, г. Пенза,
ул. Красная, 40.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке фе-
дерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Пензенский государственный университет» и на сайте:
https://dissov.pnzgu.ru/ecspertiza/Tehnicheskije_nauki/pechaln

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Косников Юрий Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Оборонная промышленность является одним из наиболее высокотехнологичных секторов экономики Российской Федерации и играет особую роль, связанную с обеспечением обороноспособности страны. Развитие оборонно-промышленного комплекса (ОПК) России в современных условиях сопряжено с факторами рисков, обусловленных санкционными ограничениями со стороны недружественных стран, необходимостью структурной трансформации производств в связи с нарушением логистических цепочек, новыми потребностями вооруженных сил, связанными с реализацией специальной военной операции, а также парированием угроз, возникающих из-за агрессивных действий стран НАТО. Предприятия ОПК относятся к высокотехнологичным организациям промышленности, деятельность которых связана с решением стратегических задач в области производства продукции военного назначения в требуемых количествах, в установленные сроки, с соответствующими тактико-техническими характеристиками. При производстве образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) применяются передовые наукоемкие технологии. Значительная роль в изготовлении продукции отводится процессам взаимодействия между множеством предприятий ОПК и отраслей промышленности. Например, в производстве некоторых образцов только на первом уровне кооперации участвует 98 предприятий, входящих в шесть интегрированных структур ОПК.

Анализ рисков срыва сроков исполнения государственного оборонного заказа (ГОЗ) показывает, что более половины из них связаны с невыполнением обязательств по производству образцов ВВСТ со стороны соисполнителей государственного контракта. Основными рисками являются: нарушение сроков поставки покупных комплектующих изделий (ПКИ), низкое качество данных изделий, нарушение сроков заключения контрактов. Необходимость в разработке новых моделей и методов поддержки принятия решений для оперативного формирования и модификации кооперационных связей в данной сфере связана с санкционной политикой недружественных стран по отношению к предприятиям и финансовым учреждениям РФ. В связи с этим проектное управление на предприятиях ОПК в условиях рисков и корпоративных процедур приобретает особую актуальность, требует разработки новых принципов, моделей, методов и механизмов принятия управленческих решений для координации кооперационного взаимодействия всех участников в условиях современной геополитической обстановки, которая в любой момент может потребовать увеличения объемов производства в условиях поиска новых поставщиков.

В работах отечественных и зарубежных ученых, исследователей и отраслевых экспертов накоплен значительный теоретико-методологический опыт изучения проектного управления, его роли и места в развитии деятельности промышленных предприятий, а также в области реализации кооперационного взаимодействия. Значительный вклад в становление и развитие научных теорий производственной кооперации внесли как зарубежные ученые Р. Оуэн, Ш. Фурье, У. Кинг, Дж. Коул, Ж. Лассер, Э. Пуассон, Дж. Стрейчи и др., так и российские исследователи М. И. Туган-Барановский,

А. А. Николаев, С. П. Прокопович, П. Л. Маслов и др. Проблемы формирования системы кооперационных связей рассмотрены в научных трудах Л. Я. Берри, Ю. Ф. Кормного, А. Р. Бернвальда, Л. П. Наговициной, С. В. Прониной и др. Проблематике современных научных исследований в данной области знаний посвящены работы таких ученых, как М. В. Бражник, В. А. Свободин, Д. К. Шевченко, М. А. Батьковский, С. С. Голубев, Р. А. Князьнеделин, Е. В. Скубрий, Я. И. Терюхов, Д. Г. Загуляев, О. В. Карсунцева, Б. Я. Татарских, Т. Б. Бердникова и др. Задачи поддержки принятия решений при управлении производственной кооперацией множества предприятий невозможно решать без применения цифровых технологий и автоматизированных систем управления, что подтверждается работами С. И. Довгучица, А. Ю. Мушкова, А. А. Пьянкова, П. А. Кохно, Д. В. Лямшева, Н. В. Лясникова, Г. Я. Беляковой, Д. А. Фокиной и др.

Несмотря на высокую степень проработки вопросов проектного управления и производственной кооперации, остаются недостаточно исследованными особенности применения новых инструментов принятия решений в рамках сетевого взаимодействия предприятий ОПК, что связано с реализацией планов импортозамещения и диверсификации производства. Сложившаяся ситуация требует соблюдения сроков выполнения контрактных обязательств, ускорения поставок востребованных образцов ВВСТ в значительно больших объемах, чем предусмотрено ГОЗ. В добавление к данным вызовам инструменты управления производственной кооперацией должны быть направлены на формирование устойчивых связей между предприятиями с высоким уровнем импортонезависимости. Существующие системы управления на предприятиях ОПК не позволяют в полной мере реагировать на современные вызовы и оперативно отвечать на меняющуюся геополитическую обстановку, что требует создания и развития новых эффективных методов, моделей и инструментария проектного управления для поддержки принятия управленческих решений, что подтверждает актуальность тематики исследования.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности проектного управления предприятий ОПК на основе формирования устойчивых кооперационных связей путем выбора научно обоснованных принципов, разработки и внедрения новых моделей, методов, алгоритмов и программных средств поддержки принятия решений.

Для достижения цели сформулированы следующие задачи:

1. Провести анализ существующих моделей и методов проектного управления производственной кооперацией на предприятиях ОПК с целью выявления необходимости синтеза новых инструментов для поддержки принятия решений в данной области.

2. Определить и исследовать основные факторы, оказывающие влияние на достижение целей проектного управления на предприятиях ОПК в современных условиях.

3. Разработать метод управления производственной кооперацией на основе оценки рисков, позволяющий на базе анализа существующих инструментов оценить временные и стоимостные параметры на соответствие их прогнозным величинам на начальных стадиях проектных работ.

4. Сформулировать научно обоснованные принципы проектного управления для повышения эффективности работы предприятий ОПК в условиях ресурсных ограничений, санкционного давления, требований диверсификации производства и импортонезависимости поставщиков.

5. Разработать и исследовать многоуровневую иерархическую модель выбора оптимальных решений проектного управления на основе диаграмм Ганта для формирования и принятия решений на основе прогностического моделирования, сетевого администрирования и научно обоснованных принципов проектного управления.

6. Разработать модель проектного управления на основе оценки поставщиков и результативности бюджетных инвестиций, направляемых на мероприятия по перевооружению предприятий ОПК в ходе краткосрочного и среднесрочного планирования.

7. Разработать программно-инструментальные средства прогнозной оценки плановых, ожидаемых и фактических показателей, степени завершения работы для объемно-календарного ресурсного планирования.

Объектом исследования является проектная деятельность участников производственной кооперации, обеспечивающих изготовление образцов ВВСТ.

