

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

На правах рукописи

ФЕТИСОВ Михаил Николаевич



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

2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.
Организация производства

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

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

Тула – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	13
1.1 Проблематика оптимальной организации и эффективного планирования промышленного производства	13
1.2 Основные положения производственного планирования на машиностроительных предприятиях	18
1.2.1 Подходы к обеспечению устойчивого развития промышленных предприятий	20
1.3 Особенности производственного планирования на авиастроительных предприятиях	23
1.3.1 Проектный подход в производстве авиационной техники.....	25
1.4 Актуальные задачи обеспечения качества процесса планирования производственной деятельности на предприятиях-разработчиках авиационной техники.....	29
1.5 Проблема обеспечения ритмичного производственного процесса на авиастроительном предприятии	32
1.6 Выводы	35
2 КОНЦЕПЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ- РАЗРАБОТЧИКАХ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ	38
2.1 Статистический анализ ритмичности работы проектных подразделений предприятия-разработчика авиационной техники	38
2.1.1 Факторы, влияющие на результативность планирования производственной деятельности	41

2.2	Моделирование процесса планирования производственной деятельности предприятия-разработчика авиационной техники	44
2.2.1	Модель процесса производственного планирования «как есть»	49
2.2.2	Модель процесса производственного планирования «как надо»	52
2.3	Основные направления концепции повышения качества процесса планирования производственной деятельности	53
2.4	Формализация процесса производственного планирования предприятия-разработчика авиационной техники.....	55
2.5	Выводы	59
3	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-РАЗРАБОТЧИКА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ.....	61
3.1	Управление ритмичностью производственного процесса на основе приоритетности ресурсонаделения реализуемых проектов	61
3.1.1	Ранжирование проектов	62
3.1.2	Квалиметрическая оценка приоритетности ресурсонаделения реализуемых проектов.....	66
3.1.3	Оптимизация процесса планирования проекта	72
3.2	Оценка качества планирования производственной деятельности предприятия-разработчика авиационной техники	74
3.2.1	Определение коэффициента качества планирования за отчетный месяц.....	75
3.2.2	Система нечеткого вывода значений критерия полноты планирования выполняющихся проектов	79

3.3	Мотивация инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники.....	88
3.3.1	Расчет части премии по итогам выполнения детализированных сдаточных позиций	92
3.3.2	Расчет части премии по итогам выполнения нормо-часов.....	96
3.3.3	Расчет общей премии	98
3.4	Выводы	99
4	Практическая реализация результатов исследований.....	101
4.1	Комплексная методика повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники.....	101
4.2	Система нормативных документов для исполнителей процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники.....	105
4.3	Информационная система управления проектами предприятия-разработчика авиационной техники.....	108
4.4	Результаты комплексной апробации и внедрения предложенных научно-технических и организационных решений на предприятии-разработчике авиационной техники.....	115
4.5	Выводы.....	123
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	125
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	125
	Приложение А Система нечеткого вывода значений критерия полноты планирования выполняющихся проектов в среде Matlab R2016b с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox 2.2.24	145
	Приложение Б Акты о внедрении результатов диссертационного исследования	148

ВВЕДЕНИЕ

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 наделения 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 «Тульский 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

результатов 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: [133] – разработана методика ранжирования проектов предприятия-разработчика авиационной техники; [82] – разработана методика оценки качества процесса производственного планирования и введен коэффициент качества планирования; [29] – разработана методика повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники; [85] – проведено визуальное моделирование процесса производственного планирования акционерного общества «НЦВ Миль и Камов»; [134] – разработан механизм применения проектного подхода к организации и осуществлению процесса производственного планирования; [132] – 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.

1 АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

1.1 Проблематика оптимальной организации и эффективного планирования промышленного производства

Проблематика оптимальной организации и эффективного планирования промышленного производства, обеспечения ритмичного хода производственного процесса на промышленных предприятиях с серийным и массовым выпуском продукции начала интенсивно изучаться и широко освещаться в СССР еще примерно 70 лет назад [24, 52, 105, 111, 115].

Анализ отечественных научных, практических и учебных работ, которые были опубликованы за указанный период, начиная с 1950-х гг., показали, что все публикации по тематике исследования разделяются на две большие группы. Первая группа работ – это фундаментальные исследования, учебники и учебные пособия, в которых сформулированы и изложены базовые принципы, концепции, методы, способы планирования функционирования промышленных предприятий, в том числе и машиностроительных. Вторая группа работ в области организации и планирования промышленного производства связаны с какими-либо исследованиями частного (конкретного) характера, обусловленные изменениями в социально-экономической ситуации в стране. Эти изменения сначала были обусловлены переходом экономики на рыночные методы хозяйствования в 1990-е гг. В более позднее время необходимость модификации и модернизации фундаментальных принципов и методов организации и планирования российского производства стала вынужденной в результате деструктивных действий недружественных России промышленно развитых государств.

В работе [115] представлено теоретическое обоснование методов календарно-нормативных расчетов для различных типов производства. В работе

[105] на основе обобщения планового опыта передовых советских предприятий рассматриваются содержание технико-экономического планирования на промышленном предприятии, задачи и пути дальнейшего его совершенствования, освещаются структура и функции планового аппарата, содержание и методики разработки планов с различным горизонтом планирования. Специальное внимание в работе [105] было отведено проектированию планов выпуска продукции, эффективному использованию материальных и нематериальных ресурсов предприятия, совершенствованию процессов материально-технического снабжения, снижению себестоимости продукции и повышению рентабельности производства.

В монографии [24] излагаются модели и методы расчета параметров работы поточных линий на машиностроительных предприятиях. В учебнике [111] рассмотрены основы теории и практики организации производства в машиностроении, организация производственного процесса, типы производства, особенности организации автоматических линий и цехов, гибких производственных систем, стадий основного производства, а также организация и планирование комплексной подготовки производства. Значительное внимание в данных работах уделено оперативному управлению основным производством и нормативным технико-экономическим расчетам.

Отметим также, что результаты ранних исследований в области оптимального планирования производства и обеспечения его ритмичности были представлены также в работах [2, 17, 69]. В этих работах давались толкования понятия «ритмичность производства», а также методы количественной его оценки. Интерес к ритмичности производства объясняется тем, что многими отечественными специалистами в области организации производства и управления качеством продукции неоднократно подчеркивается, что неритмичность производственного негативно влияет практически на все экономические показатели предприятия.

Достаточно глубокие теоретические и эмпирические исследования в области планирования и обеспечения ритмичного производства изложены в монографиях [46, 66]. Положения, представленные в последних работах, продолжают оставаться актуальными и в настоящее время.

В работе [69] освещаются достаточно революционные для своего времени задачи реформирования социалистических методов хозяйствования. Автор предлагал дать предприятиям реальную экономическую самостоятельность, смелее и шире использовать методы рыночной экономики.

В работе [91] рассматриваются методики и практики осуществления экономической деятельности, фундаментальные проблемы функционирования производственного объединения (предприятия), освещаются различные аспекты и задачи совершенствования системы управления и перспективного планирования деятельности объединения (предприятия), вопросы оптимизации управленческих решений.

В более поздних работах 1980-х гг. [88, 95, 106, 139] акцент делается на автоматизацию информационной поддержки процедур организации и планирования производства. В этих работах рассмотрены, в частности, формы программно-целевой организации и организационно-технологические аспекты гибких (переналаживаемых) производственных систем (ГПС) машиностроительных предприятий, рассматриваются задачи оперативно-календарного планирования и управления работой ГПС. В работе [6] освещаются методы решения широкого комплекса задач организации и подготовки промышленного производства – от научных исследований до серийного или массового выпуска продукции. Особое внимание автор уделяет на качественно новые методы освоения новой техники и технологии (для своего времени существования и исследований), основанные на фундаментальных принципах системности и преемственности.

В начале XXI века прослеживается новый этап развития методов организации и планирования промышленного производства. Новые разработки естественным

образом базируются на фундаменте, заложенном во второй половине XX века. В фундаментальной работе [32] рассматриваются принципиальные аспекты управления качеством продукции и услуг. Одно из основных и обязательных условий успешного внедрения методологии Всеобщего управления качеством (Total Quality Management – TQM) – личная заинтересованность в этом руководства предприятия [28]. В учебнике [90] акцент делается на переход предприятий на инновационный путь развития и распространение системы менеджмента качества от уровня предприятия до уровня страны, что является залогом благосостояния населения.

В работах [61, 62] проанализированы современные тенденции в обеспечении технологической готовности предприятий к созданию инновационной наукоемкой продукции и сложных технических систем, сравниваются методы, используемые в России и промышленно развитых государствах. В этих работах рассматривается аспект, что успешное управление персоналом – это одно из основных слагаемых эффективности любого бизнеса, оно напрямую зависит от профессионального внедрения в компаниях современных управленческих технологий. Автором рассматривается Программа по управлению кадровым ресурсом Э. Деминга: основные обязанности менеджера по персоналу, выстраивание системы отношений между компанией и персоналом, повышение компетенции сотрудников, создание климата доверия в коллективе.

В работах [60, 124] рассматриваются результаты разработки модернизированной концепции обеспечения статистически управляемых процессов контроля и мониторинга качества комплектующих в автосборочном производстве, которые, в принципе, могут быть распространены и на другие отрасли машиностроения. В работах [4, 26, 53] представлены этапы развития методов менеджмента качества и всеобщего управления качеством, результаты решения комплексной научно-технической проблемы разработки и реализации инструментов управления техническими рисками в системах проектирования и производства сложной наукоемкой продукции. В работе [18] сделан обзор методов

управления качеством и разработки систем менеджмента качества в соответствии с возможностями цифровых технологий, проанализированы цифровые технологии, использование которых совместно с методами менеджмента качества позволит улучшить функционирование процессов на предприятиях. В работе [19] рассмотрены основные факторы, влияющие на успешность модернизации информационно-телекоммуникационных систем (ИТС), которые, в свою очередь, являются основой информационных систем управления предприятием (ИСУП).

В работах [15, 119, 120] представлены результаты исследований по реализации методов квалиметрии и экспертных оценок в организации технологической подготовки машиностроительного производства. В этих работах было изложено основное содержание методологии формирования оптимальной организационно-технологической структуры машиностроительного производственного процесса, которая складывается в результате комплексного решения ряда ключевых задач по организации и подготовке производства.

В работе [9] рассматривается необходимость цифровизации процесса разработки технологической документации в связи с постоянно возрастающими требованиями стандартов, потребителей и увеличивающейся скоростью изменения процессов. Авторами предложена структурная четырехуровневая модель создания программного обеспечения для разработки технологической документации. Предлагаемая модель должна осуществляться в единой информационной среде управления предприятием (ИСУП) и позволяет сократить время на разработку технологической документации, уменьшить трудоемкость проектных работ, проводить изменения сразу во всех производственных документах.

Многие российские специалисты в области организации производства и управления качеством продукции ссылаются на научное наследие широко известного японского менеджера Г. Тагути (G. Taguchi) [98, 126], которое посвящено обеспечению качества промышленной продукции методами робастного проектирования.

1.2 Основные положения производственного планирования на машиностроительных предприятиях

Главная задача, которая стоит перед российской промышленностью, – создать условия для качественного ее роста. Реализация отечественной промышленной политики осуществляется в условиях воздействия широкого комплекса рисков, в том числе макроэкономических (глобального и национального уровня), технологических, социальных. Для улучшения показателей российской экономике необходимо повышать производительность труда, технологический уровень промышленности, быстрее внедрять новые разработки в производство. Необходимость дальнейшего совершенствования механизмов формирования и реализации промышленной политики объясняется складывающейся макроэкономической ситуацией и поставленными стратегическими задачами [74].

Мировой драйвер интенсивного экономического развития – возрастание значимости наукоёмких производств в структуре обрабатывающих отраслей промышленности [67]. Машиностроение как ведущая обрабатывающая отрасль является основой промышленности и источником разностороннего роста национальных экономик. Современные машиностроительные предприятия характеризуются высокой стоимостью своих компонентов, функциональной и структурной сложностью, многовариантностью возможных технических, технологических, плановых и организационных решений, необходимостью поиска в кратчайшие сроки оптимального решения для конкретного заказчика. Последнее обстоятельство получило наименование «кастомизация производства» или «индивидуализированное производство», характерные свойства и преимущества которого неоднократно и достаточно подробно рассмотрены в зарубежных и отечественных публикациях [25, 42, 103]. В условиях индивидуализированного основной задачей при планировании проектно-конструкторских работ является формирование совокупности конструкторской, технологической, эксплуатационной и другой необходимой документации в заданные сроки и при

минимальных издержках [131]. А поэтому в сложившихся технико-экономических условиях необходимо создание новых и модернизации существующих методов организации, планирования и подготовки машиностроительных производств [73].

Проблематика и особенности различного рода наукоёмких производств рассматриваются во многих публикациях, например, в [1, 39, 41, 65, 67, 80, 99, 113, 136]. Выпуск наукоёмкой продукции связан с проведением большего объёма теоретических расчётов, научных исследований и экспериментов. Наукоёмкие производства также сопровождаются большими объёмами инженерно-графических работ при разработке конструкторских и технологических документов. Основная часть затрат при создании сложных изделий приходится на разработку оптимальных схмотехнических и конструктивных решений, создание новых конструкционных материалов, обеспечение требуемой надёжности, экологической чистоты, эргономических требований, безопасности эксплуатации и технического обслуживания. Представленная в отмеченных работах статистика показывает, что численность научного персонала в структуре наукоёмкого производства оставляет не менее 30-40 % от всей численности работников.

Таким образом, общими свойствами и характеристиками наукоёмких отраслей промышленности и предприятий являются:

- мощная конструкторско-технологическая платформа;
- более высокие темпы роста относительно темпов роста других отраслей экономики (в среднем в три-четыре раза);
- повышенная доля добавленной стоимости в продукции;
- достаточно высокая заработная плата работающих;
- наличие уникальных трудовых коллективов с большой долей научных и высококвалифицированных инженерно-технических работников;
- большой объём объектов интеллектуальной собственности в активах предприятий;
- разветвлённая внутриотраслевая и межотраслевая кооперация между предприятиями;

- высокая степень неопределённости в процессах организации, планирования и управления;
- непрерывные инвестиционные процессы;
- крупные объёмы экспорта;
- высокий инновационный потенциал для своего дальнейшего развития.

Перечисленные основные свойства наукоёмких производств предъявляют и специальные требования к их организации и планированию. Так, например, эти специальные требования отражены в ГОСТ Р 56518-2015 «Техника космическая. Требования к системам менеджмента качества организаций, участвующих в создании, производстве и эксплуатации», который регламентирует к требованиям к системам менеджмента качества организаций, участвующих в создании, производстве и эксплуатации космической техники. Положения данного стандарта в полной мере могут быть использованы и на авиастроительных предприятиях.

1.2.1 Подходы к обеспечению устойчивого развития промышленных предприятий

Проблемы и задачи устойчивого развития промышленных предприятий рассматриваются во многих отечественных и зарубежных публикациях. Так, например, в монографии [23] рассматривается систематизация ключевых условий обеспечения устойчивого развития компании. В данной работе отмечается, что, во-первых, компания должна быть устойчивой в каждом из направлений своего развития: экономического, социального и экологического. Во-вторых, развитие компании должно отвечать концепции устойчивого развития, основанной на сбалансированности экономического, социального и экологического путей развития. Соответственно, в структуре потребностей и ожидания общества от деятельности компании выделяются три вида ее ответственности перед обществом: экономическая ответственность, социальная ответственность, экологическая ответственность. В свою очередь, в части социальной ответственности компании

перед обществом существует такой элемент этой ответственности как «Уровень заработной платы».

В монографии [23] с системных позиций рассматриваются внутренние и внешние механизмы-регуляторы обеспечения устойчивого развития компании, которые могут оказывать прямое или косвенное действие на процессы компании. Мотивация сотрудников компании, которая содержит смешанные формы материального и нематериального вознаграждения за труд, в соответствии с представленными в монографии моделями относится к внутренним инструментам-регуляторам косвенного действия.

Материальное стимулирование работников компании является доминирующим методом среди всех возможных методов вознаграждения работников за результаты своего труда. Проблематика материального стимулирования работников промышленных предприятий также многократно рассмотрена в научных работах, методических и учебных пособиях отечественных и зарубежных ученых и практиков. В этой связи отметим монографию [84], в которой не только освещаются фундаментальные проблемы и задачи материального стимулирования труда, но и приводятся обширные списки публикаций (по состоянию на 2007 г.) по отдельным направлениям данной проблематики. Очевидно, что со времени издания данной монографии количество публикаций по методам и методикам материального стимулирования работников промышленных предприятий еще более увеличилось.

