

На правах рукописи



ФЕТИСОВ Михаил Николаевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ  
И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО  
ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

Специальность 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.  
Организация производства

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

Тула 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тульский государственный университет»

Научный руководитель: Заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор технических наук, профессор  
**Васин Сергей Александрович**

Официальные оппоненты: **Пивоварова Ксения Григорьевна**  
доктор технических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,  
профессор кафедры технологий обработки материалов

**Денискина Антонина Робертовна**  
кандидат технических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», и.о. заведующего кафедрой 104 «Технологическое проектирование и управление качеством»

Ведущая организация: ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»

Защита состоится 18 декабря 2024 г. в 12<sup>00</sup> на заседании диссертационного совета 24.2.417.06, созданного на базе ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» по адресу: 300012, г. Тула, пр. Ленина, 92, ауд. 9-101.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» и на сайте:

<https://tulsu.ru/science/dissertation/diss-24-2-417-06/fetisov-mn-24-2-417-06>

Автореферат разослан 17 октября 2024 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета



Литвинова Ирина Васильевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

*Актуальность темы.* Авиационная промышленность является одним из драйверов роста российской экономики. Как было отмечено в отчете Правительства России в Государственной Думе Российской Федерации о результатах работы в 2023 году, объем авиастроительного производства в 2023 г. увеличился на 19,4 %. Одной из задач российской авиастроительной промышленности в 2024 году является увеличение почти на 30 % выпуска гражданских вертолетов, которые должны быть самыми надежными и современными машинами. Также в ежегодном отчете правительства России большое внимание уделено и быстро развивающимся беспилотным авиационным системам, которые могут изготавливаться как на основе самолётов, так и на основе вертолётов. Отмеченные задачи соответствуют целям и задачам Комплексной программы развития авиатранспортной отрасли до 2030 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации 25 июня 2022 г. № 1693-р (редакция от 04.05.2024) и предусматривающей выпуск и поставку авиакомпаниям 990 самолетов и 765 вертолетов с быстрой локализацией в России производства ранее не производившихся авиационных агрегатов. Поэтому российским авиастроительным предприятиям необходимы интенсивные разработки инновационных методов организации проектирования, планирования, производства, модернизации и ремонта пилотируемой и беспилотной авиационной техники (АТ).

Надежность АТ и другие показатели ее качества должны закладываться в процессе проектирования, достигаться в процессе производства и поддерживаться в процессе эксплуатации, т. е. обеспечиваться на всех стадиях жизненного цикла АТ. Среди всех стадий жизненного цикла АТ особое внимание уделяется начальным стадиям, так как известным является факт, что стоимость устранения ошибок, совершенных на ранних стадиях разработки воздушного судна (ВС) и выявленных на последующих стадиях, десятикратно увеличивается от стадии к стадии и на стадии эксплуатации в сотни раз превышает стоимость их устранения на стадии проектирования и разработки.

На качество реализации данных стадий жизненного цикла АТ и, соответственно, качество самой АТ существенное влияние оказывает ритмичность выполняемых процессов проектирования и производства ВС. Нарушение ритмичности данных процессов снижает производительность труда, ведет к перерасходу средств, в том числе из-за сверхурочных работ и дополнительной заработной платы, потерям рабочего времени оборудования и исполнителей, повышению себестоимости ВС и сокращению прибыли предприятия. Неритмичная работа сопровождается недостаточной конструкторской и технологической проработкой АТ, массовыми отклонениями от установленных технологических процессов, выпуском брака, сдачей деталей и узлов с отступлениями от требований конструкторской документации и т. д.

Ритмичность работы структурных подразделений предприятий-разработчиков и предприятий-производителей авиационной техники формируется в процессе производственного планирования. Основная задача производственного

планирования состоит в обеспечении слаженности и ритмичности хода всех производственных процессов, в организации согласованной и результативной работы всех подразделений предприятия для обеспечения равномерного выполнения проектов проектирования и производства ВС по номенклатуре и при полном и рациональном использовании имеющихся экономических и производственных ресурсов с целью наибольшего удовлетворения основных потребностей заказчиков АТ и повышения эффективности производственной деятельности предприятия.

Отмеченные обстоятельства обуславливают необходимость дальнейшего развития современных инструментов и методов управления качеством АТ на ранних стадиях ее жизненного цикла. Поэтому актуальной является научная задача совершенствования инструментария повышения эффективности и качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники с целью обеспечения ритмичности реализации процессов проектирования авиационной техники. Решению данной задачи и посвящено выполненное диссертационное исследование.

**Степень разработанности темы.** Проблематике повышения качества продукции и процессов ее проектирования и производства, в том числе на основе совершенствования процесса производственного планирования, посвящено достаточно большое количество научных исследований отечественных и зарубежных авторов. Исследования в этом направлении производили: Айдаров Д.В., Амиров Ю.Д., Антипов Д.В., Анцев В.Ю., Благовещенский Д.И., Бойцов Б.В., Васильев В.А., Васин С.А., Глудкин О.П., Ивахненко А.Г., Козловский В.Н., Круглов М.Г., Окрепилов В.В., Пантюхин О.В., Плахотникова Е.В., Протасьев В.Б., Трушин Н.Н., Taguchi, G. и др. Проблематике развития организационно-экономических методов обеспечения ритмичности процессов проектирования и производства в различных отраслях промышленности, в том числе и на отечественных авиастроительных предприятиях, посвятили свои работы Адамов В.Е., Берман А.Г., Бражников М.А., Вальков А.С., Звягинцев Ю.Е., Кириллин Б.И., Кузин Б.И., Курляндчик Р.И., Либерман Е.Г., Нейман З.Н., Омаров А.М., Петров В.А., Сатановский Р.Л., Татевосов К.Г. и др. Анализ этих исследований показывает, что аспект совершенствования инструментария повышения эффективности и качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники с целью обеспечения ритмичности реализации процессов проектирования и производства авиационной техники оказался изученным недостаточно. Поэтому представленная научная задача не нашла окончательного решения и является актуальной до настоящего времени.