Предметом исследования выступают инструменты и модели проектного управления предприятий ОПК, участвующих в выполнении заданий Государственной программы вооружения и Государственного оборонного заказа.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовались методы теории систем и системного анализа, теории управления и поддержки принятия решений, теории кооперации, теории устойчивого развития, методы организации и управления производством, математического моделирования, предиктивного и интеллектуального анализа данных, прогностического моделирования, разработки программного обеспечения.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

1. Разработан метод управления производственной кооперацией на основе оценки рисков, позволяющий на базе анализа существующих инструментов оценить временные и стоимостные параметры на соответствие их прогнозным величинам на начальных стадиях проектных работ. Отличием от существующих методов является использование на базе имеющейся статистики вероятностных моделей для определения прогнозных величин, а также учет новых выявленных факторов, оказывающих влияние на достижение целей проектного управления на предприятиях ОПК в современных условиях.

2. Разработана многоуровневая иерархическая модель выбора оптимальных решений проектного управления на основе диаграмм Ганта для автоматизации процессов формирования и принятия управленческих решений на предприятиях ОПК на основе прогностического моделирования, сетевого администрирования и научно обоснованных принципов проектного управления. Отличием от существующих моделей является использование нового алгоритма расчета вероятностных рисков изменения цены и отклонения от сроков в процессе выбора альтернативных решений.

3. Предложены модель и алгоритм проектного управления на основе оценки поставщиков и результативности бюджетных инвестиций при технологическом перевооружении предприятий ОПК, что позволяет применять разработанные алгоритмы оценки плановых, ожидаемых и фактических показателей, а также степени завершения работы в ходе объемно-календарного ресурсного планирования и адаптивной корректировки расписания событий в краткосрочной и среднесрочной перспективе для оптимизации проектных решений. Отличительной особенностью является применение нового оптимизационного способа выбора решений и набора предложенных критериев, характерных для ОПК в условиях существующих ограничений и издержек.

Теоретическая значимость работы состоит в выборе научно обоснованных принципов, разработке методов и моделей проектного управления кооперационными взаимосвязями предприятий ОПК для повышения эффективности принятия управленческих решений при воздействии внешних факторов влияния, наличия ресурсных ограничений, неустойчивости кооперационных взаимодействий контрагентов, требований диверсификации производственных мощностей и импортонезависимости поставщиков.

Практическая ценность работы состоит в разработке, апробации и внедрении программно-инструментальных средств для реализации предложенных алгоритмов прогнозной оценки и проектного управления на предприятиях ОПК. Программные средства предназначены для решения задачи объемно-календарного ресурсного планирования в краткосрочной и среднесрочной перспективе с возможностью адаптивной корректировки расписания событий. Программные модули работают с имеющейся статистикой на предприятии для расчета оценок плановых, ожидаемых и фактических показателей, что позволяет прогнозировать сроки и степень завершенности проектов. Необходимые данные и практические рекомендации предоставляются административному персоналу для оперативного принятия управленческих решений. Область практического применения программных средств связана с автоматизацией решения задач проектного управления на предприятиях ОПК. Разработанные модели, алгоритмы и программные средства могут быть использованы промышленными предприятиями для повышения эффективности работы при реализации производственных планов, для адаптивной коррекции выпуска продукции, для синтеза и оперативного изменения логистических цепочек кооперационных взаимодействий и т.п.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования подтверждаются корректностью использования математического аппарата, адекватностью математических моделей, экспериментальными исследованиями предложенных моделей, методов и алгоритмов, внедрением и апробацией разработанного программного обеспечения, результатами практической реализации предложенных рекомендаций по управлению кооперационными связями на предприятиях, интегрированных в структуру ОПК, эффективностью внедренных рекомендаций по повышению устойчивости кооперационных взаимодействий в условиях санкционных ограничений. Материалы диссертации и автореферата являются необходимыми для изложения

результатов диссертационного исследования и обоснования методов решения задач в области автоматизации управления на предприятиях ОПК.

Соответствие паспорту специальности. Работа выполнена в соответствии с паспортом научной специальности 2.3.4. Управление в организационных системах: п. 3. Разработка методов и алгоритмов решения задач управления в организационных системах, п. 4. Разработка информационного и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в организационных системах, п. 5. Разработка методов получения данных и идентификации моделей, прогнозирования и управления организационными системами на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации, п. 7. Разработка моделей и методов управления организационными проектами.

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод управления производственной кооперацией на основе оценки рисков, позволяющий на базе анализа существующих инструментов оценить временные и стоимостные параметры на соответствие их прогнозным величинам на начальных стадиях проектных работ.

2. Многоуровневая иерархическая модель выбора оптимальных решений проектного управления на основе диаграмм Ганта для автоматизации процессов формирования и принятия управленческих решений на предприятиях ОПК на основе прогностического моделирования, сетевого администрирования и научно обоснованных принципов проектного управления.

3. Модель проектного управления на основе оценки поставщиков и результативности бюджетных инвестиций, а также алгоритмы оценки плановых, ожидаемых и фактических показателей, степени завершения работы в краткосрочной и среднесрочной перспективе.

4. Программные средства, реализующие разработанные алгоритмы прогнозной оценки плановых, ожидаемых и фактических показателей, степени завершения работы для объемно-календарного ресурсного планирования и адаптивной корректировки расписания событий.

Внедрение результатов работы. Диссертационные исследования проводились на кафедре «Системы автоматизированного проектирования» Пензенского государственного университета. Практическая значимость диссертационных исследований подтверждается актами внедрения в АО «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт имени академика А. И. Берга», АО НПО «РИТ», в учебный процесс в «МИРЭА – Российский технологический университет», а также двумя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Апробация результатов работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях: XVII Международная молодежная научно-техническая конференция «Молодежь. Техника. Космос», LXVIII Международная научно-практическая конференция «EURASIASCIENCE». Результаты и теоретические положения докладывались и обсуждались на научно-технических семинарах в АО «Центральный научно-исследовательский ра-

диотехнический институт имени академика А. И. Берга» и на кафедре «Системы автоматизированного проектирования» Пензенского государственного университета.

Публикации. Основные положения диссертации отражены в 11 опубликованных работах, в том числе в 4 статьях в журналах из перечня ВАК при Минобрнауки России по специальности 2.3.4., 5 работах в журналах, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки России по другим научным специальностям, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. По теме диссертации опубликована монография.

Структура и объем работы. Диссертация представлена на 188 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 140 наименований, приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснован выбор направления научного исследования, показана актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, рассмотрены объект, предмет и методы исследований, отражены научная новизна и практическая значимость результатов, приведены сведения о внедрении и использовании результатов.

В первой главе анализируются современные тенденции организационного управления в оборонно-промышленном комплексе России, особое внимание уделяется организационно-технологическому базису и управлению производственной кооперацией предприятий ОПК. Проанализированы особенности функционирования предприятий ОПК и выпускаемой ими продукции, отличающие их от товаропроизводителей, действующих в других отраслях экономики. Проведен анализ нормативно-правовой документации и государственных программ.