Особое место в методологии материального стимулирования отводится методам и способам поощрения работников машиностроительных предприятий. Это обусловлено тем объективным обстоятельством, что машиностроительное производство является основой социально-экономического развития государства [120]. Экономическую мощь страны в первую очередь обуславливают именно предприятия тяжелой промышленности и предприятия с наукоемким характером производства. В наукоемких производствах доля интеллектуального труда инженеров и исследователей в конечной продукции достигает до 40-60 % [1, 41, 134,

136]. К наукоемким предприятиям относятся, в частности, предприятия авиационной промышленности и автомобилестроения, электронной и электротехнической промышленности, кораблестроительные предприятия, предприятия военно-промышленного комплекса и многие другие. При этом доля наукоемких производств в мире резко увеличилась за последние 50 лет во многом благодаря взрывному развитию электротехники и электроники, а на их основе разнообразных мехатронных систем.

Современные летательные аппараты и другая авиационная техника в полной мере может быть отнесены к мехатронным системам, поскольку они глубоко насыщены средствами авионики и другими сложными системами (механическими, электрическими, гидравлическими). Национальный центр вертолетостроения «Миль и Камов», который является ведущим российским предприятием-разработчиком вертолетов, в полной мере является наукоемким предприятием, в котором работают высококвалифицированные инженеры-конструкторы и инженеры-исследователи, создающие передовые образцы вертолетов различного назначения. Наличие многочисленного коллектива работников интеллектуального труда – конструкторов, технологов, расчетчиков, исследователей, испытателей – накладывает свои особенности на решение задач справедливого материального обеспечения и стимулирования. Прямой перенос методик материального стимулирования рабочего персонала не является рациональным решением, поскольку специфика инженерного труда кардинально отличается от содержания труда рабочих.

Совершенствование методик материального стимулирования проектно-конструкторских работ и инженеров-конструкторов рассмотрены, например, в [40, 47, 122, 121, 123]. Так, в работе [122] предлагается система оценок качества, на основе которых формируется премиальное обеспечение инженерно-технических работников промышленного предприятия. В работе [47] рассматривается методика проектирования оптимально-согласованной системы материального

стимулирования работников конструкторских отделов в условиях выполнения сторонних заказов.

В работе [40] освещаются основные положения системы стимулирования инженеров-конструкторов, внедренной в ОАО «Амкодор» (Республика Беларусь). В этой работе отмечается, что применяемые на машиностроительных предприятиях и рекомендуемые в научной и нормативной литературе подходы к стимулированию труда традиционно сводятся к установлению различных надбавок к окладам конкретных сотрудников и премированию за достижение плановых показателей по отдельным категориям работников предприятия. Результативность деятельности конструкторской службы при разработке новой техники наиболее полно и объективно характеризуется двумя показателями: 1) соблюдение плановых сроков выполнения конструкторских работ; 2) обеспечение качественной разработки конструкторской документации.

Анализ публикаций также показал, что за последние годы в России было сделано достаточно большое количество исследований в области стимулирования инженерно-технических работников (ИТР). В настоящее время могут быть в той или иной мере востребованы разработки советских специалистов, поскольку они ориентированы на строгую зависимость вознаграждения от результатов работы сотрудника и соответствует запросам рыночной экономики [121].

Инженерный труд, как и любой творческий труд, при нормировании, планировании и организации, очень сложно поддается количественному измерению, но это необходимо для расчета переменной части оплаты труда, к которым относятся материальные стимулы [121]. Таким образом, несмотря на достигнутые результаты в области материального стимулирования ИТР, всё-таки еще необходимы исследования, позволяющие дать необходимую количественную оценку материальному вознаграждению.

1.3 Особенности производственного планирования на авиастроительных предприятиях

Авиастроение является одной из ведущих отраслей машиностроения России, обладающей громадным научно-техническим потенциалом. С момента своего появления авиастроение играет роль одного из драйверов развития мировой и отечественной экономики [75]. Однако в сфере авиастроения России существуют серьёзные проблемы. Во-первых, парк отечественных самолетов и вертолётов морально и физически устарел, но его обновление объективно не может быть быстрым. Во-вторых, в ряде случаев для новых разработок необходимо преодолеть отставание от зарубежных аналогов по некоторым экономическим показателям, что также требует дополнительных ресурсов. В-третьих, авиастроительная отрасль испытывает колоссальное санкционное давление со стороны недружественных государств, отказавшихся от сотрудничества с российскими предприятиями и ранее взятых обязательств. В-четвёртых, научно-технический и конструкторский потенциал российской авиапромышленности испытывает проблемы, все острее становится дефицит научных и инженерных кадров в области авиастроения.

Исходя из сложившихся технико-экономических условий российским авиастроительным предприятиям необходимы интенсивные разработки инновационных методов проектирования, организации планирования и производства пилотируемой и беспилотной авиационной техники. Именно поэтому 25 июня 2022 г. Правительством Российской Федерации была утверждена «Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли до 2030 г.» [57], которая в редакции от 4 мая 2024 г. предусматривает выпуск и поставку авиакомпаниям 990 самолетов и 765 вертолетов с быстрой локализацией в России производства ранее не производившихся авиационных агрегатов.

Сложившаяся структура крупного авиастроительного холдинга «Вертолеты России» включает в себя предприятие-разработчик и предприятия-производители [59]. Предприятие-разработчик АО «НЦВ Миль и Камов» (НЦВ) выполняет

основной объём проектно-конструкторских работ по созданию новой и модернизации эксплуатируемой авиационной техники. Производственные возможности предприятия-разработчика ограничены рамками изготовления отдельных опытных образцов вертолетов. Серийное производство новой авиационной техники, ее ремонт и модернизацию осуществляют предприятия-производители, которые в своей производственной деятельности руководствуются технической документацией, поступающей от предприятия-разработчика. Очевидно, что любой сбой в работе цепочки «предприятие-разработчик – предприятие-производитель» приводит к срыву производственных заданий и государственных заказов.

В отношении авиастроительной промышленности в полной мере действуют признаки и свойства наукоёмкого производства, так как авиапромышленность изготавливает свою продукцию – самолёты и вертолёт – исключительно на базе последних достижений науки и техники. При этом, по мнению профильных специалистов, работающих в области вертолётостроения, вертолёт по сравнению с самолётами являются ещё более наукоёмкими изделиями, что обусловлено чрезвычайно сложными аэродинамическими процессами, сопровождающими полёт вертолёта. Данное обстоятельство тоже привносит свои специфические аспекты в процессы научно-технической подготовки производства вертолётостроения.

1.3.1 Проектный подход в производстве авиационной техники

Машиностроение в целом, а авиастроение в частности, являются теми отраслями экономики, функционирование которых осуществляется на принципах проектного подхода. Организация производства машин – это сложная управленческая задача, тем более, что за последние сто лет наблюдается экспоненциальный рост сложности технических изделий. Это обстоятельство обусловлено интенсивным развитием электротехники, электроники, радиотехники. Успехи в перечисленных отраслях позволили получить новые, ранее не

достижимые, свойства технических изделий, но при одновременном их усложнении.

Эффективным методом реализации идей, доведения их до практического использования в необходимые сроки и с минимальным расходом материальных и финансовых ресурсов является проектный подход к организации и осуществлению управления. Как отмечают специалисты в области научного менеджмента, основными недостатками при организации и планировании машиностроительного производства являются перерасход ресурсов, невыполнение сроков производства, несоответствия в конструкциях изделий и технологических процессах и, как следствие, низкое качество продукции [101].

В работе [107] отмечается, что рамочные положения управления корпоративными проектами в методологической части, определяются стандартами общего характера, такими, как стандарты Американского института управления проектами (PMI) – Project Management Body of Knowledge (PMBoK), международные стандарты ISO 10006:1997 и ICB (International Competence Baseline), британский стандарт PRINCE2 – PRojects IN Controlled Environments 2, японский стандарт управления проектами A Guidebook of Project and Program Management for Enterprise Innovation (P2M). Российские стандарты в сфере проектного менеджмента представлены следующими регламентными документами: ГОСТ Р 54869-2011 «Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом», ГОСТ Р 54870-2011 «Проектный менеджмент. Требования к управлению портфелем проектов» и ГОСТ Р 54871-2011 «Проектный менеджмент. Требования к управлению программой».

Как также отмечается в [107], в соответствии с положениями PMBoK проектный менеджмент построен на процессах управления, разделенных на пять групп: инициация, планирование, исполнение, мониторинг и управление и завершение проекта. При этом зарубежные стандарты детализируют подходы к проектному менеджменту, т. е. выделяют и описывают организационные структуры, входы и выходы процессов управления, области знаний и т. д. В тоже

время ГОСТ Р 54869-2011 определяет следующие функциональные области проектного управления: управление временем; управление содержанием; управление затратами; управление рисками; управление персоналом; управление заинтересованными сторонами; управление поставками; управление качеством; управление обменом информацией; управление интеграцией.

Необходимо отметить, что в своей деятельности многие компании неизбежно переходят к управлению по корпоративным стандартам, которые детализируют положения рамочных стандартов. Такие корпоративные стандарты регламентируют специальные методики в сфере проектной деятельности конкретного предприятия. При этом особенности предприятия необходимо определить в четко сформулированных понятиях и положениях, измеримых индикаторах деятельности, методиках и т. п. Также корпоративный стандарт выделяет и описывает организационные структуры, входы и выходы процессов управления, области знаний и иные объекты проектной деятельности [100].

Аналогичные подходы используются и в системе менеджмента на предприятиях холдинга «Вертолеты России», в котором была разработана иерархическая система универсальных и специальных локальных нормативных актах (ЛНА): «Положение о проектной деятельности», «О планировании производственной деятельности», «Порядок исполнения и контроль исполнения производственного плана», «План-график проекта», «Кодификатор заказов» и ряда других. При этом реализация процедур организации и планирования проектов, управления проектной деятельностью осуществляется в том числе и на основе методологии управления программными процессами и вычислительными ресурсами, используемыми в операционных системах ЭВМ [35, 112].

Сущность проектно-ориентированного управления деятельностью предприятия-разработчика авиационной техники состоит в управлении портфелем проектов как интегрированной совокупностью отдельных проектов, к которым применяются универсальные и специальные принципы и методы управления проектами.

Причем, как отмечается рядом исследователей, применение проектного подхода на авиастроительных предприятиях должно осуществляться в рамках всех этапов жизненного цикла авиационной программы, где под программой понимается не только совокупность проектов, но и совокупность продуктов данной программы [42, 71].

Проектное планирование в соответствии с локальными нормативными документами предприятия-разработчика базируется на следующих принципах, широко представленных в литературе [30, 46, 54, 65, 105, 115, 134 и др.].

Принцип необходимости планирования – необходимо повсеместно и обязательно применять планы при выполнении любого вида трудовой деятельности.

Принцип непрерывности – планирование на предприятии должно осуществляться без перерывов, и разрабатываемые планы должны органично приходить на смену друг другу.

Принцип гибкости – планы и весь процесс планирования должны обладать способностью изменять свою направленность в случае возникновения изменений внутреннего или внешнего характера.

Принцип точности – разрабатываемый план должен быть достаточно точным для решения возникающих проблем. Степень точности плана зависит от горизонта планирования: чем он ближе, тем выше степень точности.

Принцип участия – каждый элемент производственной деятельности, каждое подразделение предприятия-разработчика является участником планирования.

Принцип обоснованности целей и нацеленности на конечный результат деятельности – все подразделения предприятия-разработчика имеют единую конечную цель, а реализация этой цели является приоритетной производственной задачей.

В процессе планирования проектной деятельности разрабатываются производственные планы, характеризующиеся следующими временными горизонтами (периодами). *Среднесрочный план* разрабатывается, как правило, на 3 года, проекты

среднесрочного плана имеют статус «Прогнозируется», «Планируется» или «Выполняется». *Квартальный, или текущий, план* разрабатывается для каждого структурного подразделения и включает проекты со статусом «Выполняется», детализированные до конкретных работ. Таким образом, текущий план конкретизирует среднесрочный план и детализирован по месяцам.

1.4 Актуальные задачи обеспечения качества процесса планирования производственной деятельности на предприятиях-разработчиках авиационной техники

В реальной практике работы подразделений основного и вспомогательного производства авиационных предприятий используется большое множество показателей, отражающих различные свойства и качество производственной деятельности. В качестве показателей производственной деятельности могут быть использованы следующие, указанные в [84]:

- процент выполнения плана производства продукции;
- величина производительности труда;
- комплектность изделий;
- ритмичность работы;
- качество изделий;
- качество работы исполнителей;
- трудовая дисциплина;
- чистота и культура производства;
- соблюдение техники безопасности и другие.

Каждый из показателей отражает эффективность и качество по тому или иному направлению деятельности предприятия и имеет свой физический смысл, размерность и величину [84]. Поэтому на практике необходимы определенные алгоритмы «свертки» показателей к некоторому единому критерию Ψ , который в дальнейшем можно использовать в известных однопараметрических моделях

экономического стимулирования. Для этого в работе [84] предлагается трехуровневая система показателей, приведенная на рисунке 1.1, и свертка критериев по одному из приведенных ниже алгоритмов:

$$\Pi_1 = \beta_1 \cdot Y_{11} + \beta_2 \cdot Y_{12},$$

$$\Psi = \beta_1 \cdot \beta_2,$$

где β_1 и β_2 – весовые коэффициенты относительной важности.

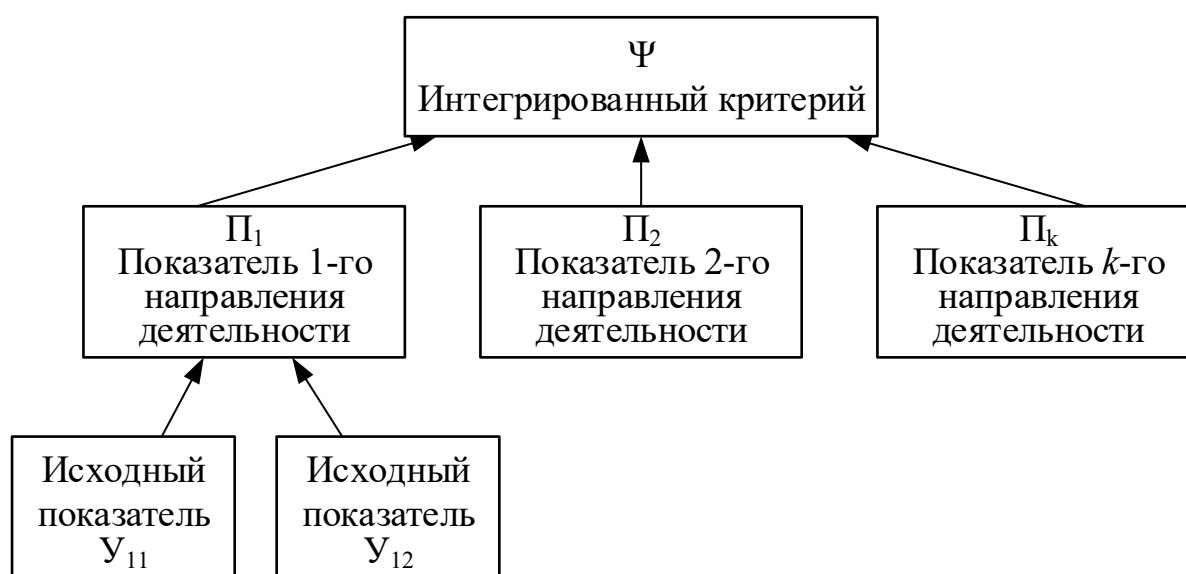


Рисунок 1.1 – Дерево показателей оценки эффективности в многопараметрических системах стимулирования

После получения оценок Π_i рассчитывается интегральный показатель Ψ [84], используя алгебраическую

$$\Psi = \beta_1 \cdot \Pi_1 + \beta_2 \cdot \Pi_2 + \dots + \beta_k \cdot \Pi_k,$$

или мультипликативную свертку

$$\Psi = \Pi_1 \cdot \Pi_2 \cdot \dots \cdot \Pi_k,$$

где β_i – коэффициенты относительной важности.

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 [5, 68, 78, 89].