**Целью исследования** является обеспечение результативности процесса производственного планирования при разработке авиационной техники за счет разработки комплекса научно-технических и программных инструментов.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие **задачи исследования**:

1) провести научно-технический обзор и анализ проблемы качества процесса производственного планирования при проектировании и производстве авиационной техники и методов его совершенствования;

2) разработать концепцию повышения качества процесса производственного планирования при проектировании и производстве авиационной техники;

3) разработать инструментарий повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках и производителях авиационной техники;

4) провести модернизацию архитектуры информационной системы управления проектами проектирования и производства авиационной техники;

5) провести комплексную апробацию и внедрение предложенных научно-технических и организационных решений на авиастроительном предприятии.

**Объект исследования** – процесс производственного планирования на предприятии-разработчике авиационной техники.

**Предмет исследования** – совершенствование методик и инструментария повышения качества производственного планирования при проектировании авиационной техники.

**Соответствие паспорту специальности** – содержание диссертации соответствует п. 23 «Разработка и совершенствование методов и средств планирования и управления производственными процессами и их результатами» паспорта научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

**Научная новизна** результатов исследования заключается в разработке концепции повышения качества процесса производственного планирования проектирования авиационной техники и реализующих ее научно-технических методик и программных инструментов, и включает следующие основные компоненты:

1. Методика планирования проектов предприятия-разработчика авиационной техники, которая отличается от известных гибким процессом надления проектов ресурсами, исходя из требований обеспечения ритмичности, в зависимости от значения относительной важности (приоритета) проекта в системе планирования деятельности авиастроительного предприятия.

2. Методика оценки качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники, которая отличается от известных введением коэффициента качества планирования, включающего два критерия: критерий полноты планирования выполняющихся проектов и критерий ритмичности работы структурных подразделений при выполнении плана за отчетный месяц.

3. Методика повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники, отличающаяся от известных наличием критериев ритмичности и качества выполнения портфеля проектов авиастроительного предприятия.

**Теоретическое значение результатов работы** заключается в том, что

разработана концепция и инструментарий повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники в направлении обеспечения ритмичности и результативности производственной деятельности, которые углубляют и конкретизируют область применения управления качеством продукции, стандартизации, организации производства, как области науки и техники, в сфере решения задач создания авиационной техники.

**Практическое значение результатов работы** заключается в разработке комплекса научно-прикладных решений, обеспечивающих повышение ритмичности производственной деятельности и мотивации инженерно-технического персонала на предприятии-разработчике авиационной техники, включающего развитие архитектуры информационной системы управления проектами предприятия-разработчика авиационной техники, которая реализует концепцию и инструментарий повышения качества процесса производственного планирования при проектировании и производстве авиационной техники, а также систему нормативных документов для исполнителей процесса производственного планирования.

**Реализация работы.** Результаты проведенных исследований внедрены в виде методики повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники и реализующей ее системы информационной поддержки в АО «НЦВ Миль и Камов» (поселок Томилино Люберецкого района Московской области), АО «Кронштадт» (г. Москва) и используются при подготовке студентов по направлению «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» в ФГБОУ ВО «Тулский государственный университет».

**Методология и методы диссертационного исследования.** При выполнении работы использовались научные положения всеобщего управления качеством, организации производства, методы квалиметрии, математической логики и статистики, методологии нечетких множеств и лингвистических переменных, апробированных методов анализа корневых причин и причинно-следственного анализа, а также обобщение опыта создания авиационной техники на ряде предприятий авиационной промышленности Российской Федерации.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Методика планирования проектов, исполняемых предприятием-разработчиком авиационной техники.
2. Методика оценки качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники.
3. Методика повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники.
4. Результаты комплексной апробации предложенных научно-технических решений.

**Степень достоверности результатов.** Достоверность полученных ре-

зультатов обусловлена использованием фундаментальных теоретических положений, адекватностью разработанных математических моделей реальным процессам, экспериментальным подтверждением разработанных методик в производственной практике, положительными результатами практической реализации, разработанными стандартами организации и методиками по результатам реализуемого в холдинге «Вертолеты России» приоритетного проекта «Система гарантии качества проектирования» и внедрением нормативной документации в АО «НЦВ Миль и Камов».

**Апробация результатов.** По теме диссертации автором опубликованы 10 работ (из них 5 статей в периодических изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России).

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (2022, 2023, 2024 гг.); Национальной научно-технической конференции с международным участием «Автоматизация: проблемы, идеи, решения: АПИР-28» (г. Тула, 2023 г.); XI -м международном аэрокосмическом конгрессе (г. Москва, 2024 г.); 60-й Научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ТулГУ с всероссийским участием (г. Тула, 2024 г.); 2-й Международной научно-технической конференции «Технологии и техника: пути инновационного развития (ТМ-06)» (г. Воронеж, 2024 г.).

**Личный вклад соискателя** заключается в разработке концепции и комплексной методики повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники; введении коэффициента качества планирования; в разработке методик: ранжирования проектов предприятия-разработчика авиационной техники, оценки качества процесса производственного планирования, повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники; в разработке предложений по развитию архитектуры информационной системы управления проектами предприятия-разработчика авиационной техники; в создании системы нормативных документов для исполнителей процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники; апробации результатов исследования; подготовке публикаций по выполненной диссертационной работе.