Проведенный анализ современных тенденций в системе организационного управления предприятиями ОПК России позволил сформулировать ряд проблем и ключевых особенностей, отражающих текущее состояние отрасли и перспективные направления ее развития, которые включают следующие положения:

- государственная монополия и ограниченность рыночных механизмов;
- предприятия ОПК функционируют в условиях жесткого государственного регулирования;
- высокая капиталоемкость и долгосрочность проектов;
- производство вооружений требует значительных финансовых вложений и длительных сроков реализации;
- технологическая зависимость и санкционные риски;
- введение западных санкций выявило уязвимость ОПК из-за зависимости от импортных комплектующих и технологий;
- разрыв кооперационных цепочек и логистические сложности;
- пандемия COVID-19 и санкции привели к нарушению устоявшихся производственных связей.

Организационно-технологический базис ОПК определяется уровнем развития производственных мощностей, автоматизации и внедрения инноваций, включает систему управления, кооперацию предприятий и кадровый потенциал. Для повышения эффективности работы предприятий ОПК требуется синхронизация производственных процессов, внедрение сквозного мониторинга и прогнозной аналитики. Анализ современного состояния ОПК показывает ряд проблем управления производственной кооперацией, которые связаны:

- с согласованием сроков и объемов производства;
- отсутствием единой цифровой платформы для управления кооперацией, что приводит к дискретности планирования и несвоевременному выявлению срывов сроков поставок;
- наличием дефицита инструментов оперативного контроля;
- отсутствием доступа головных предприятий к данным о загрузке мощностей субподрядчиков в реальном времени, что снижает управляемость цепочки поставок;
- необходимостью внедрения проектного управления;
- требованием перехода от традиционных методов управления к гибким моделям, адаптированным под специфику ОПК, что позволит решить перечисленные проблемы.

Результаты аналитических исследований деятельности предприятий ОПК позволили сформулировать следующие научно обоснованные принципы проектного управления (таблица 1).

Таблица 1 – Принципы управления предприятием ОПК

1. Принцип адаптивной кооперации	Необходимо создание модульной системы взаимодействия с поставщиками, позволяющей быстро заменять участников цепочки без потери качества
2. Принцип технологической суверенности	Требуется ускоренное развитие критических технологий (микроэлектроника, композиты, станкостроение)
3. Принцип сквозной цифровизации	Без единой системы управления невозможно оперативно реагировать на сбои в кооперации
4. Принцип диверсификации производства	Узкая специализация увеличивает уязвимость предприятий
5. Принцип оптимального ресурсного планирования	Ограниченность финансирования требует максимально эффективного распределения ресурсов
6. Принцип кадровой устойчивости	Дефицит квалифицированных кадров – ключевое ограничение для высокотехнологичных производств
7. Принцип предиктивного управления рисками	Санкции и внешние угрозы требуют проактивного подхода

Отличием первого принципа от традиционных подходов можно считать наличие динамичной кооперации, модульной системы взаимодействия и использование цифровых платформ. Второй принцип представляет собой новый подход в плане локализации ключевых технологий для создания технологического буфера с ориентацией в основном на отечественные стандарты.

Принцип сквозной цифровизации определяет необходимость синтеза единого цифрового пространства с использованием цифровых аватаров, технологий больших данных и искусственного интеллекта. Принцип диверсификации производства в отличие от традиционного подхода с узкой специализацией направлен на гибкость производственных линий, создание резервных мощностей и взаимодействие в виде сетевых кластеров вместо централизованных гигантов. Принцип оптимального ресурсного планирования нацелен на ситуативное перераспределение ресурсов между предприятиями ОПК, а также внедрение технологии «точно в срок». Принцип кадровой устойчивости направлен на создание кросс-функциональных команд, систем непрерывного обучения и мотивацию работников через участие в инновационных проектах в условиях нарастающего дефицита квалифицированных работников. Принцип предиктивного управления рисками включает программный анализ санкционных угроз, прогноз дефицита компонентов, сценарное моделирование кризисов, прогностическое моделирование и мониторинг деятельности поставщиков.

Во второй главе представлены разработанная иерархическая многоуровневая модель выбора оптимальных решений проектного управления на основе диаграмм Ганта, алгоритм проектного управления и методы прогнозной оценки плановых, ожидаемых и фактических показателей, программные средства, реализующие разработанные алгоритмы для объемно-календарного ресурсного планирования, адаптивной корректировки расписания событий в плане своевременного выполнения ГПВ и ГОЗ.

Для решения задач проектного управления разработана многоуровневая иерархическая модель на основе диаграмм Ганта. Модель является универсальной, она предназначена для информационно-аналитических систем управления. Основной целью внедрения ее программной реализации является автоматизация процессов управления предприятием на основе имитационного моделирования, сетевого администрирования и управления производственными проектами. Модель описывает многоуровневую иерархическую структуру этапов решения задачи управления проектами. Диаграммы Ганта в составе модели позволяют в наглядной форме просматривать график выполнения работ проекта (рисунок 1), фиксировать предстоящие эпохи и прогнозировать проектную хронологию в целом. Модель представляет собой иерархический способ визуализации запланированных проектных задач на разных уровнях.

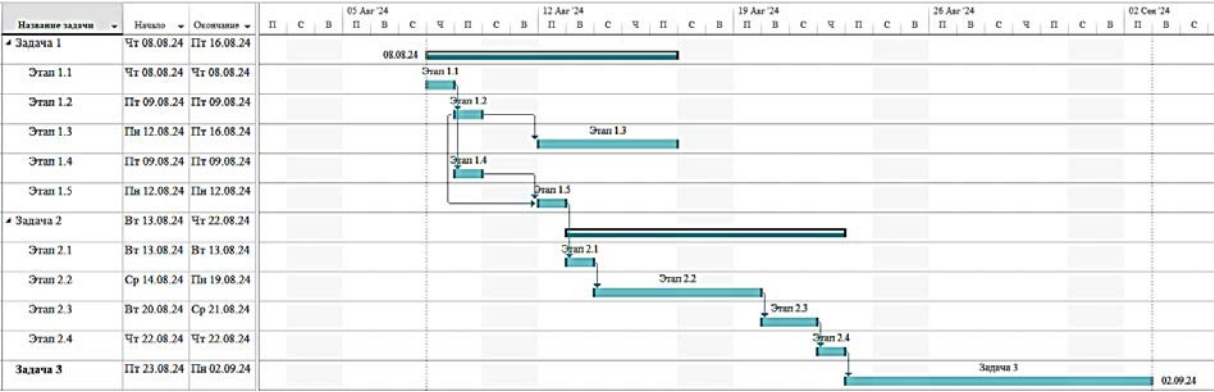


Рисунок 1 – Пример визуализации этапов выполнения проекта на уровне

Модель показывает варианты управления с временными и стоимостными параметрами для этапов проекта на разных уровнях (рисунок 2).