Применение методов нечеткой логики для оценки качества процесса планирования производственной деятельности позволяет:

- закладывать в информационное поле нечеткого вывода априорный опыт специалистов, занимающихся вопросами производственного планирования;
- извлекать знания при использовании нечеткого представления информации;
- оценивать согласованность экспертных оценок.

Реализация нечеткой логики предполагает использование нечетких и лингвистических переменных, описание которых широко представлено в литературе, например, [10, 44, 68, 104, 141, 142]. На их основе строятся соответствующие системы нечеткого вывода.

Процесс нечеткого вывода реализуется поэтапно в соответствии с различными алгоритмами. Одним из наиболее часто используемых в системах нечеткого вывода алгоритмов является алгоритм Мамдани, который предусматривает выполнение следующих этапов [10, 49, 68, 141]:

- формирование базы правил;
- фаззификация;
- агрегирование подусловий;
- активизация подзаключений;
- аккумулярование заключений;
- дефаззификация.

Практически данный алгоритм реализован в ряде программных продуктов, например, Fuzzy Logic Toolbox в среде Matlab [68], с использованием которого целесообразно построение системы нечеткого вывода, решающей задачи обеспечения качества процесса планирования производственной деятельности на предприятиях-разработчиках авиационной техники.

1.5 Проблема обеспечения ритмичного производственного процесса на авиастроительном предприятии

Исследованию содержания понятия «Ритмичность производственного процесса» с точки зрения обеспечения качества продукции и влияния ритмичности на эффективность и качество производственного процесса на промышленных предприятиях, в том числе авиастроительных, посвящено большое количество работ [21, 46, 54, 64, 66, 79, 86, 95, 138 и др.]. При этом известен ряд определений термина «ритмичность производства», среди которых выделяется определение ритмичности, данное в работе [66]: ритмичность производства состоит в непрерывности его возобновления производства и выпуска продукции. Всеми исследователями отмечается негативное влияние неритмичной работы на показатели эффективности работы предприятия и качество выпускаемой им продукции. Например, в работе [66] показана взаимосвязь ритмичности и уровня брака выпускаемой продукции (рисунок 1.2).

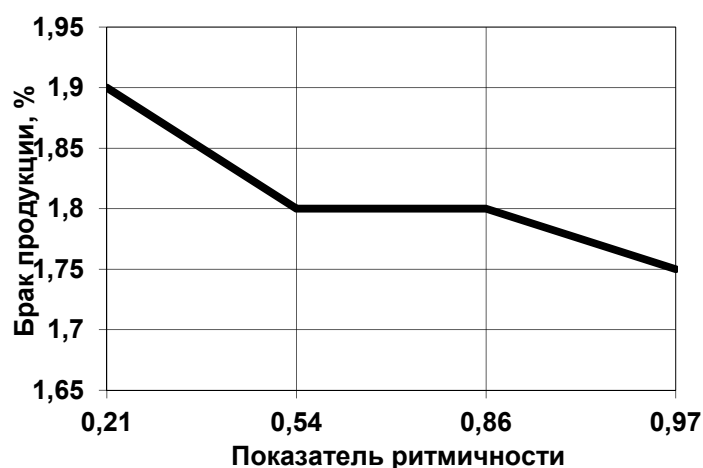


Рисунок 1.2 – Взаимосвязь ритмичности и уровня брака выпускаемой продукции

Авторами [6, 76, 79] отмечается роль основных стадий технической подготовки производства (конструкторская, технологическая, информационная, организационно-экономическая с календарным планированием) в обеспечении

рациональной организации производственного процесса. Причем, в соответствии с работой [66], обеспечение оптимального уровня ритмичности производственного процесса на предприятии, обеспечивающего минимальные суммарные затраты на осуществление производственного процесса, должно включать четкое профилирование и узкую специализацию структурных подразделений, а также построение объемных и календарных планов, учитывающих принципы ритмичности производства. Модели и методы календарного планирования широко представлены в работах [36, 58, 87, 93, 94, 97, 109, 110, 114 и др.]. Рассмотренные методические подходы во многом ориентируются на производственные процессы машиностроительного предприятия-изготовителя. Но и на предприятии-разработчике также необходимо уделять внимание вопросам составления рациональных календарных планов, обеспечивающих ритмичность выполнения проектно-конструкторских работ. К работам, рассматривающим данный аспект обеспечения ритмичности, можно отнести [3, 20, 21, 22, 86, 135, 138]. Поэтому разработки новых и совершенствования существующих методов обеспечения ритмичности производственных процессов предприятия-разработчиков продолжают оставаться актуальными.

На рисунке 1.2 присутствует параметр – показатель ритмичности, который в ряде работ называется коэффициент ритмичности. К его определению также имеется достаточно большое количество подходов, представленных в литературе, например, [2, 17, 22, 46, 66, 86, 88, 115 и др.]. В работе [66] для определения планового $k_{p.пк}$ и фактического $k_{p.фк}$ коэффициентов ритмичности за каждый планово-учетный период в практических технико-экономических расчетах предлагаются зависимости:

$$k_{p.пк} = \frac{T_{п.чк}}{T_{чк}} + \min \left(\frac{T_{пк} - T_{п.чк}}{\sum_{k=1}^m T_{чк}}, \frac{\sum_{k=1}^m (T_{чк} - T_{п.чк})}{\sum_{k=1}^m T_{чк}} \right),$$

$$k_{p.\phi k} = \frac{T_{\phi.ck}}{T_{ck}} + \min \left(\frac{T_{\phi k} - T_{\phi.ck}}{\sum_{k=1}^m T_{ck}}, \frac{\sum_{k=1}^m (T_{ck} - T_{\phi.ck})}{\sum_{k=1}^m T_{ck}} \right),$$

где $k = 1 \dots n$, $1 \leq m \leq n$ – идентификаторы планово-учетных периодов;

$T_{\Pi k}$ – плановый объем выпуска в k -м планово-учетном периоде;

$T_{\phi k}$ – фактический объем выпуска в k -м планово-учетном периоде;

$T_{\Pi.ck}$, $T_{\phi.ck}$ – плановый и фактический объемы выпуска в k -м планово-учетном периоде соответственно;

T_{ck} – средний объем выпуска продукции в k -м планово-учетном периоде.

В работе [84] эффективность работы структурного подразделения предприятия по показателю ритмичности производства и соответствующий стимулирующий процент премии предложено оценивать в результате сопоставления фактически достигнутого значения показателя ритмичности P_{ϕ} и его планового значения P_{Π} . Фактическую ритмичность выполнения графика поставок продукции предлагается определять как:

$$P_{\phi} = \frac{M_{\text{факт}}}{M_{\text{план}}},$$

где $M_{\text{факт}}$ – фактическое количество поставок материалов и комплектующих;

$M_{\text{план}}$ – плановое количество поставок.

Аналитическое выражение для расчета стимулирующего коэффициента Y за достижение показателя ритмичности имеет вид

$$Y = \begin{cases} 100 + \frac{P_{\phi} - P_{\Pi}}{P_{\Pi}} 100, & \text{если } P_{\phi} \geq P_{\Pi}, \\ 150, & \text{если } \frac{P_{\phi} - P_{\Pi}}{P_{\Pi}} 100 \geq 50. \end{cases}$$

Графическая интерпретация данного выражения представлена на рисунке 1.3.

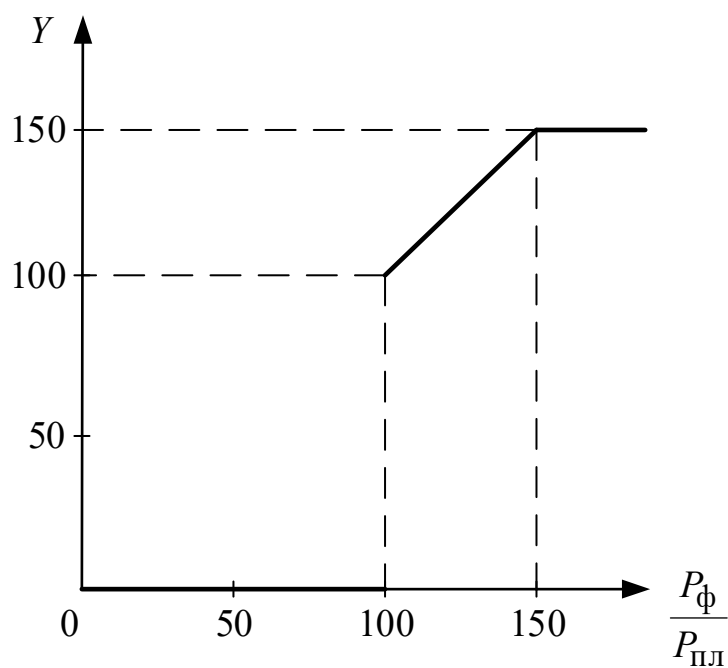


Рисунок 1.3 – График линейной шкалы поощрения с ограничением

Таким образом, 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.

1.6 Выводы

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

3. Показано, что в сложившихся технико-экономических условиях наиболее эффективным методом реализации идей, доведения их до практического использования в необходимые сроки и с потребным расходом материальных и финансовых ресурсов является проектный подход к организации и осуществлению планирования управления, причем применение проектного подхода на авиастроительных предприятиях должно осуществляться в рамках всех этапов жизненного цикла авиационной программы.

4. Показано, что в реальной практике работы структурных подразделений авиационных предприятий имеет место широкий спектр показателей, каждый из которых отражает эффективность и качество по тому или иному направлению деятельности предприятия и имеет свой физический смысл, размерность и величину, поэтому установление значений показателей качества процесса планирования производственной деятельности не является простой задачей и для ее решения целесообразно применение методов нечеткой логики и нечеткого

вывода.

5. Рассмотрены общие проблемы обеспечения ритмичности производственного процесса на авиастроительном предприятии и исследованы подходы к определению значения коэффициент 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.

6. На основании вышеизложенного подтверждена актуальность и определена цель работы: обеспечение результативности процесса производственного планирования при разработке авиационной техники за счет разработки комплекса научно-технических и программных инструментов.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

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.

2 КОНЦЕПЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ-РАЗРАБОТЧИКАХ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

2.1 Статистический анализ ритмичности работы проектных подразделений предприятия-разработчика 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 (рисунки 2.1, 2.2, 2.3). Это связано с тем, что процесс производственного планирования осуществляется в условиях полной неопределенности, связанной с возможностью постоянного появления срочных и неотложных заказов и проектов. Однако загрузка в предыдущие периоды всегда меньше или равна фактической мощности подразделения. Исключение составляют отдельные периоды, в течение которых персонал подразделений работал либо сверхурочно, либо в выходные и праздничные дни.

Для организации работы в таких условиях плановые трудозатраты по всем невыполненным в запланированные сроки работам (за вычетом фактически израсходованных) за месяцы, предшествующие текущему, переносятся на текущий месяц. Емкость по нормо-часам для каждого структурного подразделения, а также отдела и предприятия в целом, рассчитывается как произведение численности производственного персонала (с учетом коэффициентов ставок) на количество рабочего времени в соответствующем месяце, рассчитываемого на основе производственного календаря на текущий год.

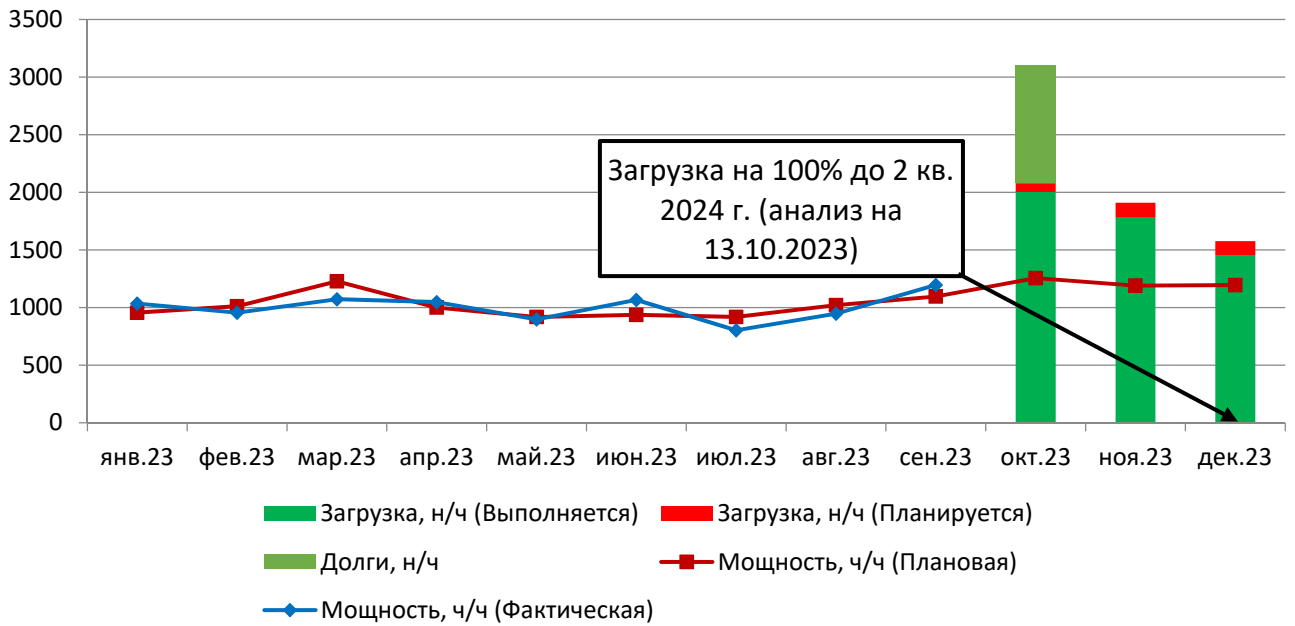


Рисунок 2.1 – Ритмичность работы отдела технологического контроля конструкторской документации и материалов