Личный вклад соискателя в работы, опубликованные в соавторстве: [2] – разработана методика ранжирования проектов предприятия-разработчика авиационной техники; [3] – разработана методика оценки качества процесса производственного планирования и введен коэффициент качества планирования; [4] – разработана методика повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники; [5] – проведено визуальное моделирование процесса производственного планирования акционерного общества «НЦВ Миль и Камов»; [7] – разработан механизм применения проек-

ного подхода к организации и осуществлению процесса производственного планирования; [9] – разработана концепция повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации 151 страница, включая 37 рисунков, 6 таблиц, список литературы из 142 наименований и приложения на 7 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** изложены актуальность избранной темы, степень ее разработанности, цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы диссертационного исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

**В первой главе** представлены обзор и анализ исследований, посвященных проблеме повышения качества процесса производственного планирования и ритмичности производственной деятельности на авиастроительных предприятиях, определена цель работы и сформулированы задачи исследования.

Исследована проблематика и особенности наукоёмких производств, к которым относится авиастроительное производство, и показано, что в наукоёмких производствах основная часть затрат времени приходится на разработку оптимальных конструкций изделий, создание новых материалов, разработку новых схем, обеспечение требуемой надёжности, экологической чистоты и безопасности обслуживания. При этом численность научного персонала в структуре наукоёмкого производства оставляет не менее 30-40 % всей численности работников. Данные особенности наукоёмких производств предъявляют специальные требования к их организации и планированию, которые необходимо учитывать при разработке направлений повышения качества процесса производственного планирования и ритмичности производственной деятельности на авиастроительных предприятиях.

Рассмотрены подходы к системе мотивации работников наукоёмких предприятий, которая должна содержать смешанные формы материального и нематериального вознаграждения за труд. Показано, что в наукоёмких производствах доля интеллектуального труда инженеров и исследователей в конечной продукции доходит до 40-60 % и поэтому материальное стимулирование работников наукоёмких предприятий является доминирующим методом мотивации работников к повышению качества результатов своего труда и необходимы исследования, позволяющие дать необходимую количественную оценку материальному вознаграждению.

Рассмотрены базовые принципы проектного планирования и сформулированы актуальные задачи обеспечения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники. Исследован широкий спектр показателей, каждый из которых отражает эффективность и качество по тому или иному направлению производственной деятельности

авиастроительного предприятия, включая ритмичность его проектной и производственной деятельности, и имеет свой физический смысл, размерность и величину. Показано, что установление значений показателей качества процесса планирования производственной деятельности не является простой задачей, поэтому для ее решения целесообразно применение методов нечеткой логики и нечеткого вывода, которые специально ориентированы на построение моделей, учитывающих неполноту и неточность исходных данных.

Рассмотрены общие проблемы обеспечения ритмичности производственного процесса на авиастроительном предприятии и исследованы подходы к определению значения коэффициента ритмичности. Показано, что на основе использования коэффициента ритмичности можно организовать планирование, контроль и анализ ритмичности производственного процесса, а также формировать систему материального стимулирования за разработку и выполнение плана, обеспечивающего рациональное использование имеющихся ресурсов различных видов и достижение высокого качества выпускаемой продукции.

Таким образом, разработка новых подходов и методик совершенствования инструментария повышения эффективности и качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники с целью обеспечения ритмичности реализации процессов проектирования авиационной техники представляет собой актуальную задачу для отечественной промышленности и требует дальнейшего исследования с использованием достижений современного менеджмента качества.

На основании вышеизложенного определена цель работы и сформулированы задачи исследования.

**Во второй главе** разработана концепция повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники.

Проведен статистический анализ загрузки (ритмичности работы) проектных подразделений предприятия-разработчика авиационной техники, который позволил установить, что план на текущий и последующие месяц или квартал значительно, до 5,5 раз, превышает фактическую мощность подразделения. Это связано с тем, что процесс производственного планирования осуществляется в условиях полной неопределенности, связанной с возможностью постоянного появления срочных и неотложных заказов и проектов. Отмечены направления повышения результативности процесса производственного планирования на предприятии-разработчике авиационной техники.

Проведено визуальное моделирование процесса производственного планирования акционерного общества «НЦВ Миль и Камов» «как есть» в нотации VRPN с целью выявления его «узких» мест и дальнейшего совершенствования. Так же проведен краткий анализ процесса и предложено его дальнейшее совершенствование на основе использования критерия ритмичности, что отражено в визуальной модели процесса «как надо». Использование ритмичности как основ-

ного критерия результативности при формировании и оценке планов производства позволит повысить надежность и качество разрабатываемой АТ на всех этапах ее жизненного цикла и приведет к наибольшему удовлетворению основных потребностей заказчиков АТ и увеличению прибыли, получаемой НЦВ.

Основные положения разработанной концепции повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники включают:

- рациональное использование имеющихся экономических и производственных ресурсов с целью наибольшего удовлетворения основных потребностей заказчиков авиационной техники;
- приоритезацию ресурсонаделения реализуемых проектов;
- повышение ритмичности работы предприятия на основе эмпирического разделения ресурсных возможностей предприятия-разработчика на две части: 70 % – для выполнения плановых работ, обязательных к выполнению; 30 % – для выполнения работ из дополнительного перечня и срочно возникающих работ;
- введение коэффициента качества планирования и анализа динамики его изменения;
- введение критериев полноты планирования выполняющихся проектов и ритмичности работы структурных подразделений при выполнении плана за отчетный месяц;
- мотивацию инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники;
- стандартизацию процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники, документирование выполняемых в процессе процедур, сохранение знаний исполнителей процесса;
- управление взаимодействием между участниками процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники.