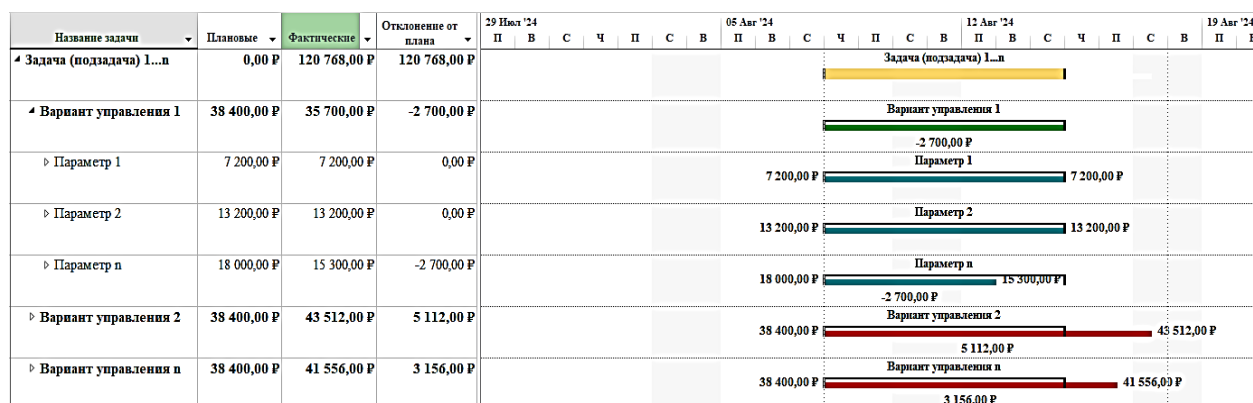


Рисунок 2 – Стоимостные и временные параметры вариантов управления

Иерархическая многоуровневая модель управления проектами в ОПК содержит инструменты:

- визуализации временных, стоимостных и других зависимостей для этапов проекта и проектных задач с помощью диаграмм Ганта;
- оптимизации ресурсов и управляющих параметров проектного управления методом динамического программирования с помощью алгоритма Беллмана;
- предиктивного анализа и оценки плановых, ожидаемых и фактических показателей этапов выполнения проекта.

Основной функционал иерархической модели включает объемно-календарное планирование, адаптивную корректировку расписаний, синхронизацию с ГОЗ и ГПВ. Верхний уровень модели определяет задачи стратегического планирования сроком на 3–5 лет с целью максимизации совокупного эффекта от инвестиций. Средний уровень модели решает задачи тактического управления проектами сроком на 1–2 года с целью оптимизации поставок комплектующих, внедрения инновационных и импортонезависимых технологий. На третьем уровне выполняются процедуры операционного контроля в краткосрочной перспективе сроком на месяц/квартал с целью минимизации отклонений от плановых показателей.

В соответствии с данной моделью разработан алгоритм проектного управления, посредством которого на каждом уровне формулируется задача математического программирования с целевым функционалом и ограничениями. Постановка задачи управления представляется как

$$f(x) \rightarrow \min(\max), x \in U, \quad (1)$$

где допустимое множество U может не совпадать с пространством E_n , что позволяет говорить об условной минимизации функции n переменных.

В противном случае допустимое множество U определяется ограничениями в виде равенств и/или неравенств и рассматривается задача

$$f(x) \rightarrow \min(\max), x \in U \subset E_n. \quad (2)$$

Ограничения определяются как

$$g_i(x) \leq 0, i \in I_1, \quad (3)$$

$$g_i(x) = 0, i \in I_2, \quad (4)$$

где x – вектор управляемых переменных (инвестиции, сроки, выбор поставщиков); U – допустимое множество бюджетных, технологических и временных ограничений; I_1, I_2 – множества индексов для неравенств и равенств.

На первом этапе проектного управления решается задача оптимизации управления на трех уровнях: стратегическом, тактическом и операционном. На втором этапе решается задача кооперационного взаимодействия согласно экспертным оценкам поставщиков. Критерии выбора поставщиков представляются в виде ограничений:

1. Финансовая устойчивость: $\sum a_j x_j \geq F_{\min}$, a_j – рейтинг поставщика.
2. Сроки поставки: $\sum t_j x_j \leq T_{\max}$.

На третьем этапе выполняется оценка результативности бюджетных инвестиций. Для этого определяется функционал качества:

$$\Phi = \sum \left[\frac{ROI_i}{1 + \gamma t} \right] \rightarrow \max, \text{ где } \gamma - \text{коэффициент дисконтирования.}$$

Основные шаги алгоритма:

1. Сбор и векторное представление данных (векторы x – инвестиции, u – управления, t – время).
2. Синтез моделей: а) стратегического уровня (оптимальное управление); б) тактического уровня (линейное/нелинейное программирование); в) операционного уровня (целочисленные задачи).
3. Решение задач методом ветвей и границ для дискретных задач и градиентными методами для непрерывных задач.
4. Корректировка результатов: если $C(x_{opt}) > C_{доп}$ – пересмотр U .

В третьей главе рассматривается задача управления производственной кооперацией на основе оценки рисков, позволяющая на базе анализа существующих инструментов оценить временные и стоимостные параметры на соответствие их прогнозным величинам на начальных стадиях проектных работ. Предложенный метод включает в себя методику расчета вероятности нарушения сроков или изменения цены элементов электронной компонентной базы (ЭКБ), использует статистические данные, накопленные на кон-

кретном предприятии по выполненным ранее поставкам. Целью является определение соответствия ранее найденным закономерностям на основе известных законов распределения случайных величин. Статистические данные о поставках по выполненным договорам позволяют рассчитать математическое ожидание, дисперсию и вероятность попадания в необходимый интервал. В качестве начальной гипотезы принимается нормальное распределение случайных величин в соответствии с центральной предельной теоремой:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}. \quad (5)$$

Согласно принятой гипотезе определяется вероятность того, что непрерывная случайная величина X , которая принимает значение, принадлежащее интервалу (α, β) , равна интегралу от плотности распределения, взятому в соответствующих пределах:

$$P(\alpha < X < \beta) = \int_{\alpha}^{\beta} f(x) dx. \quad (6)$$

Тогда вероятность того, что нормально распределенная случайная величина X примет значение, принадлежащее интервалу (α, β) , равна

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - y}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - y}{\sigma}\right), \quad (7)$$

где y – математическое ожидание; σ – среднее квадратическое отклонение данной случайной величины; $\frac{\alpha - y}{\sigma}$ – нижний предел; $\frac{\beta - y}{\sigma}$ – верхний предел.

Дисперсия дискретной случайной величины X будет равна

$$D(X) = \sum_{i=1}^n (x_i - M(X))^2 P_i, \quad (8)$$

где $M(X)$ – математическое ожидание; X – случайная величина.

Математическое ожидание определяется как

$$M(X) = \sum_{i=1}^n x_i p_i. \quad (9)$$

В результате полученные данные по всем видам ЭКБ, которые поставляются от одного поставщика, сводятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Пример расчета вероятности попадания в заданный интервал

Номер п/п	Кол-во поставок	Мат. ожидание	Дисперсия	Среднеквадратическое отклонение	Вероятность попадания
ЭКБ 1	13	18	37	6	0,77
ЭКБ 2	11	19	56	8	0,83
ЭКБ 3	13	16	43	7	0,89
ЭКБ 4	10	22	40	6	0,93
ЭКБ 5	10	20	41	6	0,82

Из таблицы 2 видно, что вероятность нарушения сроков поставки ЭКБ в основном составляет менее 20 %, но для ЭКБ 1 появляется выброс в 23 %. Аналогично рассчитывается вероятность изменения цены поставляемой продукции. Полученные данные сводятся в таблицу 3.