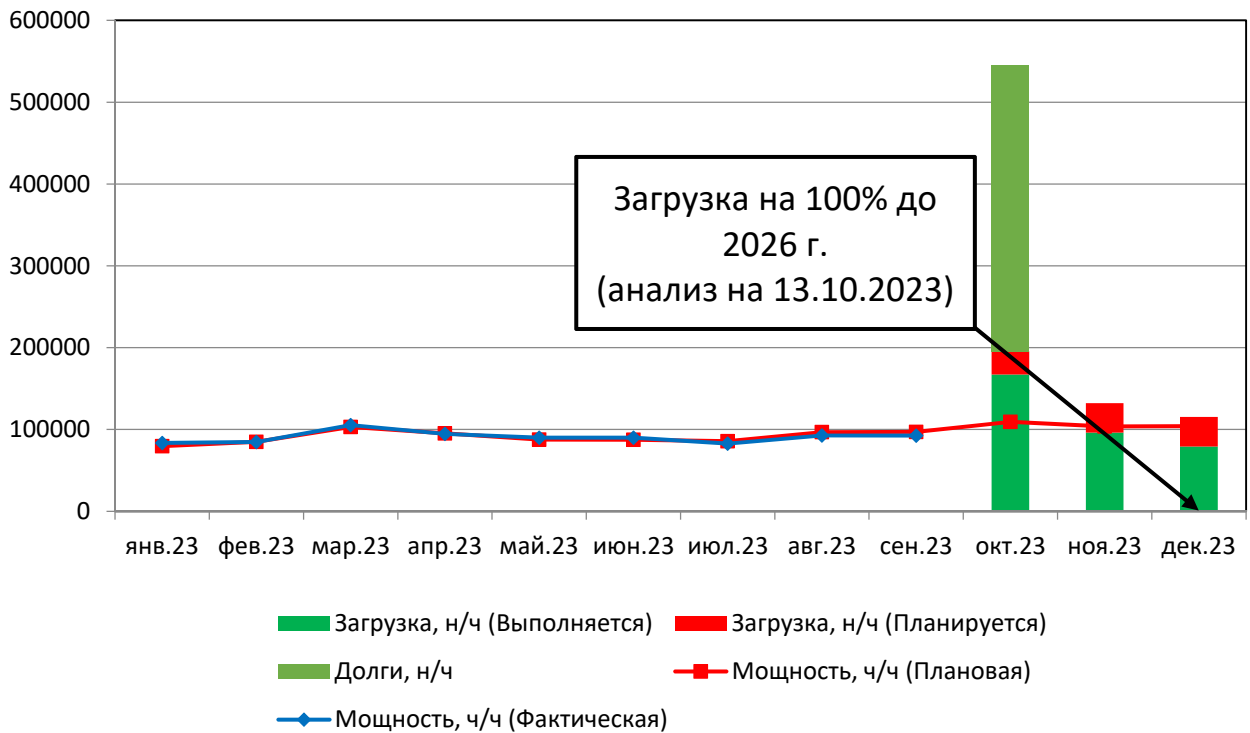


Рисунок 2.2 – Ритмичность работы предприятия-разработчика авиационной техники

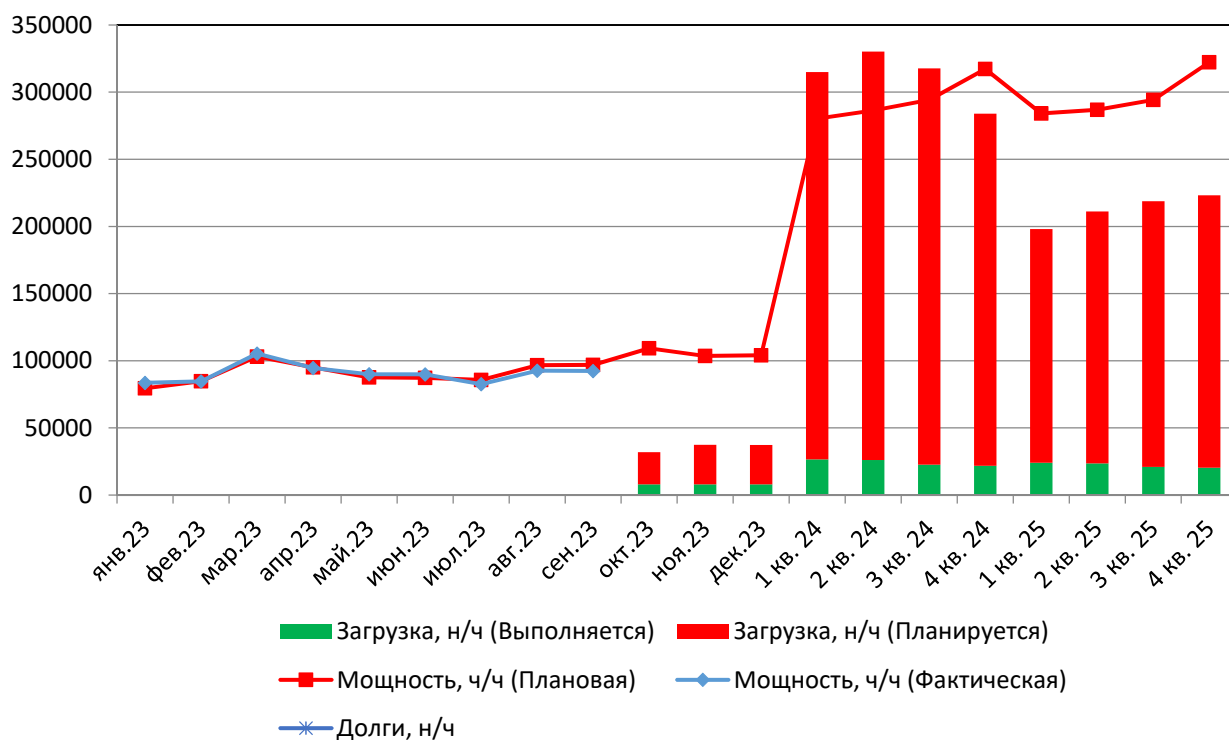


Рисунок 2.3 – Ритмичность работы предприятия-разработчика авиационной техники при выполнении недетализированных работ

Загрузка каждого подразделения рассчитывается как отношение планируемых трудозатрат к емкости, выраженное в процентах. При этом фактические трудозатраты за прошедший месяц по проектам с ежемесячной отчетностью списываются в системе планирования в начале следующего месяца, в связи с чем в начале текущего месяца, когда факт еще не был списан, либо списан не полностью, загрузка может быть завышена на величину до 100 %. Поэтому сложилась ситуация, в которой предприятие никогда не выполнит план и организовать эффективную работу не представляется возможным.

Для решения данной проблемы было предложено разделить располагаемую мощность структурных подразделений на две части. Первая часть включает плановые работы, обязательные к выполнению, в вторая часть – работы, выполняемые из дополнительного перечня работ и срочно возникающих работ. Для определения рационального соотношения между двумя частями мощностей

структурных подразделений использованы статистические данные по загрузке предприятия за пять лет (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Соотношение между трудоёмкостью плановых и сверхплановых проектов

№ п/п	Год	План, н/ч	Фактическое выполнение, %	Сверхплановые проекты, н/ч	Плановые проекты, %	Сверхплановые проекты, %
1	2018	3 514 972	77	630 000	18	82
2	2019	3 007 726	83	685 000	23	77
3	2020	2 930 589	87	753 000	26	74
4	2021	2 764 340	91	772 077	28	72
5	2022	2 825 952	61	1277420	45	55
6	9 мес. 2023	2 118 750	91	Прогноз выполнения всего 93%		

В результате соотнесения объемов сверхплановых работ к плановым объемам с целью повышения ритмичности работы предприятия было предложено разделить ресурсные возможности предприятия-разработчика на две части в следующей пропорции: первая часть – 70 % – это плановые работы, обязательные к выполнению; вторая часть – 30 % – это работы, выполняемые из дополнительного перечня работ и срочно возникающих работ [133].

2.1.1 Направления повышения результативности планирования производственной деятельности

С целью повышения результативности планирования производственной деятельности на предприятии-разработчике авиационной техники в процессе производственного планирования и определяются:

- последовательность и сроки выполнения стадий (этапов, работ), исполнители, степень ответственности и полномочий, объем выполняемых работ;

- объем и сроки рассмотрения, согласования отчетной документации и приемки этапов работ;

- потребность в ресурсах, необходимых для обеспечения дальнейших процессов жизненного цикла продукции;

- работы, связанные с подтверждением соответствия продукции (верификация, валидация), мониторингом процессов жизненного цикла продукции;

- записи, необходимые для представления свидетельств того, что результаты работ соответствуют установленным требованиям;

- перечень соисполнителей, в том числе профильные институты и испытательные центры, согласованные с ними предварительные составы работ и сроки их выполнения.

В процессе производственного планирования разрабатываются производственные планы, характеризуемые временными горизонтами (периодами):

- среднесрочный производственный план разрабатывается на трехлетний период и носит скользящий характер, то есть подлежит ежегодной актуализации по мере добавления новых проектов (работ), внесения изменений в производственный план с учетом достигнутых в ходе его реализации результатов. Объектами планирования являются производственные мощности, выполняемые, планируемые и прогнозируемые проекты, которые могут иметь статусы «выполняется», «планируется» или «прогноз» [133];

- квартальный или текущий производственный план разрабатывается для каждого структурного подразделения, включает проекты со статусом «выполняется», детализированные до конкретных работ и работников, и конкретизирует среднесрочный производственный план.

На основании среднесрочного производственного плана руководство НЦВ оценивает планируемую загрузку структурных подразделений и конструкторского бюро в целом и принимает управленческое решение о необходимости поиска новых проектов, предварительных сроках их начала, устанавливает (уточняет) приоритеты выполнения проектов с целью обеспечения оптимальной загрузки структурных подразделений, эффективной диспетчеризации и решения ресурсных конфликтов. На основании квартального производственного плана руководители структурных подразделений оценивают участие своих сотрудников в проектах на установленный период (квартал) и принимают управленческое решение о необходимости подготовки предложений по корректировке производственного плана структурного подразделения и решения вопросов организации выполнения работ.

Планирование работы структурных подразделений, как было отмечено выше, осуществляется с распределением плановой мощности в соотношении 70 % – плановые работы, 30 % – дополнительные работы [133]. Поэтому после завершения планирования первых двадцати проектов, руководитель планово-диспетчерского отдела структурного подразделения проводит расчет и анализ получившейся загрузки каждого подразделения НЦВ, а также других участвующих в планировании структурных подразделений.

По подразделениям НЦВ и другим участвующим в планировании структурным подразделениям, имеющим загрузку менее 70 %, процесс планирования, расчета и анализа продолжается до достижения 70 % загрузки согласно приоритетам. Аналогично по подразделениям НЦВ, имеющим загрузку более 70 %, данный процесс продолжается с целью ликвидации превышения и снижения загрузки до уровня 70 % согласно приоритетам.

При исполнении и контроле исполнения производственного плана и подведении итогов проводится оценка соблюдения соотношения 70/30, а также проводится анализ, сколько фактической мощности структурных подразделений было задействовано при выполнении плановых работ. Поэтому проведено

визуальное моделирование процесса производственного планирования АО «НЦВ Миль и Камов» «как есть» с целью выявления его «узких» мест и дальнейшего совершенствования в современной нотации – BPMN [11, 55, 140].

2.2 Моделирование процесса планирования производственной деятельности предприятия-разработчика авиационной техники

АО «НЦВ Миль и Камов» – опытное конструкторское бюро относится к ведущим российским авиастроительным предприятиям, основным профилем деятельности которого является создание, модификация и проведение испытаний авиационной техники вертолетного типа. Предприятие входит в Холдинг «Вертолеты России» и является крупнейшим разработчиком вертолетной техники в России. Деятельность НЦВ заключается в выполнении заказов различных организаций, в том числе государственного сектора, в области проектирования пилотируемой и беспилотной авиационной техники (АТ). Каждый заказ представляет собой проект, который необходимо реализовать максимально эффективно, т. е. качественно (выполнить требования заказчика), в кратчайшие сроки и оптимально используя ресурсы (производственные мощности структурных подразделений).

Так как НЦВ может реализовывать несколько проектов одновременно, то необходимо проводить производственное планирование (ПП) (или планирование производственной деятельности).

На данный момент ПП осуществляется по приведенному ниже алгоритму [85].

Сначала дирекция программ/проектов (ДП) формирует примерный состав работ на ближайшие три года на основе поступивших заявок и текущих проектов и заносит его в информационную систему управления проектами (ИСУП). Проектам при этом присваиваются статусы «выполняется», «планируется» или «прогноз». Следует добавить, что проекты на стадии выполнения могут получить статус

«остановлен», а по завершению проекта (успешного или неуспешного) – статус «завершен».

Далее всем проектам присваивается приоритет в соответствии с принятой в НЦВ методикой [133]. Высокий приоритет получает проект, реализация которого имеет первостепенную важность. Проект соответствует наиболее приоритетным стратегическим целям НЦВ и относится к разделам производственного плана – «Государственный оборонный заказ» и «Государственный заказ». Обычный приоритет получает проект, соответствующий стратегическим целям НЦВ, и реализация которого имеет обычную важность и срочность. Реализация такого проекта может быть приостановлена (по решению генерального директора) в случае, если существует необходимость в привлечении ресурсов и специалистов этого проекта для реализации другого, более приоритетного проекта. Низкий приоритет получает проект, соответствующий стратегическим целям НЦВ, и реализация которого организуется по мере возможности (высвобождения ресурсов) по остаточному принципу после выполнения производственных планов по проектам с приоритетами «высокий» и «обычный». Низкий приоритет может устанавливаться проектам в процессе диспетчеризации для обеспечения оптимальной загрузки структурных подразделений (110 %) и в результате решения ресурсных конфликтов, а также может устанавливаться проектам из любых других разделов плана решением генерального директора.

Приоритет проекта вносится в ИСУП сотрудниками дирекции планирования и контроля производственной деятельности (ДПиКПД) на стадии инициации проекта на основании решения генерального директора с учетом правил, описанных в [133] и с учетом важности исполнения договорных обязательств в отношении того или иного заказчика.

На рисунке 2.4 приведена классификация проектов НЦВ в соответствии с их статусом и приоритетом.

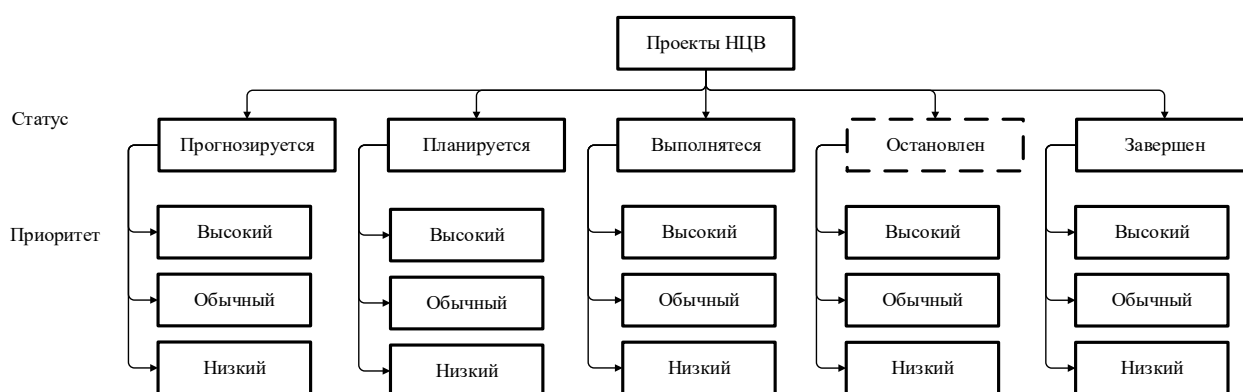


Рисунок 2.4 – Классификация проектов

Данная информация поступает в отдел программного планирования НИОКР службы производственного планирования и контроля (ОПП НИОКР), в котором происходит непосредственно производственное планирование с участием руководителей подразделений (РП) НЦВ. Этот процесс очень сложен в силу большого количества структурных подразделений (СП) и множества проектов, которые надо выполнить практически одновременно, что усложняет процесс планирования. Поэтому возникла задача анализа с целью его дальнейшей оптимизации. Это целесообразно сделать, рассматривая процесс производственного планирования как один из бизнес-процессов предприятия и используя современные подходы для его описания и анализа [55].

Описание бизнес-процесса выполняется в несколько шагов. Сначала определяют бизнес-направления, реализуемые компанией. В данном случае – создание, модификация и проведение испытаний вертолетов.

Далее в рамках бизнес-направлений выделяют бизнес-процессы (БП) и строят дерево БП. В общем случае укрупненно все бизнес-процессы предприятия делятся на три группы: основные БП, обеспечивающие БП и БП управления.

Рассматриваемый процесс планирования производственной деятельности является БП управления (планирование, организация, учет, контроль, регулирование) и относится к стратегическому управлению (рисунок 2.5).

Затем описываются организационная структура и распределение ответственности.

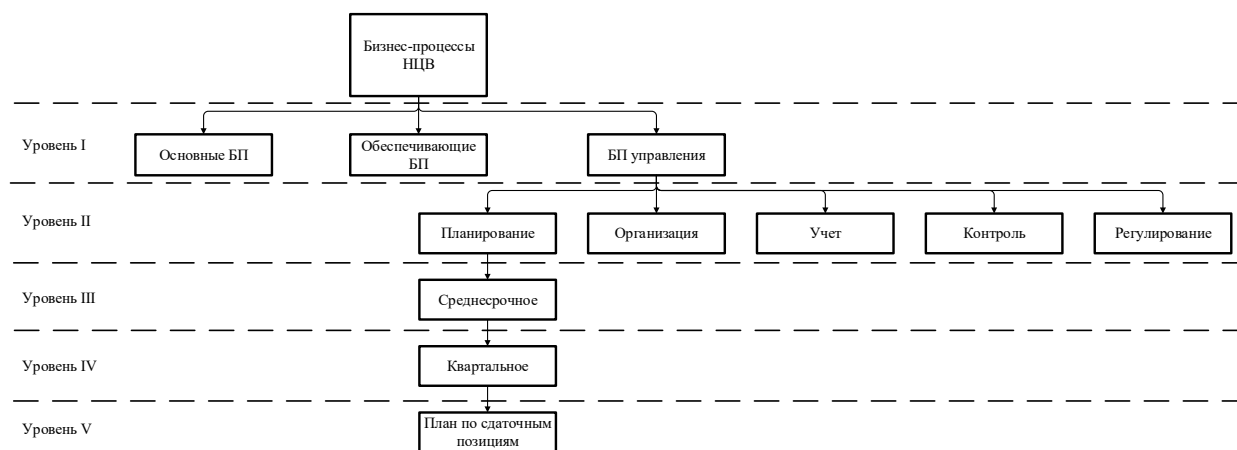


Рисунок 2.5 – Дерево бизнес-процессов организации

После получения необходимой информации ОПП НИОКР приступает к формированию сводного производственного плана НЦВ (ППО), характеризуемого следующими временными горизонтами (периодами) [129]:

- *среднесрочный ППО* – разрабатывается на трехлетний период и носит скользящий характер, то есть подлежит ежегодной актуализации по мере добавления новых проектов (работ), внесения изменений в ППО с учетом достигнутых в ходе его реализации результатов. Объектами планирования являются производственные мощности, выполняемые, планируемые и прогнозируемые проекты со статусами «выполняется», «планируется» или «прогноз»;

- *квартальный или текущий ППО* – разрабатываются для каждого СП и включают проекты со статусом «выполняется», детализированные до конкретных работ, конкретизируют среднесрочный ППО и детализированы до работников (конкретных исполнителей).