Для реализации концепции осуществлена формализация процесса производственного планирования предприятия-разработчика авиационной техники и разработаны методики:

- планирования проектов предприятия-разработчика авиационной техники;
- оценки качества процесса производственного планирования;
- повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники.

**Третья глава** посвящена совершенствованию инструментария организации и управления процессом производственного планирования предприятия-разработчика авиационной техники.

На основе методов квалиметрии разработана методика планирования проектов предприятия-разработчика авиационной техники. Целью разработки методики является обеспечение ритмичности производственного процесса предприятия-разработчика авиационной техники на основе оптимизации наделения проектов ресурсами. Ресурсное обеспечение проектов предложено осуществлять на

основе их приоритезации путем организации трёхуровневой системы приоритетов проектов, в соответствии с которой приоритет каждого проекта может быть высоким, обычным (средним) или низким.

Процедура ранжирования и назначения приоритетов проектов включает расчет и назначение весов (баллов) для ранжирования проектов и определение проекта/проектов с наивысшим приоритетом в системе планирования предприятия. Для определения приоритетов проектов ( $P$ ) используется многокритериальная модель ранжирования. Критерии оценки проектов и их относительные веса, полученные расчетным и экспертным методами, отражены в таблице 1.

Расчетные зависимости для определения значений критериев оценки проекта представлены в диссертации. Обобщенная оценка проекта по критериям группы «Управляемость» производится по формуле:

$$Y = 0,4C_B + 0,2C_{CP} + 0,3C_{OC} + 0,1C_{HP} ,$$

оценка проекта по критериям группы «Финансовая привлекательность» определяется как  $ФП = C_{Ф}$ , а приоритет проекта в конечном итоге рассчитывается на основании оценки проекта по критериям как  $P = 0,8Y + 0,2ФП$ . По результатам проведения расчетов приоритетным считается проект, который по итогам расчета получил более низкий балл. Если при расчете приоритета проекты набрали равнозначное количество баллов, такие результаты пересчитываются с наибольшей точностью расчета.

Таблица 1 – Критерии оценки проекта

ГРУППА	ВЕС ГРУППЫ	КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ	ВЕС КРИТЕРИЯ
Управляемость ( $Y$ )	0,8	Важность заказчика ( $C_B$ )	0,4
		Соблюдение сроков по договорам ( $C_{CP}$ )	0,2
		Отставание по срокам от графика ( $C_{OC}$ )	0,3
		Наличие в плане НИОКР ( $C_{HP}$ )	0,1
Финансовая привлекательность ( $ФП$ )	0,2	Выручка от выполнения НИОКР ( $C_{Ф}$ )	1,0

Экспертное определение приоритета проекта осуществляется группой экспертов, в которую входят представители менеджмента предприятия-разработчика АТ. При определении важности проекта каждый эксперт проводит анализ поставленной цели проекта, оценивает материальные и нематериальные выгоды от достижения поставленной цели, определяет ограничения по достижению цели (организационные, финансовые, временные, кадровые, технологические, политические и др.), а также учитывает такие показатели, как выгода и ценность про-

екта для холдинга; влияние результатов проекта на поставочные контракты предприятий-производителей АТ, специальный контроль по исполнению проекта его руководством, социально-экономические, политические и иные результаты, ожидаемые от исполнения проекта. В случае не достижения группой экспертов консенсуса по важности проектов, перечень приоритетных проектов представляется на рассмотрение генеральному директору предприятия-разработчика, который определяет наиболее важные проекты и устанавливает последовательность их исполнения в порядке их важности.

В процессе производственного планирования проектными командами формируются проектные графики. А так как проектная команда или отдельный сотрудник могут параллельно участвовать в исполнении нескольких проектов, то предложено совершенствование процесса производственного планирования в направлении обеспечения слаженности и ритмичности хода всех производственных процессов, организации согласованной работы всех подразделений предприятия-разработчика авиационной техники для обеспечения равномерного выполнения проектов по номенклатуре при полном и рациональном использовании имеющихся экономических и производственных ресурсов на основе цикла развития DMAIC (Define – Measurement – Analyze – Improve – Control, Определение – Измерение – Анализ – Улучшение – Контроль), широко применяемого в различных отраслях промышленности. Показано, что цикл DMAIC на стадии «Измерение» предусматривает проведение оценки качества процесса производственного планирования на основе разработанной методики.