Таблица 3 – Отклонение цен на ЭКБ

Номер п/п	Вероятность изменения цен
ЭКБ 1	0,19
ЭКБ 2	0,21
ЭКБ 3	0,19
ЭКБ 4	0,13
ЭКБ 5	0,14

На основании расчетов руководитель проекта при планировании поставок материалов или комплектующих для изделий разрабатывает план выполнения проекта с реалистичными сроками поставок предприятиями кооперации.

На следующем шаге определяется индекс риска проекта на основе взвешенных факторов, влияющих на достижение цели управления:

$$R = \sum (W_i + P_i + I_i), \quad (10)$$

где W_i – вес фактора (определяется методом экспертных оценок); P_i – вероятность наступления риска; I_i – влияние на сроки/стоимость.

В ходе исследований выявлен ряд новых факторов, влияющих на работу производственной кооперации предприятий ОПК, которые были разделены на группы.

1. Государственное регулирование и контроль:
 - Жесткие требования к секретности (ГОСТы, ФСТЭК, ФСБ).
 - Лицензирование и допуски (например, для работы с гостайной).
 - Импортотависимость и санкционные ограничения на поставки технологий и комплектующих.

2. Особенности спроса и финансирования:

- ГОЗ – основной источник доходов, не зависящий от рыночного спроса и предложения.

- Бюджетное финансирование с возможными задержками, с гарантированным сбытом продукции.

- Долгие циклы разработки и производства (10–20 лет для некоторых проектов).

3. Технологические и производственные особенности:

- Высокие требования к качеству и надежности с учетом военной приемки и испытаний.

- Малые серии и уникальность продукции (для ряда изделий нет массового производства).

- Использование специальных материалов и технологий (титан, композиты, радиационная стойкость).

4. Кадровые особенности:

- Работа с ограниченным кругом специалистов (допуски, проверки).

- Высокие требования к квалификации (узкопрофильные инженеры, конструкторы).

5. Внешнеполитические и экономические факторы:

- Санкции и эмбарго (запрет на экспорт/импорт технологий).

- Геополитическая конъюнктура (рост оборонзаказов в кризисы).

- Экспортные ограничения (контроль за поставками вооружений).

- Логистика и снабжение.

- Замкнутые цепочки поставок (импортозамещение, спецпоставщики).

- Спецтранспортировка (перевозка оружия, опасных материалов).

В рамках метода управления производственной кооперацией разработана методика применения оценки рисков, которая включает следующие этапы:

1. Идентификация рисков на основе имеющихся статистических данных и проведенных экспертиз.

2. Ранжирование факторов по значимости и вероятности риска их реализации.

3. Моделирование сценариев согласно трем типовым схемам (оптимистичный, пессимистичный, базовый).

4. Расчет вероятностных рисков отклонений по времени и бюджету.

5. Разработка корректирующих мер для минимизации рисков отклонений (резервирование ресурсов, изменение графика и т.д.).

В рамках метода управления производственной кооперацией разработана модель выбора оптимального варианта управления. Модель позволяет решить задачу управления проектом посредством выбора оптимальных решений из альтернатив в результате поиска предпочтительных вариантов. В рамках работы с моделью используются метод многокритериальной оптимизации для выбора компромиссных решений с учетом выявленных ограничений и алгоритм адаптивного управления для корректировки проектных решений при изменении условий и ограничений.

Однако даже оптимальное компромиссное решение x^* может демонстрировать неудовлетворительные значения по отдельным частным критериям $F_k(x)$. В частности, при обеспечении максимума функции

$$F(x) = \sum_{i=1}^m \alpha_i F_i(x) \quad (11)$$

существует риск, что отдельные критерии качества могут принимать критически низкие значения, которые при этом будут компенсироваться высокими показателями по другим критериям. Чтобы предотвратить подобную ситуацию, в математическую модель необходимо включить дополнительные ограничения вида $F_k(x) \geq F_k^0$. Тогда определение эффективной точки x^* сводится к решению:

$$F^* = F(x^*) = \max_{x \in \overline{\Omega}_x} \left\{ \sum_{i=1}^m \alpha_i F_i(x) \right\}, \quad (12)$$

где $\overline{\Omega}_x = \Omega_x^k \cap \Omega_x'$ – подмножество решений согласно дополнительным ограничениям:

$$\Omega_x' = \{x : F_k(x) \geq F_k^0, k = 1 \dots p \leq m\}. \quad (13)$$

После выявления неудовлетворительных показателей осуществляется переход к определению ключевого критерия оптимальности. В данном подходе из векторной целевой функции F выделяется доминирующий показатель F_v , тогда как остальные частные критерии $F_i, i \neq v$ преобразуются в ограничения вида $F_i \geq F_{i \text{ зад}}$. Здесь $F_{i \text{ зад}}$ представляет минимально допустимое значение для соответствующего показателя F_i . Таким образом, исходная задача векторной оптимизации редуцируется к скалярной оптимизационной задаче следующего вида:

$$\text{найти } \max_{x \in \overline{\Omega}_x} F_v(x), \quad (14)$$

где $\overline{\Omega}_x$ – область компромисса Ω_x^k , в которой выполняются условия $F_i \geq F_{i \text{ зад}}, i = 1 \dots m, i \neq v$, т.е.

$$\overline{\Omega}_x = \Omega_x^k \cap \Omega_x', \Omega_x' = \{x : F_i(x) \geq F_{i \text{ зад}}\}. \quad (15)$$

При решении задач проектного управления определяются текущие параметры проекта, происходит оценка рисков в интересах прогноза параметров в будущем. Выбор требуемого ресурса на конкретный момент позволяет предотвратить неблагоприятное изменение проектных параметров. Оценка эффективности проектного управления определяется выражением

$$W = \sum_{l=1}^L w l. \quad (16)$$

Тогда задачу можно сформулировать следующим образом:

$$wl_{ij} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n a_{ij} k_{ij} \rightarrow \frac{\max}{ij}, \quad (17)$$

с учетом ограничений:

$$\sum_{i=1}^I c_i x_i \leq P_{\text{зад}}, \quad (18)$$

для $\forall i$ при $x_i = 1$ $t_i \leq T_{\text{зад}}$, для $\forall i$ при $x_i = 1$ $r_i \leq R_{\text{зад}}$, для $\forall i$ при $x_i = 1$ $e_i \leq E_{\text{зад}}$, где $x_i \in \{0,1\}, i=1,2,\dots,I$.

Решение задачи заключается в вычислении целевой функции и проверке ограничений для всех возможных вариантов из допустимого множества, после чего выбирается вариант с максимальным значением целевой функции, удовлетворяющий заданным ограничениям. На основе предложенного метода и алгоритмов разработано два программных средства, блок-схемы алгоритмов которых приведены на рисунке 3.