На основании среднесрочного ППО руководство НЦВ оценивает планируемую загрузку СП и НЦВ в целом и принимает управленческое решение о

необходимости поиска новых проектов, предварительных сроках их начала, устанавливает (уточняет) приоритеты выполнения проектов.

На основании квартального ППО руководители структурных подразделений оценивают участие своих сотрудников в проектах на установленный период (квартал) и принимают управленческое решение о необходимости подготовки предложений по корректировке производственного плана СП и решения вопросов организации выполнения работ.

Разработка планов начинается с определения первоначальных требований к ним.

Для среднесрочного плана проекты в перспективе трехлетнего периода разделяют на следующие разделы:

- раздел 1 «Государственный оборонный заказ»;
- раздел 2 «Госзаказ»;
- раздел 3 «Прочие российские заказчики» (серийные вертолетные заводы, серийные агрегатные заводы и другие российские промышленные предприятия и организации);
- раздел 4 «Зарубежные заказчики»;
- раздел 5 «НТЗ (научно-технический задел)».

Среднесрочный ППО включает в себя: название ДП; раздел плана; шифр работы; название проекта (предмет договора, контракта); номер договора; заказчик; сроки начала и окончания работ; наименование структурных подразделений, принимающих участие в работах; трудоемкость работ по проектам с разбивкой по СП, месяцам текущего (ближайшего) года и прогнозным годам (второй и третий).

Квартальный ППО составляется для каждого СП, по своему содержанию отражает информацию за один планируемый квартал года и включает: наименование ДП; перечень проектов; периоды выполнения проекта (даты начала и окончания); номер заказа; базовые трудозатраты по проектам на квартал; план по сдаточным позициям с разбивкой по месяцам в шт.

Процесс производственного планирования в Обществе включает следующие этапы:

- формирование квартального и среднесрочного ППО;
- согласование и корректировка квартального и среднесрочного ППО;
- утверждение квартального и среднесрочного ППО.

В рамках этих планов происходит реализация конкретных проектов, для которых формируются соответствующие планы по сдаточным позициям для контроля сроков выполнения проекта.

2.2.1 Модель процесса производственного планирования «как есть»

На рисунках 2.6, 2.7, 2.8 представлены результаты моделирования процесса производственного планирования в нотации Business Process Model and Notation (BPMN) «как есть» [11, 55].

На рисунке 2.6 представлен порядок формирования среднесрочного (квартального) ППО, из которого следует, что если в результате анализа проекта ППО выявлены недопустимые отклонения плана по нормам загрузки и рискам выполнения, то он будет дорабатываться и корректироваться [85]. Следует отметить, что эта ветка алгоритма для НЦВ является основной из-за большого количества подразделений, чьи планы-графики проекта (ППГ) нужно постоянно согласовывать.

Далее проведен анализ процесса для определения направлений его улучшений. Для этого использован один из базовых методов анализа БП – метод пяти вопросов. Классический вариант вопросов приведен в таблице 2.2 [55].

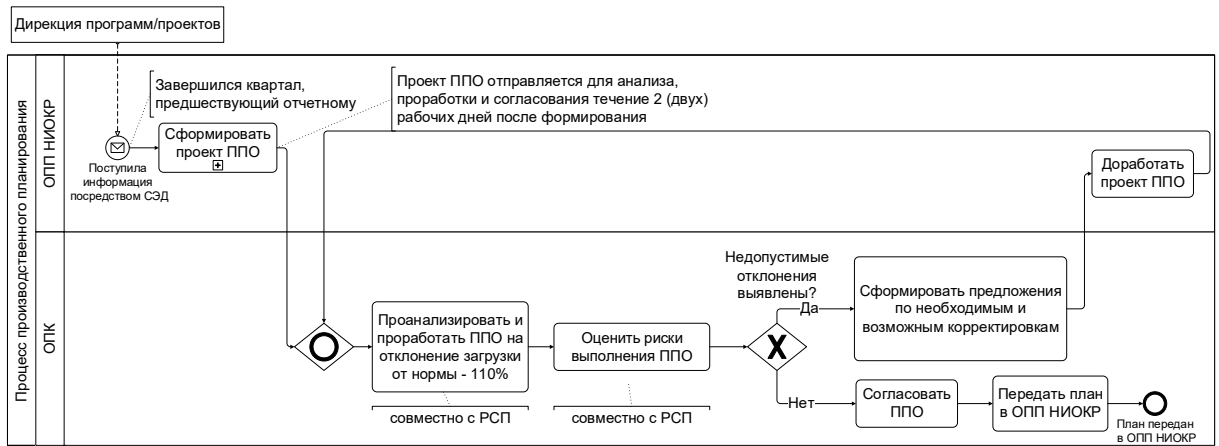


Рисунок 2.6 – Процесс формирования плана (среднесрочного либо квартального) «как есть»

На рисунке 2.7 приведена декомпозиция подпроцесса «Сформировать проект ППО», на рисунке 2.8 – декомпозиция подпроцесса «Сформировать ПГП».

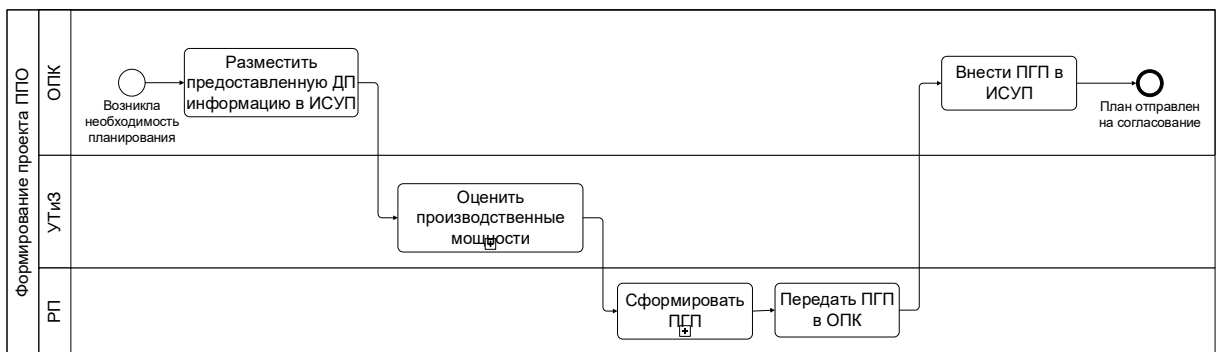


Рисунок 2.7 – Формирование проекта производственного плана НЦВ

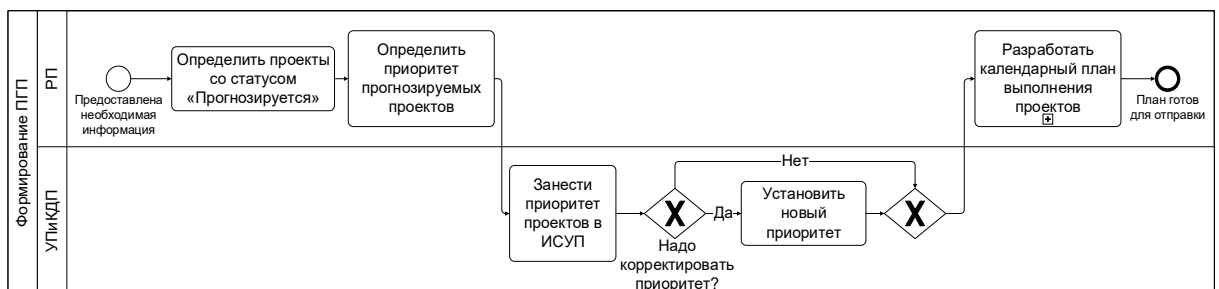


Рисунок 2.8 – Формирование плана-графика проекта

Таблица 2.2 – Пять групп вопросов о процессе

Группа	Главный вопрос	Вопросы
Цель	В чем состоит задача?	Зачем выполняется этот процесс? Для достижения каких стратегических и операционных целей выполняется этот процесс?
Люди	Кто выполняет?	Кто выполняет этот процесс? Почему именно он его выполняет? Кто еще мог бы выполнить этот процесс? Кто мог бы выполнить этот процесс лучше?
Место	Где выполняется?	Где этот процесс выполняется? Почему он выполняется именно здесь? Где еще можно выполнять этот процесс? Где этот процесс можно выполнить лучше?
Время	Когда выполняется?	Когда выполняется этот процесс? Почему этот процесс выполняется именно в это время? Какие есть альтернативы? Какая альтернатива лучше?
Технология	Как выполняется?	Как этот процесс выполняется? Почему это процесс выполняется именно так? Какими еще способами этот процесс можно выполнить? Какой способ выполнения этого процесса лучше?

Ответ на первый вопрос очевиден: производственное планирование необходимо для стратегического развития НЦВ.

С остальными вопросами не все так однозначно. И наиболее важными из них в данном случае являются вопросы группы «Люди» и «Технология».

Как следует из рисунков 2.6, 2.7, 2.8 в составлении ППО задействовано много подразделений, а технология принятия решения не однозначна и не в полной мере отражена в соответствующей документации НЦВ. Как следствие ППП конкретного подразделения приходит в конфликт с ППП других подразделений и общий ППО постоянно корректируется, что приводит к заикливанию процессов среднесрочного и квартального планирования. Это негативно сказывается на оценке экономической эффективности НЦВ, т. к. тяжело понять, что реально было запланировано, и насколько план выполнен/не выполнен.

2.2.2 Модель процесса производственного планирования «как надо»

Для усовершенствования данного процесса предложено при согласовании ППП оценивать его по критерию ритмичности, используя цикл развития DMAIC (Define – Measurement – Analyze – Improve – Control, Определение – Измерение – Анализ – Улучшение – Контроль) [10, 48, 49, 113]. Если план отработан на ритмичность, то он не нуждается постоянных корректировок, т. к. практически сразу достигается согласованность ППП всех подразделений (на всех уровнях). На рисунке 2.9 приведена визуальная модель процесса производственного планирования «как надо» [85].

Как следует из рисунка 2.9, если план соответствует требованиям критерия ритмичности, то он сразу отправляется на согласование и передается дальше на выполнение. Если требования ритмичности не соблюдены, то ОПП НИОКР анализирует план и прорабатывает его на отклонения загрузки от нормы в 110 % и оценивает риски невыполнения плана. Далее формируются предложения для РП по необходимым и возможным корректировкам и план отдается на доработку. Однако,

при такой реализации процесса планирования, данная ветка алгоритма выполняется лишь один раз, что существенно сокращает время разработки ППО всего НЦВ.

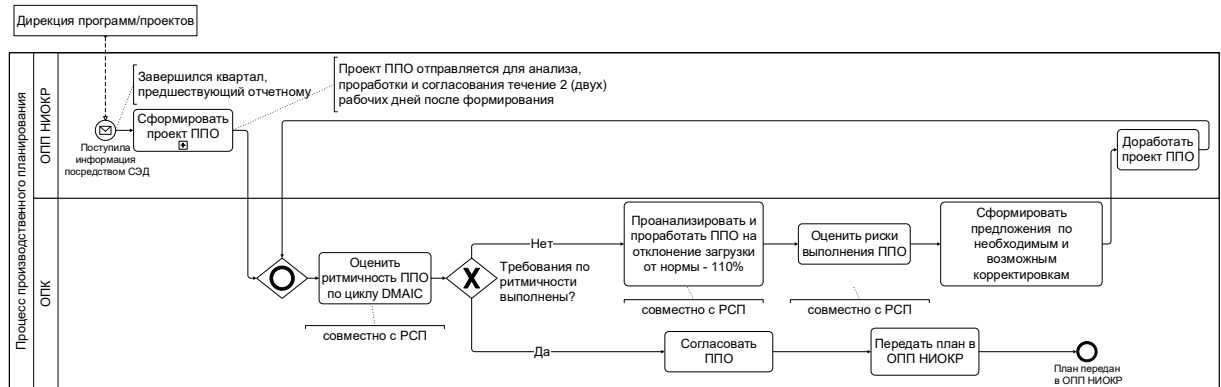


Рисунок 2.9 – Процесс формирования плана (среднесрочного либо квартального)
«как надо»

Использование ритмичности как основного 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.

2.3 Основные направления концепции повышения качества процесса планирования производственной деятельности

Проведенные выше статистический анализ загрузки (ритмичности работы) проектных подразделений предприятия-разработчика авиационной техники и анализ направлений повышения результативности планирования производственной деятельности на предприятии-разработчике АТ, позволили разработать основные положения концепции повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной

техники в направлении обеспечения ритмичности производственной деятельности, которая охватывает:

- 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 представленные ниже методики [132]:

- планирования проектов предприятия-разработчика авиационной техники;

- оценки качества процесса производственного планирования;

- повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-

разработчика авиационной техники.

2.4 Формализация процесса производственного планирования предприятия-разработчика авиационной техники

Как уже выше было отмечено, на основании среднесрочного производственного плана руководство НЦВ оценивает и рассчитывает планируемую загрузку структурных подразделений и конструкторского бюро в целом. На основании оценок и расчетов принимаются управленческие решения с целью обеспечения оптимальной загрузки структурных подразделений, эффективной диспетчеризации и решения ресурсных конфликтов. Специфика функционирования НЦВ такова, что ресурсоёмкости выполнения отдельно взятых проектов существенно варьируются даже для одних и тех же проектируемых изделий, что является одной из главных причин неритмичности проектно-конструкторских работ.

При решении задачи оптимального планирования проектно-конструкторских работ возможны два варианта действий:

1) при заданном портфеле проектов и заданном ресурсном обеспечении на проведение проектно-конструкторских работ определить график работ, минимизированный по времени исполнения проектов;

2) при имеющихся на предприятии-разработчике всех видов необходимых ресурсов выполнить максимальное количество проектов и выпустить качественную техническую документацию.

Формальное решение первой задачи состоит в следующем [119]. Из множества возможных (физически осуществимых) проектов на проектирование $\{U_{ij}\}$ (i – идентификатор проекта, j – идентификатор исполнителя – структурного подразделения) необходимо выбрать такого исполнителя U_{ij}^+ , который будет удовлетворять определенному критерию оптимальности. Множество структурных

подразделений $\{U_{ij}\}$ конечно, хотя теоретически количество его элементов может быть достаточно большим. В специальной литературе [116] данная задача считается относительно простой.

Вторая задача считается более сложной, поскольку она должна решаться при большом наборе объективных и субъективных ограничений. Чтобы задания на проведение проектно-конструкторских работ были осуществлены, необходимо сформировать структурным подразделениям НЦВ такие производственные задания, чтобы обеспечить их как можно более равномерной загрузкой с целью снижения риска невыполнения проекта (или группы проектов). В работах [46, 66] отмечается, что равномерная и нормативно высокая (на уровне 0,7-0,8) загрузка структурных подразделений работами предопределяет ритмичную работу как этих подразделений, так и всего предприятия.

Для осуществления указанной процедуры в данной работе была разработана математическая модель и соответствующая методика равномерной загрузки проектными работами структурных подразделений НЦВ. В выбранной постановке решаемая задача относится к категории целочисленных несбалансированных линейных задач оптимального распределения ресурсов и известна так же, как задача о многомерном контейнере [116].

Постановка задачи распределения проектов по исполнителям состоит в формировании и планировании подразделениям таких производственных задания, чтобы обеспечить их как можно более равномерной загрузкой с целью снижения риска невыполнения проекта (или группы проектов). Данная методика подробно рассмотрена в [131]. Согласно этой методике каждый проект характеризуется своей плановой трудоемкостью и длительностью исполнения. Каждая группа исполнителей (структурное подразделение) характеризуется, в свою очередь, ресурсным и квалификационным потенциалами. Цель распределения – достижение по каждой группе исполнителей установленной загруженности заказами в плановом периоде, которые соответствуют возможностям исполнителей. Критерий

окончания распределения – достижения экстремума целевой функции, соответствующего значению коэффициента ритмичности, близкого к 1. Нормативное значение коэффициента ритмичности, которое соответствует относительно равной загрузке исполнителей заказами (проектами), может быть установлено экспертным путем на уровне 0,7-0,9 в зависимости от конкретной производственной ситуации.