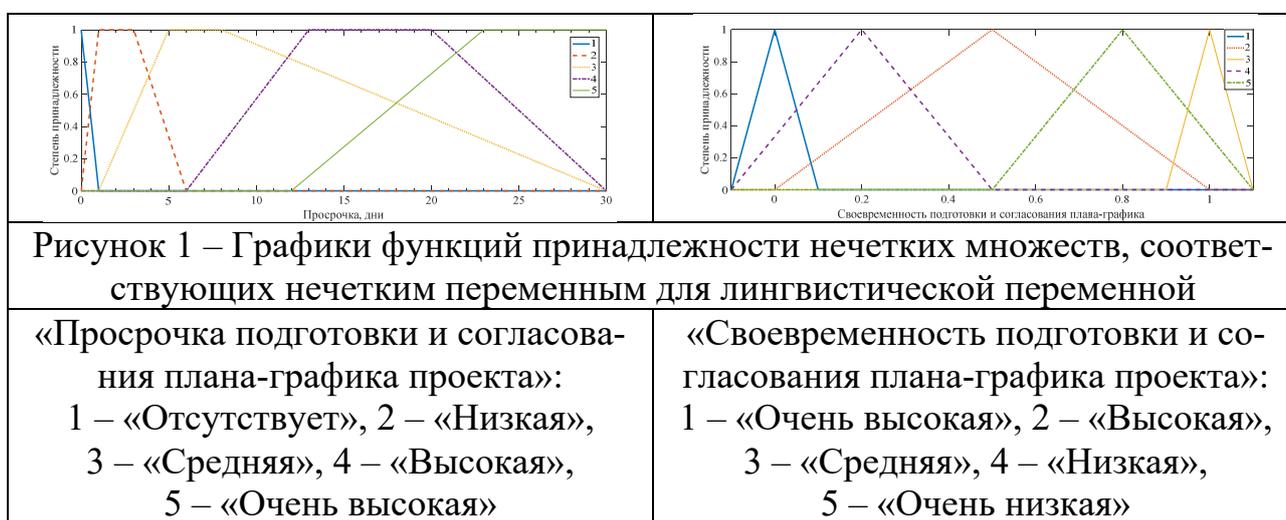
Оценку качества процесса производственного планирования предложено осуществлять на основе использования коэффициента качества планирования  $K_{\text{ПЛ}} = w_{\text{П}} \cdot K_{\text{ПОЛН}} + w_{\text{В}} \cdot K_{\text{ВЫП}}$ , включающего два критерия: критерий полноты планирования выполняющихся проектов  $K_{\text{ПОЛН}}$  и критерий выполнения плана за отчетный месяц (ритмичности)  $K_{\text{ВЫП}}$ , где  $w_{\text{П}}$ ,  $w_{\text{В}}$  – весовые коэффициенты, определяемые методом экспертных оценок. На текущем этапе внедрения методики оценки качества процесса производственного планирования значения весовых коэффициентов определены как  $w_{\text{П}} = 0,4$ ,  $w_{\text{В}} = 0,6$ , и в зависимости от производственной ситуации могут быть изменены в ту или другую сторону.

Критерий выполнения плана за отчетный месяц характеризует ритмичность работы структурных подразделений, и связывает планирование работ руководителем проекта с возможностью их выполнения опытным производством в установленный срок, требуя качественного обеспечения и сопровождения выполнения работ, и определяется по зависимости

$$K_{\text{ВЫП}} = \begin{cases} 0, & \text{если } N_{\text{ПЛАН}} = 0, \\ \frac{N_{\text{ВЫП}}}{N_{\text{ПЛАН}}}, & \text{если } N_{\text{ПЛАН}} > 0, \end{cases}$$

где  $N_{\text{ВЫП}}$  – количество полностью выполненных сдаточных позиций с плановым окончанием в отчетном месяце,  $N_{\text{ПЛАН}}$  – количество запланированных сдаточных позиций с плановым окончанием в отчетном месяце либо ранее.

В диссертации представлены зависимости для расчета коэффициента качества планирования и составляющих его критериев. Причем для расчета компонентов критерия полноты планирования выполняющихся проектов предложено использование системы нечеткого вывода. При этом введены две входные лингвистические переменные: «Просрочка подготовки и согласования плана-графика проекта» и «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту», а также две выходные лингвистические переменные: «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта», «Своевременность выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту». Для всех лингвистических переменных установлены области определения (универсумы), базовые терм-множества и составляющие их нечеткие переменные, а также соответствующие нечеткие множества с функциями принадлежности, описывающие возможные значения, которые могут принимать данные нечеткие переменные (рисунок 1).



Представлена интерпретация алгоритма Мамдани для рассматриваемого случая использования системы нечеткого вывода. Приведен практический пример работы разработанной системы нечеткого вывода, реализованной в среде Matlab R2016b с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox 2.2.24 для случая просрочки на 4 дня (рисунок 2). В рассматриваемом случае значение коэффициента своевременности подготовки и согласования плана-графика проекта (этапа проекта) и регистрации его в информационной системе управления проектами предприятия в статусе «Планируется» будет равно 0,576 в отличие от используемого на предприятии ранее подхода, когда при любом числе дней просрочки данный коэффициент имел значение 0,9. Зависимость значений данного коэффициента от количества дней просрочки, полученное с помощью разработанной системы нечеткого вывода, представлено на рисунке 3.

Разработана методика повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники, устанавливающая порядок распределения премии для подразделений предприятия по итогам результативности выполнения производственного плана предприятия за месяц.

Распределение премии производится на основе данных отчета по итогам ритмичности выполнения показателей исполнения производственного плана предприятия по детализированным сдаточным позициям и фактической загрузке подразделений плановыми работами (с признаком «П») в нормо-часах, сформированного планово-диспетчерским управлением предприятия. Причем доля работ по детализированным сдаточным позициям с признаком «П» для обеспечения ритмичности планируется на уровне 70 % мощности подразделения в человеко-часах или трудоемкости плановых работ в нормо-часах.