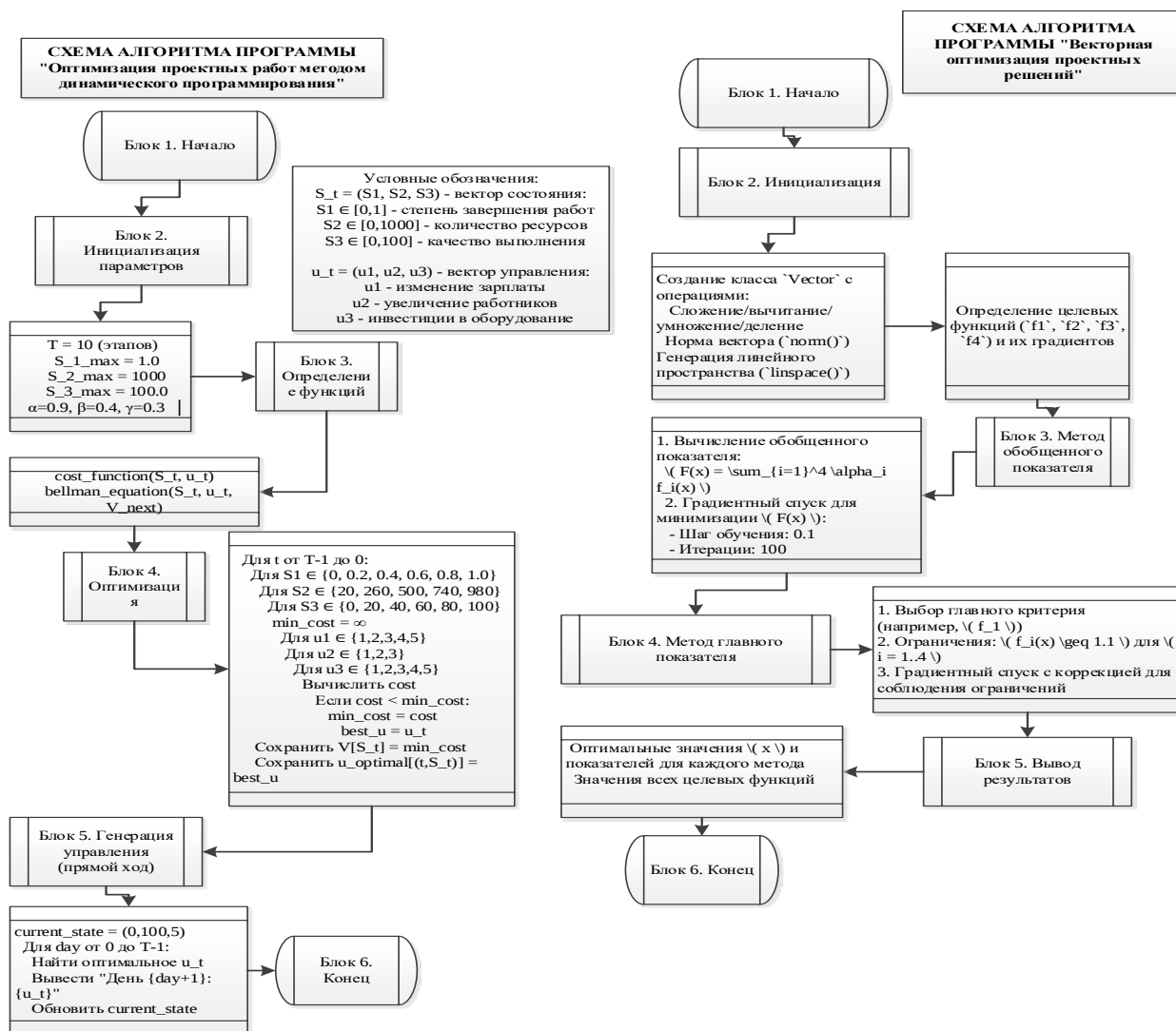


Рисунок 3 – Алгоритм программ для ЭВМ

В четвертой главе рассматриваются примеры практической реализации метода и алгоритмов проектного управления на примере трех проектов опытно-конструкторских работ (ОКР). При реализации проектного управления определяются текущие параметры проекта и выполняется прогнозная оценка рисков. Рассмотрим пример решения задачи проектного управления ОКР.

На первом этапе определяются критерии оценки параметров изделия в рамках временного интервала, установленного заказчиком в соответствии с производственными требованиями. Это позволяет рассчитать прогнозную оценку эффективности выполнения проекта. В качестве исходных данных используются тактико-техническое задание (ТТЗ) и срок поставки комплектующих – в данном случае девять кварталов. На основании ТТЗ разрабатывается план-график проведения ОКР, представленный на рисунке 4.

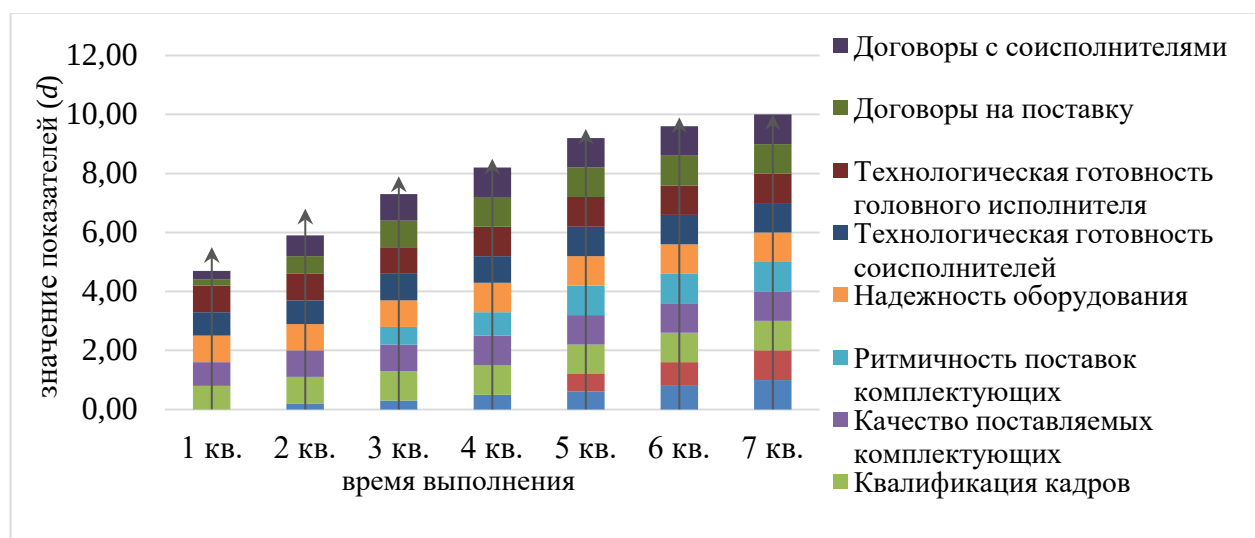


Рисунок 4 – План-график выполнения ОКР

График отображает фактические результаты проекта, достигнутые благодаря реализации управленческих решений, отобранных из множества альтернатив методом экспертных оценок. Для минимизации отклонений от плановых показателей определяются оптимальные управленческие решения по каждому критерию и временному интервалу этапа. К таким решениям, направленным на повышение эффективности проекта, могут относиться:

1. Повышение квалификации работников.
2. Усиление входного контроля поставляемых комплектующих.
3. Ритмичность поставок комплектующих.
4. Замена поставщиков.
5. Модернизация технологического парка соисполнителей.
6. Модернизация технологического парка головного исполнителя.
7. Увеличение численности квалифицированных работников.
8. Увеличение сертифицированных рабочих мест.
9. Ввод сменного графика для увеличения рабочего времени.
10. Увеличение интенсивности взаимодействия с заказчиком (совещания, договоренности и т.д.).