В решении рассматриваемой задачи определена матрица булевых переменных

$$X = \{x_{11}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{NM}\},$$

единичные значения которых будут обозначать факт распределения i -го проекта в j -е структурное подразделение:

$$x_{ij} = x_{ij}^2 = \begin{cases} 0, & i=1, \dots, N, j=1, \dots, M, \\ 1 \end{cases}$$

где N – количество запланированных к исполнению проектов; M – количество структурных подразделений предприятия [119].

Целевая функция имеет следующий вид:

$$F(x) = \sum_{j=1}^M \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N d_i t_{ij} x_{ij}}{h_j K_{wj}} \right) \rightarrow \min,$$

где d_i – трудоемкость проекта, нормо/ч;

t_{ij} – нормативное время выполнения i -го проекта в j -м структурном подразделении, нормо/ч;

x_{ij} – ранее определенная булева переменная, являющаяся индикатором возможности или невозможности выполнения i -го проекта в j -м структурном подразделении;

h_j – параметр, характеризующий потенциальные возможности (квалификации) j -го структурного подразделения (т. н. проектный потенциал подразделения);

K_{ij} – нормативный коэффициент использования рабочего времени работниками j -го структурного подразделения (находится в диапазоне 0,7-0,8).

Проектный потенциал h_j представляет собой эффективный фонд рабочего времени в нормо/ч j -го структурного подразделения и рассчитывается по формулам, представленным в [131]. В этой же работе рассмотрены формальные и неформальные ограничения, связанные с особенностями распределения проектов по структурным подразделениям предприятия.

Рассмотренная задача распределения относится к категории задач целочисленного линейного (и условно линейного) программирования, для решения которых должна использоваться какая-нибудь специальная модификация симплекс-метода либо комбинаторные или эвристические алгоритмы [56, 139]. Для решения широкого спектра задач оптимизации линейного и нелинейного характера возможно использование различных вариаций методов случайного поиска, позволяющих с достаточно высокой степенью точности и при относительно невысокой сложности алгоритма находить оптимальное (или близкое к оптимальному) решение. С течением времени эффективность метода случайного поиска постепенно повышается при использовании компьютеров типа HEDT (High-End Desktop), оснащенных топовыми моделями процессоров с экстремально высокими вычислительными мощностями для текущего этапа развития вычислительной техники. В связи с этим отметим, что вычислительный центр НЦВ располагает компьютерами, способными за приемлемое время осуществлять решение задач планирования загрузки структурных подразделений исходя из критерия обеспечения ритмичности проектно-конструкторских работ.

2.5 Выводы

1. 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. Произведен анализ факторов, влияющих на качество результата планирования производственной деятельности на предприятии-разработчике авиационной техники.

2. Для повышения ритмичности работы предприятия было предложено разделить ресурсные возможности предприятия-разработчика на две неравные части. Первая часть, 70 % – это плановые работы, обязательные к выполнению. Вторая часть, 30 % – это работы, выполняемые из дополнительного перечня работ и срочно возникающих работ.

3. Проведено визуальное моделирование процесса производственного планирования АО «НЦВ Миль и Камов» «как есть» с целью выявления его «узких» мест и дальнейшего совершенствования в современной нотации – BPMN. Так же проведен краткий анализ процесса и предложено его дальнейшее усовершенствование на основе использования критерия ритмичности, что отражено в визуальной модели процесса «как надо». Использование ритмичности как основного критерия 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.

4. Предложена концепция и инструментарий повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной

техники в направлении обеспечения ритмичности и результативности производственной деятельности.

5. Практическая реализация предлагаемых подходов к повышению результативности планирования проектных работ за счет оптимального распределения проектов по подразделениям предприятия-разработчика, включая трехуровневую систему приоритетов, осуществляется в холдинге «Вертолеты России». На текущем этапе внедрения на предприятии увеличился выпуск качественной научной и технической документации в запланированные сроки. Возможно, что в ходе дальнейшего использования методики ранжирования проектов трёхуровневая система приоритетов будет расширена с целью более точной оценки значимости проектных работ.

3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ-РАЗРАБОТЧИКА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

3.1 Управление ритмичностью производственного процесса на основе приоритетности ресурсонаделения реализуемых проектов

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.

Существуют несколько определений понятия «проект» в зависимости от контекста его практического использования [30, 34, 33, 37, 38, 45, 63, 72, 77, 81, 83, 96, 102, 107, 108, 118, 125, 137 и др.]. На предприятиях холдинга «Вертолеты России» проект в соответствующих стандартах предприятия (СТП) трактуется как «организационные рамки для планомерной, систематической и построенной на методических правилах уникальной деятельности, имеющей определенную дату начала и продолжительность, и направленной на достижение определенных целей с помощью использования ресурсов». На предприятии-разработчике холдинга одновременно ведётся разработка несколько сотен проектов, различающихся в широких пределах по своим свойствам. Проект характеризуется свойствами коллектива его исполнителей и имеет своего руководителя, выполняющем все функции управления проектом в целом. В рамках проекта выделяется также работа, или задача, под которой понимается отдельный плановый элемент работ проекта, который имеет оценочную длительность, стоимость и предполагаемые требования к ресурсам (исполнителям).

3.1.1 Ранжирование проектов

Идентификация проекта в информационной системе предприятия-разработчика производится на основе свойств и параметров. Во-первых, проект имеет некоторое уникальное системное наименование, код или шифр. Во-вторых, у каждого проекта имеется его руководитель и администратор, в качестве которых могут выступать либо одно и то же лицо, либо разные лица. Руководитель проекта осуществляет, главным образом, взаимодействие и коммуникации при разработке и реализации проекта.

Проект может иметь три статуса; «Прогноз», «Планируется», «Выполняется». Статус «Прогноз» присваивается проекту, в отношении которого на предприятии-разработчике производится процедура восприятия и согласования заявки со стороны организации-заказчика. Статус «Планируется» присваивается проекту, в отношении которого осуществляется процесс формирования и оформления некоторого предусмотренного документа: официального договора, протокола о намерениях и т. п. После завершения предварительных процедур проект получает статус «Выполняется»; это означает, что проект актуализируется соответствующими приказами (распоряжениями) руководителя предприятия-разработчика с формированием плана-графика. В соответствии с принципами научного менеджмента план-график проекта – это документ, отражающий спланированную во времени деятельность предприятия-разработчика по проекту. План-график проекта формируется в соответствии с локальными нормативными актами холдинга и предприятия-разработчика и, в соответствии с [101], включает информацию о содержании, объемах, сроках исполнения работ, необходимых ресурсах для выполнения работ, учитывает технологический цикл проведения работ. Сначала план-график проекта формируется укрупненно по структурным подразделениям, а далее детализируется до конкретной работы, а исполнителей – до отдела (цеха) структурного подразделения. Таким образом план-график проекта предусматривает взаимосвязанную работу всех заинтересованных подразделений

предприятия-разработчика по реализации всех поставленных целей с определением необходимых материальных и нематериальных ресурсов для решения задач в рамках проекта.

Кроме статуса, проект может иметь одно из трёх предусмотренных состояний: активный, отложенный, закрытый (точно так же, как это принято в отношении программных процессов в теории операционных систем ЭВМ). Так же, как в теории распределения вычислительных ресурсов в ЭВМ, каждый проект в обязательном порядке наделяется свои приоритетом, под которым понимается относительная значимость (важность) конкретного процесса в общей совокупности исполняемых проектов предприятия-разработчика. Кроме этого, каждый проект характеризуется плановым периодом исполнения (завершения), а также другими метрическими и неметрическими параметрами, необходимыми для организации и планирования проектных работ. Такими параметрами, в частности, являются плановая трудоёмкость работ по проекту в норма-часах, плановые сроки начала и завершения проекта, процент исполнения на данный момент времени, конкретные исполнители проекта (кроме руководителя проекта) и др.

Совокупность текущих проектов предприятия-разработчика образует портфель проектов. Внутри портфеля проектов организуется их группирование по степени близости решаемых задач.

Поскольку количество исполняемых проектов на предприятии-разработчике велико, то с целью повышения качества планирования проектной деятельности необходимо было реализовать методику приоритезацию проектов, на основе которой осуществлять их ресурсное обеспечение. Такой подход был обусловлен тем обстоятельством, что в 1990-е годы при переходе российской экономики на рыночные методы хозяйствования от всеобщих принципов планового хозяйствования стали отказываться. Предприятия наукоёмких отраслей остались без централизованных планов и были вынуждены работать, только опираясь на собственную инициативу и внутренние корпоративные планы. В организации и планировании производственной деятельности возникло явление

неопределенности. Свойства неопределенности, возникающие в процессе промышленного производства, и некоторые пути разрешения неопределённости рассмотрены, в частности, в [120].

Проблематика неопределённости, свойственная при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), отмечается также в [73]. При формировании и реализации проектов существует неполнота и неточность исходной информации для осуществления НИОКР. Детальный состав работ значительной части таких проектов определяется и непрерывно корректируется по результатам выполнения предшествующих работ (проектов). Многие задачи НИОКР решаются впервые, а поэтому с точки зрения теории планирования такие задачи являются рискованными. Проектной деятельности препятствуют также различные случайные негативные события, что обуславливает вероятность того, что для части запланированных работ происходит либо отказ от них, либо их замена другими работами. Успешному выполнению проектов противодействуют конфликты между заказчиком и исполнителем, нарушение договорных обязательств между ними. Все перечисленные факторы неизбежно обуславливают многочисленные организационные сложности, возникающие при планировании и выполнении НИОКР.

С целью преодоления сложившихся организационно-плановых проблем на предприятии-разработчике была организована трёхуровневая система приоритетов проектов, в соответствии с которой приоритет каждого проекта может быть высокий, обычный (средний) или низкий.

Необходимо также отметить, что до определённого времени на предприятии-разработчике не существовала специальная методика назначения приоритетов проектам. В принципе, какая-то система приоритетов существовала, но определял приоритеты руководитель предприятия исходя из важности Заказчика (фактически – «на глазок»). При таком простом подходе большому количеству проектов присваивался приоритет «Высший». Очевидно, что при этом изначально позитивная идея приоритезации работ вырождалась. Как следствие, при

формировании производственных планов подразделений располагаемой мощности (ресурсов) не хватало на весь объем проектов с высшим приоритетом. Неизбежно возникала задача об определении локальных приоритетов между проектами с высшим приоритетом, что вызывало очевидные затруднение из-за отсутствия конкретных правил и принципов определения справедливых (по возможности) приоритетов.

Сложившаяся ситуация оказывало негативное влияние на выполнение проектов в установленные сроки. Эффективность планирования и организации исполнения проектов были на низком уровне, что сказывалось на финансовых результатах предприятия. Поэтому в 2021 г. менеджмент предприятия-разработчика принял решение упорядочить процесс назначения приоритетов проектам. В итоге был разработан и принят к исполнению корпоративный стандарт «Методика определения приоритета проекта», в котором регламентировалась система конкретных методических приёмов, способов и средств для обоснования целесообразного проведения какой-либо работы (проекта) на основе присваивания приоритетов проектам при управлении портфелем проектов предприятия. Ранжирование проектов предусматривается в соответствии со стратегией предприятия, финансовыми аспектами его работы, периодом инвестирования, значениями риска и доходности, организационными аспектами.

Были приняты следующие характеристики ранжирования проектов. Проекты высокого приоритета соответствуют стратегическим разделам производственного плана головного предприятия (холдинга), как правило, такие проекты устанавливаются государственными заказами. Кроме проектов из государственных заказов высокий приоритет может присваиваться и иным, изначально менее приоритетным проектам по специальному решению менеджмента холдинга. Осуществление таких проектов должно происходить в первую очередь. Для реализации высокоприоритетного проекта возможно привлечение дополнительных ресурсов и специалистов, которые участвуют в реализации других, менее

приоритетных проектов. В этом случае выполнение низкоприоритетного проекта может замедляться или приостанавливаться.

Проекты обычного приоритета также соответствуют стратегическим целям холдинга, осуществление такого проекта имеет обычную важность и срочность. Реализация такого проекта может быть приостановлена по специальному решению менеджмента холдинга, если для реализации проекта высокого приоритета требуются дополнительные ресурсы и исполнители. Обычный приоритет устанавливается по умолчанию всем проектам, которые не относятся к государственным заказам.

Проекты низкого приоритета в своей массе тоже соответствуют стратегическим целям холдинга, но их исполнение часто может происходить по т.н. «остаточному» принципу по мере высвобождению ресурсов и исполнителей при завершении проектов высокого и обычного приоритетов.

3.1.2 Квалиметрическая оценка приоритетности ресурсонаделения реализуемых проектов

Процедура ранжирования и назначения приоритетов проектов включает: 1) расчет и назначение весов (баллов) для ранжирования проектов; 2) определение, какой проект должен получить наивысший приоритет в системе планирования предприятия.

Для расстановки приоритетов проектов используется многокритериальная модель ранжирования. Для определения приоритета проекта используются оценки, получаемые расчетным и экспертным методами [31, 120]. Критерии оценки проекта и их относительные веса отражены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Критерии оценки проекта

ГРУППА	ВЕС ГРУППЫ	КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ	ВЕС КРИТЕРИЯ
Управляемость (У)	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 ($C_{НП}$)	0,1
Финансовая привлекательность (ФП)	0,2	Выручка от выполнения НИОКР ($C_{Ф}$)	1,0

Рассмотрим далее методы вычисления критериев.

1. Критерий «Важность заказчика» вычисляется по целочисленной шкале рангов от 1 (Гособоронзаказ) до 4 (прочие заказы).

2. Критерий «Соблюдение сроков по договорам» отражает, сколько дней осталось до выполнения договорных обязательств или на сколько дней сорван срок выполнения договорных обязательств по отношению к дате расчета критерия. Для расчета данного критерия с целью корректного определения веса по установленным константным коэффициентам, определяющим важность каждого отдельного критерия, применяется метод «нормализации данных методом линейного нормирования» со следующим алгоритмом:

1) определить в перечне проектов дату окончания проекта по договору и дату проведения расчета;

2) путём вычитания из даты проведения расчета даты окончания по договору, рассчитать количество дней до завершения по договору (C_{CO}). В случае если срок по договору не выдержан, количество дней получает отрицательное значение (т. е присваивается знак «минус»);

3) для перевода всех отрицательных значений (C_{CO}) в положительные значения, выбирается минимальное значение (C_{MCO}) и отнимается от полученного значения (C_{CO}) по каждому проекту по формуле:

$$C_{СП} = C_{CO} - C_{MCO},$$

где $C_{СП}$ – приведенное количество дней до срока по договору.

4) критерий «Соблюдение сроков по договорам» (C_{CP}) рассчитывается по формуле:

$$C_{CP} = \frac{5C_{СП}}{C_H},$$

где C_{CP} – значение критерия «Соблюдение сроков по договорам»;

C_H – максимальное значение из всех значений $C_{СП}$.

Минимальное значение критерия «Соблюдение сроков по договорам» получает проект с максимальным количеством дней отставания от срока по договору.

3. Критерий «Отставание по срокам от графика» (C_{OC}) отражает, сколько дней осталось до даты окончания проекта или на сколько дней произошло отставание по срокам от утвержденного плана. Для расчета критерия данного критерия с целью корректного определения веса по установленным константным коэффициентам, определяющим важность каждого отдельного критерия, также применяется метод «нормализации данных методом линейного нормирования по следующему алгоритму:

1) определяется в перечне проектов базовую дату окончания проекта и дату окончания проекта по план-графику, далее рассчитываются сроки до окончания проекта в днях;

2) путём вычитания из даты окончания проекта даты базового окончания проекта рассчитывается количество дней до завершения по договору (C_{CB}). Все

значения по отставанию от срока базового окончания проекта получаются отрицательными (т. е. со знаком «минус»);

3) для перевода всех отрицательных значений (C_{CB}) в положительные значения, выбирается минимальное значение ($C_{МСО}$) и отнимается от полученного значения (C_{CB}) по каждому проекту по формуле:

$$C_{СОП} = C_{CB} - C_{МСО},$$

где $C_{СОП}$ – приведенное количество дней до срока по договору;

4) Критерий «Отставание по срокам от графика» ($C_{ОС}$) рассчитывается по формуле:

$$C_{ОС} = \frac{5C_{СОП}}{C_{Н}},$$

где $C_{ОС}$ – значение критерия «Отставание по срокам от графика»;

$C_{Н}$ – максимальное значение из всех значений $C_{СОП}$;

Минимальное значение критерия «Отставание по срокам от графика» получает проект с максимальным количеством дней отставания от срока по договору.