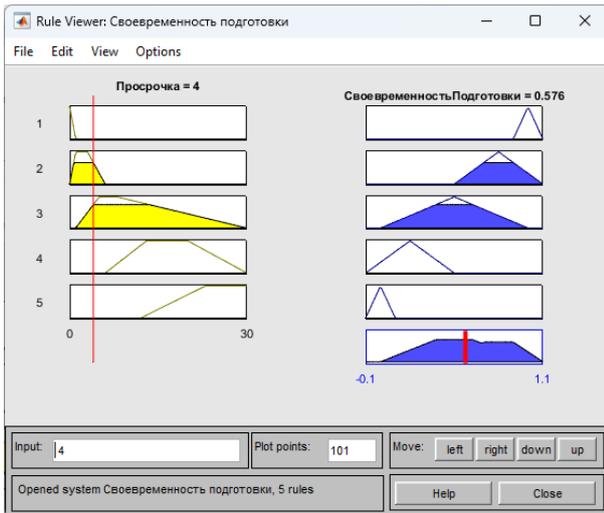


Рисунок 2 – Пример расчета значения коэффициента своевременности подготовки и согласования плана-графика  $i$ -го выполняющегося проекта в среде Matlab

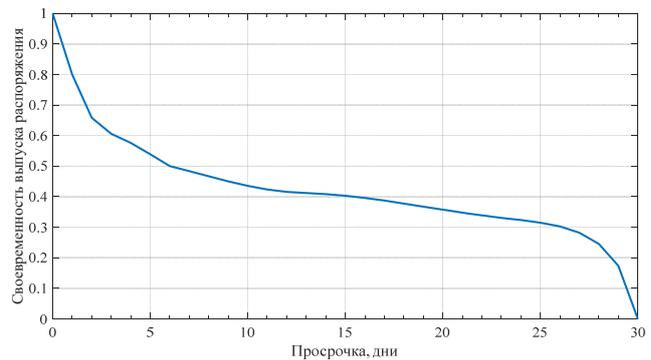


Рисунок 3 – Зависимость значений коэффициента своевременности подготовки и согласования плана-графика проекта (этапа проекта) от количества дней просрочки

При распределении премии по детализированным сдаточным позициям учитывается количество выполненных работ в штуках (единицах), по фактической загрузке плановыми работами (с признаком «П») – мощность в человеко-часах и трудоемкость в нормо-часах. До начала распределения премии, установленный бюджетным комитетом на текущий месяц, размер премии делится на две равные части УП. Расчет производится отдельно по каждой части: по ритмичному выполнению детализированных сдаточных позиций (ПИ) и по ритмичности фактической загрузки плановыми работами (ПИ2) (с признаком «П»). Общая премия  $ПИ_{\text{Общ}}$  рассчитывается путем сложения итоговых премий по сдаточным позициям и нормо-часам:  $ПИ_{\text{Общ}} = ПИ + ПИ2$ . Расчет премии производится отдельно по каждому подразделению предприятия. При расчете премии по итогам выполнения производственного плана учитывается коэффициент качества  $K_{\text{пл}}$ .

Например, доля расчетной премии ПИ в процентах за ритмичное выполнение детализированных сдаточных позиций с признаком «П» рассчитывается

по формуле:  $ПИ = РП + РО$ , где  $РП = \frac{ПП \cdot K_{14} \cdot УП}{100} \cdot K_{ПЛ}$  – премия за выполнение

детализированных сдаточных позиций с признаком «П»;  $РО = \frac{K_1 \cdot ОС}{100}$  – премия

за выполнение дополнительных сдаточных позиций;  $ПП = \frac{СП_{выпП}}{СП_{плП}} \cdot 100$  – про-

цент выполнения плана по детализированным сдаточным позициям с признаком «П», характеризующий ритмичность работы подразделения при реализации плана по детализированным сдаточным позициям с признаком «П». В представленных выше зависимостях  $K_{14}$  – выравнивающий коэффициент, исходное значение которого равно 1,4 и может быть изменено в результате практического использования методики на предприятии,  $K_1$  – коэффициент для распределения остатка по сдаточным позициям,  $ОС = УП - РП$  – остаток процента премии после распределения процента за выполнение детализированных сдаточных позиций с признаком «П»,  $СП_{выпП}$  – количество выполненных по плану детализированных сдаточных позиций с признаком «П»,  $СП_{плП}$  – количество запланированных детализированных сдаточных позиций с признаком «П». Расчетные зависимости для определения данных показателей, а также расчетной премии за ритмичность фактической загрузки плановыми работами ПИ2, представлены в диссертации.

**Четвертая глава** посвящена практической реализации концепции повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники.

Представлены основные мероприятия комплексной методики повышения качества процесса производственного планирования, реализующей разработанный инструментарий повышения качества процесса производственного планирования и обеспечения ритмичности производственного процесса предприятия-разработчика авиационной техники, система нормативных документов для исполнителей процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники, содержащая 15 локальных нормативных актов, описание модернизации архитектуры корпоративной ИСУП – Информационной Системы Управления Проектами, результаты практического применения разработанных методик на предприятии-разработчике авиационной техники.

Разработанная комплексная методика повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники предусматривает повышение качества процесса планирования на основе надлежащего и качественного исполнения следующих процессов:

- проектное планирование;
- производственное планирование.

В диссертации представлены подпроцессы, составляющие данные про-

цессы. Например, на рисунке 4 представлены процессы и подпроцессы управления проектом, реализуемые на различных стадиях жизненного цикла проекта.

Информационная система управления проектами (рисунок 5) предназначена для планирования, управления, анализа и контроля над основной деятельностью предприятия, как в рамках одного проекта, так и в рамках портфеля проектов всего предприятия.