11. Увеличение интенсивности взаимодействия с поставщиками (совещания, гарантийные письма).

12. Внесение изменений в конструкторскую документацию (КД) и технологию изготовления опытного образца (ОО) и составной части (СЧ).

13. Привлечение специалистов с других проектов.

Для принятия управленческих решений требуется расчет ключевых показателей на каждом временном интервале этапа. К таким показателям относятся опытный образец изделия, результаты испытаний, уровень квалификации кадров, качество и ритмичность поставок комплектующих, договорные обязательства с поставщиками и соисполнителями, надежность используемого оборудования, а также технологическая готовность всех участников проекта. Эти параметры формируют аналитическую основу для обоснованного выбора решений.

Критериями принятия решений на предприятии ОПК считаются: стоимость варианта изделия K_1 , длительность реализации проекта K_2 , число задействованных коопераций K_3 , импортнезависимость варианта K_4 , технологические ограничения K_5 . Для оценки эффективности изготовления опытного образца изделия выбирается множество допустимых альтернатив: $A_1 - 2$, $A_2 - 5$, $A_3 - 6$, $A_4 - 8$, $A_5 - 9$, $A_6 - 10$. Далее методом экспертной оценки проводится выбор оптимального решения. В таблице 4 представлены примеры экспертных оценок весов критериев.

Таблица 4 – Веса критериев

Критерий	Вес
K_1 – стоимость варианта	0,3
K_2 – длительность реализации	0,1
K_3 – задействование кооперации	0,1
K_4 – импортнезависимость варианта	0,2
K_5 – технологические ограничения	0,3

Экспертная оценка альтернатив по критериям за 1-й квартал по этапу изготовления опытного образца представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Взвешенная оценка альтернатив по критериям

Альтернативы	Критерии					Взвешенные оценки альтернатив
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	
A_1	0,6	0,3	0,1	0,2	0,3	1,5
A_2	1,5	0,2	0,1	1	0,8	2,7
A_3	0,3	0,1	0,5	1	1,2	2,2
A_4	0,9	0,1	0,4	1,6	1,2	4,2
A_5	1,8	0,4	0,7	0,6	2,4	5,9
A_6	1,2	0,6	0,1	0,8	1,8	4,5

Взвешенные оценки позволяют найти показатель эффективности управления проектом при принятии конкретного управленческого решения

по формуле (17). Анализ данных таблицы 5 показывает, что вариант A_5 (введение сменного графика работы для увеличения рабочего времени) является оптимальным решением для изготовления опытного образца во 2-м квартале, поскольку продемонстрировал наивысший оценочный показатель. Проведя аналогичные расчеты для всех управленческих решений на каждом этапе выполнения проекта во временном интервале, можно построить таблицу для выбора оптимальных вариантов управления (таблица 6).

Таблица 6 – Оптимальные варианты управления

КПП	2022		2023				2024
	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	5 кв.	6 кв.	7 кв.
Значение	Оптимальный вариант						
1. Опытный образец изделия	9	2	1	10	–	–	–
2. Протоколы испытаний	8	7	5	6	8	2	10
3. Квалификация кадров	1	13	–	–	–	–	–
4. Качество поставляемых комплектующих	4	11	3	–	–	–	–
5. Ритмичность поставок комплектующих	2	11	2	2	–	–	–
6. Договоры на поставку	7	11	10	–	–	–	–
7. Договоры с соисполнителями	11	7	10	–	–	–	–
8. Надежность оборудования	1	5	6	–	–	–	–
9. Технологическая готовность соисполнителей	11	1	1	8	–	–	–
10. Технологическая готовность головного исполнителя	1	8	8	–	–	–	–

На рисунке 5 показаны достигнутые показатели в результате принятых управленческих решений для примера проекта ОКР.

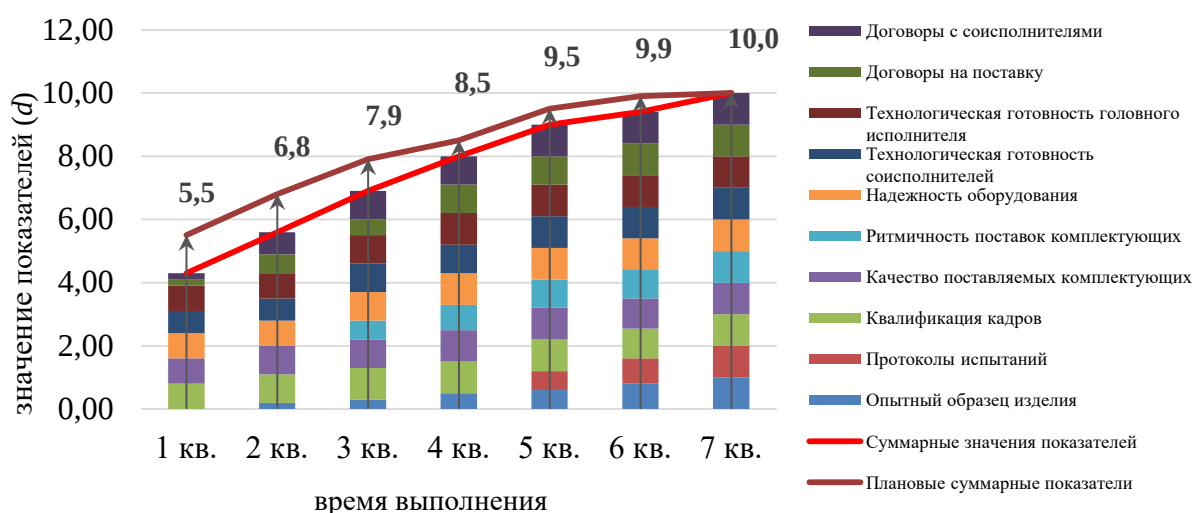


Рисунок 5 – Показатели выполнения ОКР

В таблице 7 приведены результаты сравнительных исследований применения разработанного алгоритма проектного управления с существующими системами ресурсного планирования на предприятии.

Таблица 7 – Сравнение алгоритма управления с традиционной системой

Показатель	Было (ERP)	Стало (предложенный метод)	Рост эффективности
Срок закупок	60 дней	45 дней	–25 %
Бюджет перерасхода	15 %	10 %	–33 %
ROI технологических проектов	1,2х	1,5х	+25 %

В таблице 8 представлены результаты изменения текущих показателей отклонений по срокам и стоимости, полученные при внедрении алгоритма и модели управления проектами.