4. Критерий «Наличие в утвержденном плане НИОКР» ($C_{НП}$) определяется по наличию или отсутствию проекта в утвержденном плане НИОКР: он равен 1, если проект включён в план НИОКР предприятия-разработчика, или равен 5, если проект не был включён в план НИОКР.

5. Критерий «Выручка» ($C_{Ф}$) определяется в расчетном периоде (квартале) следующим образом: если финансовая выгода от реализации проекта не ожидается или незначительна, то критерий равен 5; если же от реализации проекта финансовая выгода ожидается, то критерий равен 1 или 2 в зависимости от ожидаемого объёма выручки (1 – максимальная ожидаемая финансовая выгода).

6. Обобщенная оценка проекта по критериям группы «Управляемость» производится по формуле:

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

где Y – оценка проекта по критериям группы «Управляемость»;
 C_B – оценка критерия «Важность заказчика»;
 C_{CP} – значение критерия «Соблюдение сроков по договорам»;
 C_{OC} – значение критерия «Отставание по срокам от графика»;
 $C_{НП}$ – значение критерия «Наличие в утвержденном плане НИОКР».

7. Оценка проекта по критериям группы «Финансовая привлекательность» производится по формуле:

$$ФП = C_{Ф},$$

где $C_{Ф}$ – финансовая выгода (выручка).

8. Приоритет проекта (P) далее рассчитывается на основании оценки проекта по критериям:

$$P = 0,8Y + 0,2ФП,$$

где Y – оценка проекта по критериям группы «Управляемость»;
 $ФП$ – оценка проекта по критериям группы «Финансовая привлекательность».

По результатам проведения всех расчетов приоритетным считается проект, который по итогам расчета получил более низкий балл. В соответствии с присвоенным баллом проекты ранжируются в порядке значимости. Если при расчете приоритета, проекты набрали равнозначное количество баллов, такие результаты пересчитываются с наибольшей точностью расчета.

Экспертное определение приоритета проекта осуществляется группой экспертов, в которую входят представители менеджмента предприятия-разработчика. Для определения наиболее важных проектов 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.).

Для определения важности проекта каждый эксперт также должен учитывать такие показатели: выгода и ценность проекта для холдинга; влияние результатов проекта на поставочные контракты предприятий-изготовителей серийной продукции; специальный контроль по исполнению проекта его руководством; социально-экономические, политические и иные результаты, ожидаемые от исполнения проекта.

Для экспертного заключения по приоритетам проектов эксперты из предоставленного перечня проектов с рассчитанными приоритетами определяют наиболее важные проекты и устанавливают последовательность в порядке их важности (рисунок 3.1). В случае не достижения группой экспертов консенсуса по важности проектов, перечень приоритетных проектов представляется на рассмотрение генеральному директору предприятия-разработчика.

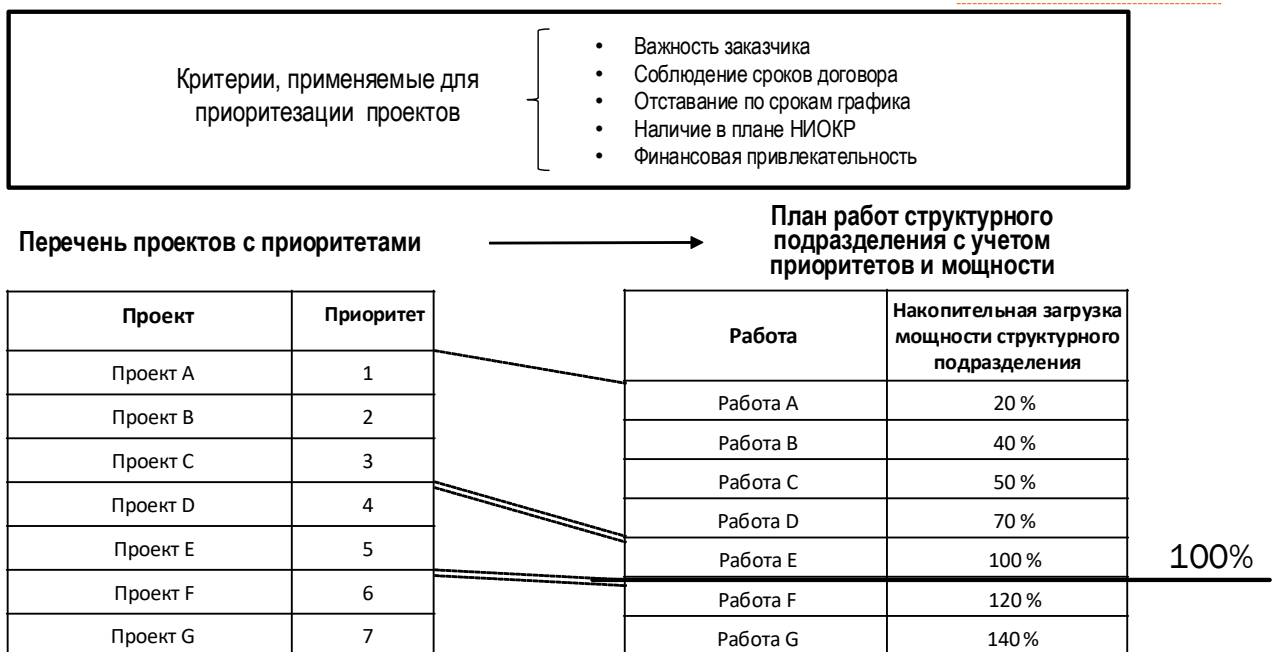


Рисунок 3.1 – Приоритизация проектов в портфеле проектов предприятия-разработчика АТ

Генеральный директор определяет наиболее важные проекты и устанавливает последовательность их исполнения в порядке их важности. Таким образом формируется перечень приоритетных проектов с конкретной последовательностью их исполнения. Перечень ранжированных проектов утверждается генеральным директором. После этого утвержденный перечень приоритетных проектов передается в дирекцию по планированию и контролю производственной деятельности для завершения работ по расстановке приоритетов, и является приложением к оперативному (квартальному) плану.

Приоритеты проектов периодически подтверждаются менеджментом холдинга (как правило, каждый месяц), при необходимости выполняется коррекция приоритетов в ту или иную сторону.

3.1.3 Оптимизация процесса планирования проекта

Несмотря на условия фактически полной неопределенности работать предприятие должно максимально эффективно. Менеджментом предприятия-разработчика было продолжено формирование планов работ на 100 % располагаемой мощности (ресурсоёмкости). Однако, как показало время, процент выполнения планов оказался очень низким, хотя при этом предприятие отработывало весь фонд располагаемого времени. Анализ производственной ситуации показал, что причина состоит в том, что в процессе планового периода возникает много незапланированных работ от заказчиков, которые тоже необходимо выполнять и достаточно быстро. Такие внеплановые работы были высокой степени срочности и должны были выполняться в ущерб выполнению плановым работам. В результате на предприятии-разработчике сложилась тупиковая ситуация: предприятие никогда не выполнит план проектных работ, а организовать при этом эффективную работу не представляется возможным.

Для выхода из сложившейся ситуации было предложено разделить ресурсные возможности предприятия-разработчика на две неравные части. Первая

часть – это плановые работы, обязательные к выполнению. Вторая часть – это работы, выполняемые из дополнительного перечня работ и срочно возникающих работ. Далее возникла задача: как определить рациональное соотношение ресурсов между проектами с различными приоритетами. Для определения этого соотношения на предприятии-разработчике решили параллельно применить две методики для выработки оптимального решения: проанализировать статистические данные по выполнению проектов прошлых лет и использовать мнение специалистов-экспертов. В таблице 2.1 приведены результаты анализа соотношений плановых и сверхплановых (внеплановых) проектов за пять лет, где н/ч – нормо-часы, затраченные на выполнение проектных работ. Приведённые статистические данные в определённой мере присущи и для других проектных организаций, проектирующих сложные технические объекты.

На основе анализа статистических данных менеджментом предприятия-разработчика было принято решение установить соотношение 70 %-30 %, или просто 70-30, где 70 % мощности (ресурсов) предприятия выделяется на проекты, обязательные к выполнению, а 30 % мощности – на проекты из дополнительного перечня и сверхплановые (сверхсрочные) проекты.

В ходе эвристической оптимизации системы приоритетов на основе метода экспертных оценок [70, 120] специалистами-экспертами рассматривались конкурирующие варианты 90-10, 80-20, 70-30 и 60-40. В результате разностороннего экспертного анализа с привлечением широкого круга специалистов была выбрана система 70-30 как оптимальная для сложившейся проектной практики на данном предприятии-разработчике.

Результатом внедрения разработанной методики стал рост количества проектов, выполненных в ранее запланированные сроки (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Результаты проектной деятельности после внедрения методики ранжирования проектов

№ п/п	Год	Количество проектов, шт.	Количество выполненных проектов в плановые сроки, шт.	Выполнено проектов в срок, %
Без методики по приоритезации				
1	2018	1378	619	45
2	2019	1527	801	52
3	2020	1324	699	53
С методикой по приоритезации				
4	2021	1647	1100	67
5	2022	1428	1022	72
6	2023	1479	1106	75

3.2 Оценка качества планирования производственной деятельности предприятия-разработчика авиационной техники

В процессе планирования производственной деятельности в НЦВ проектными командами формируются проектные графики. При решении данной задачи НЦВ столкнулось с проблемой распределения ресурсов, прежде всего – трудовых. Это связано, в основном, с тем, что на предприятии ведется одновременно огромное количество различных тем, и поэтому один сотрудник может параллельно участвовать в нескольких темах – вплоть до десяти [59, 128]. Поэтому в НЦВ возникла задача совершенствования процесса производственного планирования, направленного на обеспечение слаженности и ритмичности хода всех производственных процессов, организацию согласованной работы всех подразделений НЦВ для обеспечения равномерного выполнения проектов по номенклатуре при полном и рациональном использовании имеющихся экономических и производственных ресурсов и, в конечном итоге, на наибольшее удовлетворение основных потребностей заказчика и увеличения прибыли, получаемой АО «НЦВ Миль и Камов».

Поэтому возникла необходимость разработки методики оценки качества процесса производственного планирования для использования в действующей на предприятии системе мотивации команд управления проектами.

Для оптимизации процесса производственного планирования необходимы система показателей его качества и методы их оценки [7, 8, 12, 13, 14, 49], а совершенствование процесса с целью повышения ритмичности производственного процесса предприятия-разработчика АТ следует осуществлять на основе цикла развития DMAIC, широко применяемого в различных отраслях промышленности (рисунок 3.2) [10, 48, 117]. При этом методика оценки качества процесса производственного планирования должна использоваться на стадии измерения цикла развития DMAIC.

3.2.1 Определение коэффициента качества планирования за отчетный месяц

С целью мотивации команд управления проектами в части заблаговременного планирования задач проекта, определения сроков и объемов выполняемых работ, выполнения обеспечивающих функций и расчета премиальной части фонда оплаты труда дирекции программ и подразделений главных конструкторов, создания условий своевременного выполнения работ по проектам, предложено использование коэффициента качества планирования $K_{\text{ПЛ}}$ [82].

Коэффициент качества планирования принимает значения от 0 до 1 и рассчитывается с точностью третьего знака после запятой для дирекции программ за отчетный месяц по формуле:

$$K_{\text{ПЛ}} = w_{\text{П}} \cdot K_{\text{ПОЛН}} + w_{\text{В}} \cdot K_{\text{ВЫП}},$$

где $K_{\text{ПОЛН}}$, $K_{\text{ВЫП}}$ – критерии оценки качества планирования, $w_{\text{П}}$, $w_{\text{В}}$ – весовые коэффициенты, определяемые методом экспертных оценок [12, 15, 70, 120]. На текущем этапе внедрения методики оценки качества процесса производственного

планирования значения весовых коэффициентов определены как $w_{\Pi} = 0,4$, $w_{В} = 0,6$, и в зависимости от производственной ситуации могут быть изменены в ту или другую сторону.

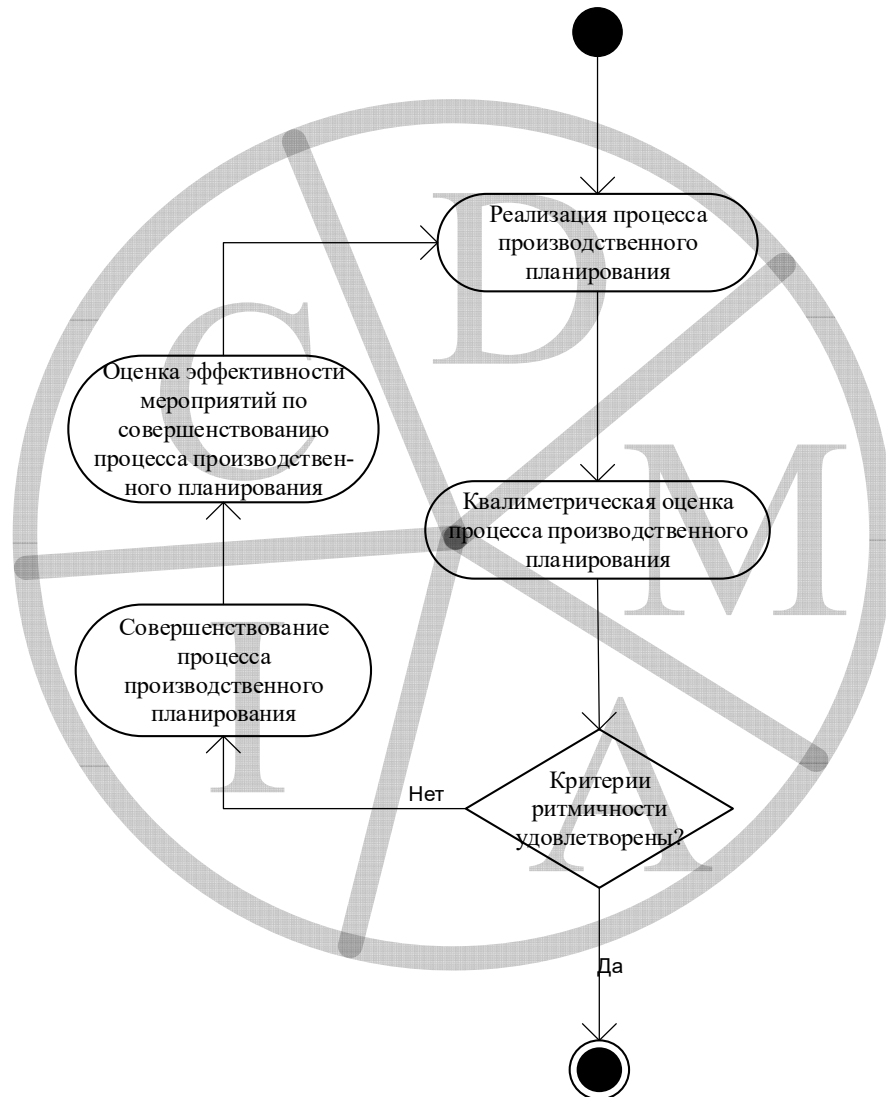


Рисунок 3.2 – Управление ритмичностью производственного процесса предприятия-разработчика АТ

Критерий полноты планирования выполняющихся проектов $K_{\text{ПОЛН}}$ связывает объемные параметры планирования и направлен на повышение качества управления содержанием проектов (полнота номенклатуры выполняемых задач с

корректной оценкой их трудоемкости, заблаговременная корректировка планов) и определяется по зависимости

$$K_{\text{полн}} = \frac{\sum_{i=1}^N K_{\text{полн}_i}}{N},$$

где N – количество выполняющихся проектов дирекции, а $K_{\text{полн}_i}$ – оценка полноты планирования i -го выполняющегося проекта. $K_{\text{ПОЛН}}$ является математическим ожиданием коэффициента качества планирования по всем выполняющимся проектам дирекции программ.

Критерий выполнения плана за отчетный месяц $K_{\text{вып}}$ характеризует своевременность выполнения сдаточных позиций, т. е. 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 сдаточных позиций с плановым окончанием в отчетном месяце либо ранее.