Рисунок 4 – Процессы управления проектом на разных стадиях жизненного цикла

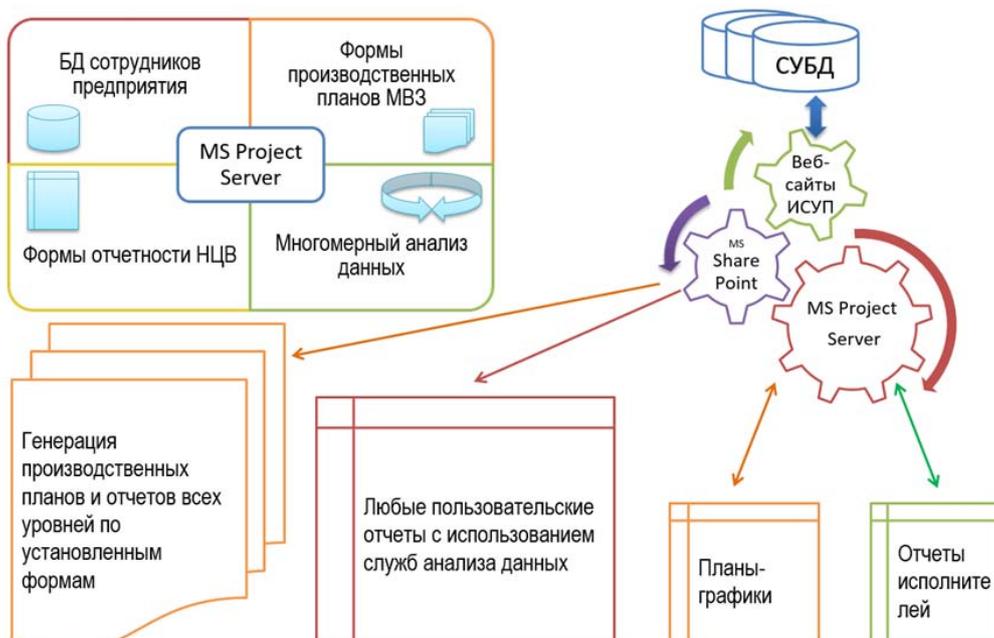


Рисунок 5 – Информационная система управления проектами

В результате модернизации архитектуры ИСУП получила возможность определять задачи, анализировать результаты, управлять трудовыми ресурсами, временем, финансами проекта, а также координировать портфели проектов и групповые трудовые ресурсы.

Комплексная апробация и внедрение предложенных научно-технических и организационных решений повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники осуществлены на предприятии АО «НЦВ Миль и Камов», входящем в холдинг «Вертолеты России». При этом в соответствии с поставленной целью работы достигнуто улучшение ряда критериев результативности и, в частности, ритмичности проектных работ: доля выполненных проектов в год (ритмичность работы) увеличилась на 30 % – с 44,9 % в 2018 г. до 74,8 % в 2023 г., доля работ по государственному оборонному заказу в общем количестве выполненных проектов в 2023 году доведена до 94 % против 45 % в 2018 г., рост коэффициента рационального использования трудовых ресурсов за период 2021-23 гг. составил более 8 %, с 2018 по 2023 год доля проектов по плану НИОКР выросла с 35 % до 73 %, за период 2021-23 гг. на 27,6 % увеличилась выручка предприятия и на 16 % снизились расходы предприятия вследствие уменьшения количества получаемых штрафов от невыполненных этапов проектов.

**В заключении** представлены итоги выполненного исследования, рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы.

**В приложении** представлены акты внедрения результатов работы на предприятиях холдинга «Вертолеты России» и в ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» и фрагменты системы нечеткого вывода значений критерия полноты планирования выполняющихся проектов в среде Matlab R2016b с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox 2.2.24.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе решена актуальная научная задача совершенствования инструментария повышения эффективности и качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники с целью обеспечения ритмичности реализации процессов проектирования авиационной техники, имеющая существенное значение для развития управления качеством продукции, стандартизации и организации производства, как отрасли знаний. В ходе решения поставленных задач получены следующие основные научно-практические результаты:

1. На основе проведенного научно-технического обзора и анализа проблемы повышения качества процесса производственного планирования на авиастроительных предприятиях-разработчиках, установлено, что одними из основных факторов, негативно сказывающихся на качестве производственного планирования процессов проектирования и производства авиационной техники, является недостаточно ритмичная работа предприятий-разработчиков вследствие неопределенностей, обусловленных частой сменой и модификациями выпускаемой продукции при постоянном сокращении сроков, выделяемых на

научно-техническую подготовку производства авиационной техники.

2. Предложена концепция повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники, предусматривающая разделение ресурсных возможностей предприятия-разработчика на две части в пропорциях 70 % – плановые работы, обязательные к выполнению 30 % – работы, выполняемые из дополнительного перечня работ и срочно возникающих работ. Реализация данной концепции в практике проектирования авиационной техники позволяет обеспечить результативность производственной деятельности предприятия-разработчика и организовать согласованную и ритмичную работу всех подразделений предприятия для равномерного выполнения проектов проектирования и производства воздушных судов по номенклатуре и при полном и рациональном использовании имеющихся экономических и производственных ресурсов.

3. Разработан инструментарий повышения качества процесса производственного планирования и обеспечения ритмичности производственного процесса предприятия-разработчика авиационной техники, включающий методики: планирования проектов предприятия-разработчика авиационной техники на основе трёхуровневой системы приоритетов проектов, оценки качества процесса производственного планирования по критериям полноты планирования выполняющихся проектов и ритмичности работы структурных подразделений при выполнении плана за отчетный месяц с использованием системы нечеткого вывода, повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники, устанавливающую порядок распределения премии для структурных подразделений по итогам оценки ритмичности выполнения производственного плана предприятия за месяц. Комплексная реализация разработанного инструментария в устойчивую практику предприятия-разработчика авиационной техники позволяет обеспечить слаженность и ритмичность хода всех производственных процессов с целью наибольшего удовлетворения основных потребностей заказчиков авиационной техники и повышения эффективности производственной деятельности предприятия. Например, выручка предприятия с 2021 по 2023 гг. увеличилась на 6 832 млн руб. при снижении расходов на 416 млн руб.