Таблица 8 – Результаты внедрения алгоритма проектного управления

Показатель	Было	Стало (прогноз)	Эффект
Отклонение по срокам	20 %	12–14 %	–30–40 %
Перерасход бюджета	15 %	10–12 %	–20–25 %
Количество срывов ГОЗ	3 в год	1–2 в год	–33–50 %

В заключении представлены результаты диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Проведены аналитические исследования существующих моделей и методов проектного управления производственной кооперацией и определены факторы, оказывающие влияние на достижение целей проектного управления на предприятиях ОПК в современных условиях.

2. Выбраны научно обоснованные принципы управления для повышения эффективности работы предприятий ОПК в условиях ресурсных ограничений, санкционного давления, требований диверсификации производства и импортонезависимости поставщиков.

3. Разработан метод управления производственной кооперацией на основе оценки рисков, позволяющий на базе анализа существующих инструментов оценить временные и стоимостные параметры на соответствие их прогнозным величинам на начальных стадиях проектных работ. Внедрение предложенного метода позволяет снизить отклонения по срокам поставки на 10–25 % за счет раннего выявления рисков срыва сроков и оперативной корректировки планов выпуска продукции. Таким образом, внедрение разработанного метода позволяет улучшить показатели в среднем на 15–25 % по основным метрикам (сроки изготовления и стоимость).

4. Разработана многоуровневая иерархическая модель на основе диаграмм Ганта для автоматизации процессов формирования и принятия управленческих решений на предприятиях ОПК на основе прогностического моделирования, сетевого администрирования и научно обоснованных принципов проектного управления. Результатами внедрения и применения модели на предприятиях ОПК стало: а) повышение точности сроков выполнения задач от 25 до 40 % для сложных проектов; б) снижение количества конфликтов ресурсов от 18 до 32 %, так как сетевые алгоритмы балансируют загрузку; в) улучшение КРІ выполнения проектов от 15 до 30 % за счет научно обоснованных принципов управления.

5. Предложена модель проектного управления на основе оценки поставщиков и результативности бюджетных инвестиций при технологическом перевооружении предприятий ОПК, что позволяет применять разработанные методы прогнозной оценки плановых, ожидаемых и фактических показателей, степени завершения работы в ходе объемно-календарного ресурсного планирования и адаптивной корректировки расписания событий в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Результатами внедрения модели и алгоритма проектного управления являются: а) ускорение реагирования лица, принимающего решения, на вносимые изменения в планы выпуска от 20 до 35 %; б) ускорение выпуска продукции на 15–30 % за счет использования алгоритмов прогнозной оценки (максимальный эффект достигается на предприятиях со сложными проектами и высокой долей ручного управления).

6. Разработаны и внедрены программные средства, реализующие разработанный метод прогнозной оценки плановых, ожидаемых и фактических показателей, степени завершения работы для объемно-календарного ресурсного планирования, адаптивной корректировки расписания событий. Для предприятия с традиционными системами управления ERP внедрение разработанных программных средств прогнозной оценки и адаптивной корректировки планов позволяет повысить эффективность с 15 до 35 % в основных операционных показателях и снизить риски невыполнения ГОЗ от 40 до 50 %.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, по специальности 2.3.4

1. Печалин, Н. Д. Принципы, механизмы и инструменты управления проектами на предприятиях оборонно-промышленного комплекса в условиях рисков и корпоративных процедур / Н. Д. Печалин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 4. – С. 133–148. – doi: 10.21685/2227-8486-2024-4-11

2. Печалин, Н. Д. Анализ проблематики повышения эффективности реализации проектной деятельности на предприятиях оборонно-промышленного комплекса / Н. Д. Печалин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2025. – № 2. – С. 134–146. – doi: 10.21685/2227-8486-2025-2-11

3. Печалин, Н. Д. Трансформация методологических оснований проектного управления: от сетевого планирования к управлению адаптивными балансами / Н. Д. Печалин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2025. – № 2. – С. 156–166. – doi: 10.21685/2227-8486-2025-2-13

4. Печалин, Н. Д. Оценка временных и стоимостных рисков выполнения проектных заданий на предприятиях оборонно-промышленного комплекса / Н. Д. Печалин, А. Г. Финюгеев // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2025. – № 1. – С. 138–148. – doi: 10.21685/2227-8486-2025-1-11

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, по другим научным специальностям

5. Печалин, Н. Д. Проблемы информационного обеспечения принятия стратегических решений на основе оценки производственных рисков опытно-конструкторских работ / А. А. Кравцов, А. А. Крюков, Н. Д. Печалин // Перспективы науки. – 2021. – № 9 (144). – С. 16–21.

6. Печалин, Н. Д. Методика определения некоторых рисков / Н. Д. Печалин, А. А. Крюков // Вестник Российской академии естественных наук. – 2021. – № 4. – С. 57–60.

7. Печалин, Н. Д. Обзор моделей и методов проектного управления / А. В. Тихомиров, А. В. Мараховский, Н. Д. Печалин // Вестник Российской академии естественных наук. – 2022. – № 3. – С. 85–91.

8. Печалин, Н. Д. Динамическое программирование при управлении проектом / А. В. Тихомиров, А. В. Мараховский, Н. Д. Печалин // Вестник Российской академии естественных наук. – 2022. – № 4. – С. 88–95.

9. Печалин, Н. Д. Методика формирования сценария выбора альтернатив / А. В. Мараховский, Н. Д. Печалин // Вестник Российской академии естественных наук. – 2024. – № 4. – С. 223–233.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024682259. Программа математической модели выбора оптимального решения / Мараховский А. В., Печалин Н. Д., Тихомиров А. В. ; заявл. 02.09.2024 ; зарег. 19.09.2024.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024681362. Программа для реализации задачи оптимизации проектных работ методом динамического программирования / Мараховский А. В., Печалин Н. Д., Тихомиров А. В. ; заявл. 26.08.2024 ; зарег. 09.09.2024.

Монография

1. Печалин, Н. Д. Основы проектирования средств радиоэлектронной борьбы : монография / Г. Л. Акопян, Г. В. Ершов, Н. Д. Печалин [и др.]. – Москва : Радиотехника, 2024. – 348 с. – (Научная серия «Теория радиоэлектронной борьбы»).

Научное издание

ПЕЧАЛИН Николай Дмитриевич

**ПРОЕКТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ОПК
В УСЛОВИЯХ РИСКОВ И КОРПОРАТИВНЫХ ПРОЦЕДУР**

Специальность 2.3.4. Управление в организационных системах
(технические науки)

Редактор *В. В. Устинская*
Технический редактор *Ю. В. Анурова*
Компьютерная верстка *Ю. В. Ануровой*

Подписано в печать 09.10.2025. Формат 60×84¹/₁₆.
Усл. печ. л. 1,16. Заказ № 499. Тираж 100.

Издательство ПГУ.
440026, г. Пенза, ул. Красная, 40.
Тел./факс: (8412) 66-60-49, 66-67-77; e-mail: iic@pnzgu.ru