4. Разработанный инструментарий стандартизован в комплексной методике повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники, включающей систему нормативных документов для исполнителей процесса производственного планирования, содержащую 15 локальных нормативных актов – 6 стандартов организации и 9 инструкций, практическое применение которой позволяет повысить ритмичность деятельности структурных подразделений предприятия на основе надлежащего и качественного исполнения процессов проектного и производственного планирования на 16,9 %.

5. Развита архитектура информационной системы управления проектами

предприятия-разработчика авиационной техники, предназначенной для планирования, управления, анализа и контроля над основной деятельностью предприятия, как в рамках одного проекта, так и в рамках портфеля проектов всего предприятия, что позволило дополнить информационную систему функциями определения задач, анализа результатов, управления трудовыми ресурсами, временем, финансами проекта, а также координации портфелей проектов и групповых трудовых ресурсов.

6. Комплексная апробация и внедрение предложенных научно-технических и организационных решений повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники осуществлены на предприятии АО «НЦВ Миль и Камов», входящем в холдинг «Вертолеты России». При этом в соответствии с поставленной целью работы достигнуто улучшение ряда критериев результативности и, в частности, ритмичности проектных работ: доля выполненных проектов в год увеличилась на 30 % – с 44,9 % в 2018 г. до 74,8 % в 2023 г., доля работ по государственному оборонному заказу в общем количестве выполненных проектов в 2023 году доведена до 94 % против 45 % в 2018 г., рост коэффициента рационального использования трудовых ресурсов за период 2021-23 гг. составил более 8 %, с 2018 по 2023 год доля проектов по плану НИОКР выросла с 35 % до 73 %, за период 2021-23 гг. на 27,6 % увеличилась выручка предприятия и на 16 % снизились расходы предприятия вследствие уменьшения количества получаемых штрафов от невыполненных этапов проектов.

Научные и практические результаты диссертационного исследования рекомендуется применять при решении задач повышения эффективности и качества производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники, а также в учебном процессе подготовки магистров и аспирантов в области управления качеством производственного планирования и повышения квалификации инженерно-технических работников предприятий авиационно-космической отрасли. Результаты диссертационного исследования могут быть также востребованы на предприятиях и в проектных организациях машиностроительного профиля.

Перспективой дальнейшей разработки темы диссертации является дальнейшее совершенствование методик и инструментария повышения качества процесса производственного планирования в направлении повышения ритмичности проектной и производственной деятельности при создании широкого класса машин наземного, воздушного и водного транспорта, к которым предъявляются высокие требования к длительной и безопасной эксплуатации.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ИЗДАНИЯХ:**

### **Статьи в рецензируемых научных изданиях:**

1. **Фетисов М.Н.** Формализация процесса планирования работы проектно-конструкторской организации // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – Вып. 12. – С. 74-79.

2. **Фетисов М.Н.**, Васин С.А., Трушин Н.Н. Ранжирование проектов в портфеле заказов авиастроительного предприятия на основе квалиметрической оценки // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – Вып. 2. – С. 623-628.

3. Методика оценки качества процесса производственного планирования на авиастроительном предприятии / С.А. Васин, С.Н. Шевченко, **М.Н. Фетисов**, В.Ю. Анцев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2024. – Том 26. – № 3. – С. 23-33.

4. Васин С.А., Трушин Н.Н., **Фетисов М.Н.** Материальное стимулирование инженеров-конструкторов авиастроительного предприятия как инструмент обеспечения ритмичности проектной деятельности // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2024. – Т. 22. – № 3. – С. 121-130.

5. Моделирование процесса планирования производственной деятельности предприятия-разработчика авиационной техники / **М.Н. Фетисов**, С.А. Васин, В.Ю. Анцев, Н.В. Анцева // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – Вып. 5. – С. 147-152.

#### Статьи в прочих изданиях:

6. **Фетисов М.Н.** Автоматизация производственного планирования на авиастроительном предприятии // Вестник Тульского государственного университета. Автоматизация: проблемы, идеи, решения: сб. научных трудов национальной научно-техн. конференции с международным участием: АПИР-28, 13-15 ноября 2023 года. Тула: Изд-во ТулГУ, 2023. С. 286-290.

7. **Фетисов М.Н.**, Васин С.А., Трушин Н.Н. Проблемы и задачи производственного планирования авиастроительной отрасли // 60-я Научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ТулГУ с всероссийским участием: Сборник докладов конференции. Тула: Тульский государственный университет, 2024. С. 9-18.

8. **Фетисов М.Н.** Информационная система управления производством на авиастроительном предприятии // Молодёжный вестник Политехнического института. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2024. – С. 355-360.

9. **Фетисов М.Н.**, Васин С.А., Анцев В.Ю., Трушин Н.Н. Комплексный подход к обеспечению ритмичности и результативности производственной деятельности на предприятиях-разработчиках авиационной техники // XI Международный Аэрокосмический Конгресс: Тезисы докладов. М.: Издательство «Перо», 2024. – С. 114-115.

10. **Фетисов М.Н.** Обеспечение ритмичности производственного процесса предприятия-разработчика авиационной техники // Технологии и техника: пути инновационного развития: сб. научных статей 2-й Междунар. научно-техн. конф. Воронеж: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 441-443.

Подписано в печать 14.10.2024

Формат бумаги 70×100 1/16. Бумага офсетная.

Цифровая печать. Усл. печ. л. 1,6. Тираж 100 экз. Заказ 010а.

Отпечатано в Издательстве ТулГУ.

300012, г. Тула, просп. Ленина, 95