Оценка полноты планирования i -го выполняющегося проекта производится по зависимости

$$K_{\text{полн}_i} = K_{\text{пг}_i} \cdot K_{\text{расп}_i} \cdot K_{\text{об}_i},$$

где $K_{\text{пг}_i}$ – коэффициент своевременности подготовки и согласования плана-графика проекта (этапа проекта) и регистрации его в информационной системе управления проектами НЦВ в статусе «Планируется»;

$K_{\text{расп}_i}$ – коэффициент своевременности выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту (этапу проекта) и перевод плана-графика в статус «Выполняется» (включение работ в планы опытного производства);

$K_{\text{об}_i}$ – коэффициент полноты проработки и планирования составов работ.

Коэффициент $K_{\text{об}_i}$ может принимать минимальное значение 0, если плановая трудоемкость на отчетный месяц задач опытного производства изменилась более чем на 20 %, либо работы не планировались, или максимальное значение 1, если плановая трудоемкость задач опытного производства по проекту не изменялась, выполнение работ планировалось, и определяется по формуле

$$K_{\text{об}_i} = \begin{cases} 0, & \text{если } V_{\text{пн}} = 0 \text{ или } \frac{V_{\text{по}}}{V_{\text{пн}}} > 0,2, \\ 1 - \frac{V_{\text{по}}}{0,2V_{\text{пн}}}, & \text{если } \frac{V_{\text{по}}}{V_{\text{пн}}} \leq 0,2, \\ 1, & \text{если } V_{\text{по}} = V_{\text{пн}}, \end{cases}$$

где $V_{\text{по}}$ – плановый объем трудозатрат проекта по окончанию месяца, $V_{\text{пн}}$ – плановый объем трудозатрат на начало месяца. Формула вычисляет относительное отклонение объема трудозатрат на начало квартала (в утвержденном квартальном плане) от объема на окончание отчетного периода как в сторону уменьшения, так и увеличения. В случае отклонения более чем на 20 %, коэффициент принимает значение 0. В противном случае коэффициент изменяется линейно в диапазоне от 0 до 1 при отклонениях в диапазоне 20 %–0 % (рисунок 3.3).

Коэффициенты $K_{\text{пг}_i}$ и $K_{\text{расп}_i}$ используются для мотивации команды управления проектом в части заблаговременной проработки и подготовки минимально необходимого объема проектной документации для включения работ в планы опытного производства согласно действующей нормативной документации (утвержденный генеральным директором план-график проекта и оформленное распоряжение на открытие заказа).

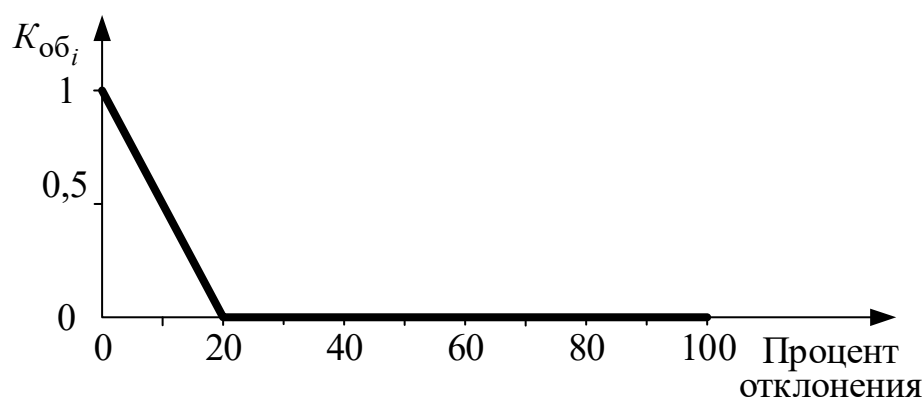


Рисунок 3.3 – Графическое представление изменения значений коэффициента полноты проработки и планирования составов работ

На первоначальном этапе внедрения методики оценки качества процесса производственного планирования коэффициенту $K_{пл_i}$ назначалось минимальное значение 0,9, если план график не был подготовлен и утвержден до планового начала выполнения работ, или максимальное значение 1, если план график был подготовлен и утвержден до планового начала выполнения работ. Аналогично коэффициенту $K_{расп_i}$ назначалось минимальное значение 0,85, если распоряжение не было выпущено до 1 числа месяца планового начала работ (включительно), или максимальное значение 1, если распоряжение было выпущено до 1 числа месяца (включительно) планового начала работ.

3.2.2 Система нечеткого вывода значений критерия полноты планирования выполняющихся проектов

Недостатком представленного выше подхода к определению значений коэффициентов $K_{пл_i}$ и $K_{расп_i}$ является слабая мотивация команды управления проектом к уменьшению дней просрочки, так как в результате любого количества дней просрочки значения коэффициентов $K_{пл_i}$ и $K_{расп_i}$ принимают значения 0,9

и 0,85 соответственно и в дальнейшем не изменяются и поэтому не только влияют на размеры материального стимулирования.

На следующем этапе внедрения методики оценки качества процесса производственного планирования для определения значений коэффициентов $K_{\text{пл}_i}$ и $K_{\text{расп}_i}$ стала применяться система нечеткого вывода, использующая нечеткие лингвистические переменные вида $\langle \beta, T, X \rangle$ и правила нечеткого вывода для преобразования таких типов значений показателей в количественный вид в формате «ЕСЛИ A , ТО B » (или в формате: «IF A THEN B »), в соответствии с нотацией, предложенной в стандарте МЭК 1131-7 [142], где A и B – нечеткие лингвистические высказывания, определяемые по методике, реализующей алгоритм Мамдани и представленной, например, в [10, 44, 49, 68, 104, 141].

На первом этапе алгоритма Мамдани, как было отмечено выше, формируется база правил системы нечеткого вывода. При его реализации были введены входные лингвистические переменные системы нечеткого вывода [82]:

β_1 – «Просрочка подготовки и согласования плана-графика проекта»;

β_2 – «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту».

Для входных лингвистических переменных β_1 и β_2 были установлены области определения (универсумы) $X_{1,2} = [0; 30]$ (количество дней просрочки), базовые терм-множества T_1 и T_2 , включающие следующие пять нечетких переменных $\alpha_{(1,2),i}$, где $i = 1 \dots 5$, – {«Отсутствует», «Низкая», «Средняя», «Высокая», «Очень высокая»}, а также соответствующие нечеткие множества вида $\{x, \mu(X)\}$ с функциями принадлежности $\mu_1(X_1)$, $\mu_2(X_2)$, описывающие возможные значения, которые могут принимать данные нечеткие переменные.

Функции принадлежности и графики функций принадлежности полученных нечетких переменных входных лингвистических переменных β_1 – «Просрочка

подготовки и согласования плана-графика проекта» и β_2 – «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» представлены в таблице 3.3 и на рисунках 3.4 и 3.5. В таблице 3.3 использована нотация записи функций принадлежности в виде кусочно-линейных функций, представленная в [68]. Данной нотацией предусматриваются следующие основные типы функций принадлежности: $f_{\Delta}(x; a, b, c)$ – треугольная, $f_T(x; a, b, c, d)$ – трапециевидная, $f_{\uparrow}(x; a, b)$ – линейная Z -образная, $f_{\downarrow}(x; a, b)$ – линейная S -образная, где a, b, c, d – некоторые числовые параметры, образующие неубывающую последовательность.

Таблица 3.3 – Функции принадлежности нечетких множеств, соответствующих нечетким переменным для лингвистических переменных «Просрочка подготовки и согласования плана-графика проекта» и «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту»

Терм-множество	Нечеткая переменная	Функция принадлежности
T_1	$\alpha_{1,1}$ «Отсутствует»	$f_{\downarrow}(x; 0, 1)$
	$\alpha_{1,2}$ «Низкая»	$f_T(x; 0, 1, 3, 6)$
	$\alpha_{1,3}$ «Средняя»	$f_T(x; 1, 5, 8, 30)$
	$\alpha_{1,4}$ «Высокая»	$f_T(x; 6, 13, 20, 30)$
	$\alpha_{1,5}$ «Очень высокая»	$f_{\uparrow}(x; 12, 23)$
T_2	$\alpha_{2,1}$ «Отсутствует»	$f_{\downarrow}(x; 0, 1)$
	$\alpha_{2,2}$ «Низкая»	$f_T(x; 0, 1, 2, 17)$
	$\alpha_{2,3}$ «Средняя»	$f_T(x; 1, 3, 8, 27)$
	$\alpha_{2,4}$ «Высокая»	$f_T(x; 7, 14, 22, 30)$
	$\alpha_{2,5}$ «Очень высокая»	$f_{\uparrow}(x; 12, 26)$

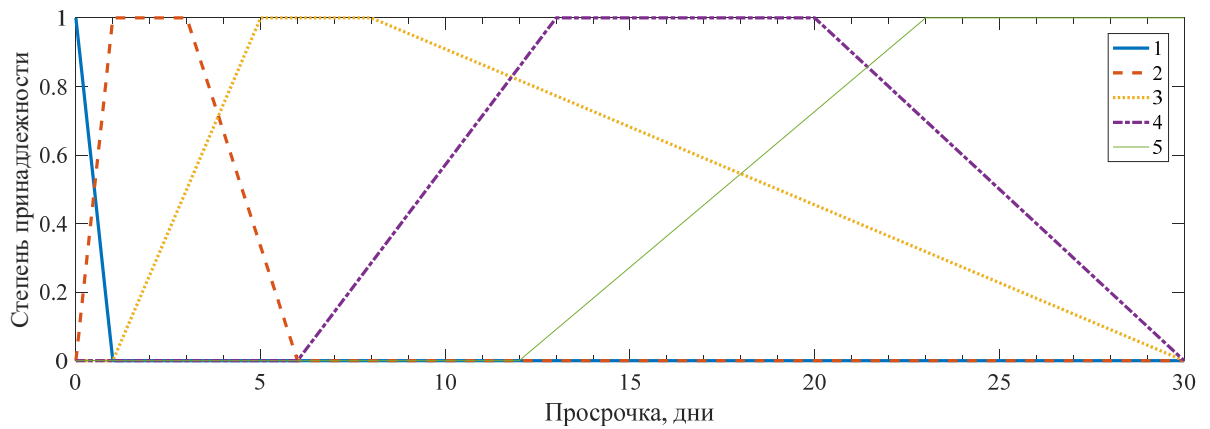


Рисунок 3.4 – Графики функций принадлежности нечетких множеств, соответствующих нечетким переменным для лингвистической переменной «Просрочка подготовки и согласования плана-графика проекта»: 1 – «Отсутствует», 2 – «Низкая», 3 – «Средняя», 4 – «Высокая», 5 – «Очень высокая»

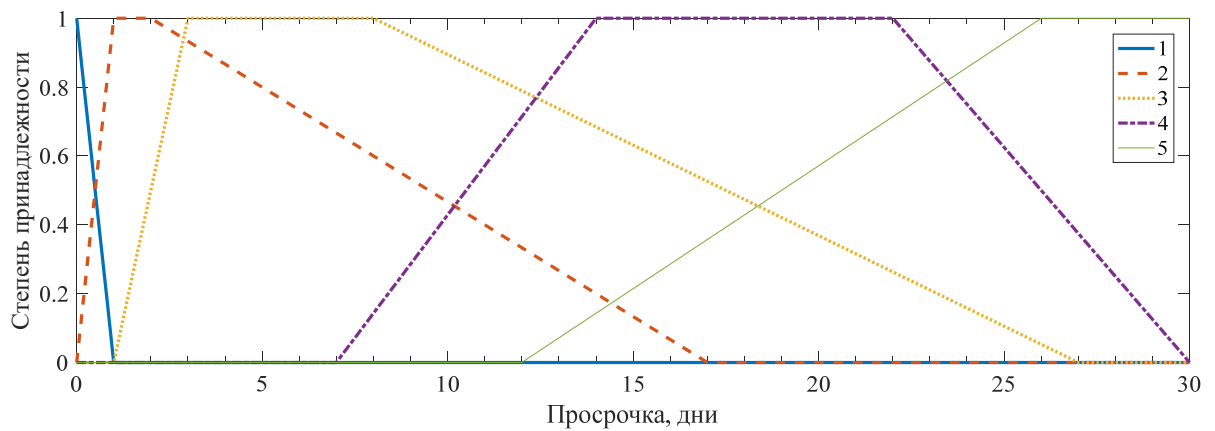


Рисунок 3.5 – Графики функций принадлежности нечетких множеств, соответствующих нечетким переменным для лингвистической переменной «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту»: 1 – «Отсутствует», 2 – «Низкая», 3 – «Средняя», 4 – «Высокая», 5 – «Очень высокая»

Аналогично входным получены соответствующие выходные лингвистические переменные системы нечеткого вывода:

β_1' – «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта»;

β_2' – «Своевременность выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту»,

а также их области определения (универсумы) $Y_{(1,2)} = [-0,1; 1,1]$ (количество дней просрочки), базовые терм-множества T_1' , включающие следующие пять нечетких переменных $\alpha'_{(1,2),i}$, где $i=1...5$, – {«Очень высокая», «Высокая», «Средняя», «Низкая», «Очень низкая»}, соответствующие нечеткие множества с функциями принадлежности $\mu'_1(X_1)$, $\mu'_2(Y_2)$.

Функции принадлежности и графики функций принадлежности полученных нечетких переменных выходных лингвистических переменных β_1' – «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта» и β_2' – «Своевременность выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» представлены в таблице 3.4 и на рисунке 3.6.

Таблица 3.4 – Функции принадлежности нечетких множеств, соответствующих нечетким переменным для лингвистических переменных «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта» и «Своевременность выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту»

Терм-множество	Нечеткая переменная	Функция принадлежности
T_1', T_2'	$\alpha'_{1,1}, \alpha'_{2,1}$ «Очень высокая»	$f_{\Delta}(x; 0,9, 1, 1,1)$
	$\alpha'_{1,2}, \alpha'_{2,2}$ «Высокая»	$f_{\Delta}(x; 0,5, 0,8, 1,1)$
	$\alpha'_{1,3}, \alpha'_{2,3}$ «Средняя»	$f_{\Delta}(x; 0, 0,5, 1)$
	$\alpha'_{1,4}, \alpha'_{2,4}$ «Низкая»	$f_{\Delta}(x; -0,1, 0,2, 0,5)$
	$\alpha'_{1,5}, \alpha'_{2,5}$ «Очень низкая»	$f_{\Delta}(x; -0,1, 0, 0,1)$

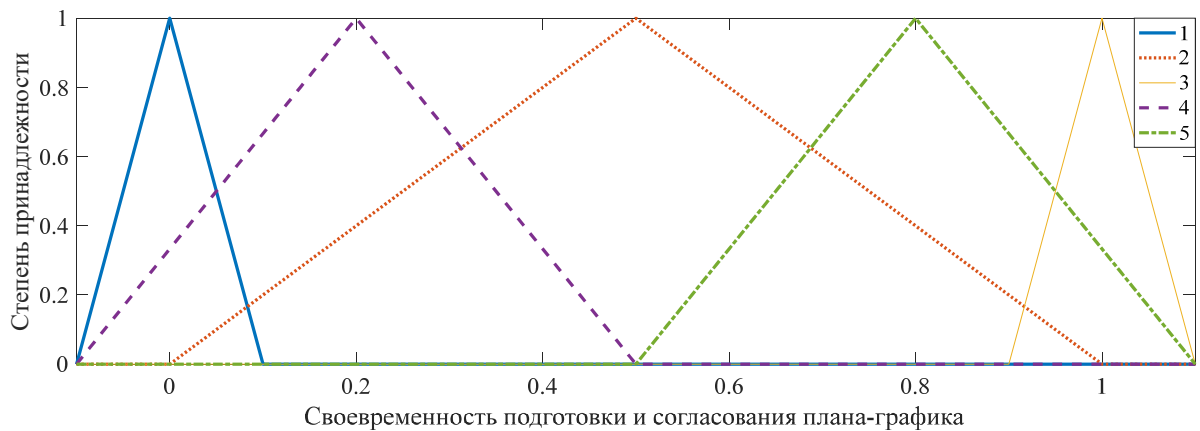


Рисунок 3.6 – Графики функций принадлежности нечетких множеств, соответствующих нечетким переменным для лингвистических переменных «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта» и «Своевременность выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту»: 1 – «Очень высокая», 2 – «Высокая», 3 – «Средняя», 4 – «Низкая», 5 – «Очень низкая»

На первом этапе алгоритма нечеткого вывода Мамдани была создана база правил нечетких продукций, записанных в форме [10, 68, 141]:

ПРАВИЛО <#>: ЕСЛИ « β_1 есть α' », ТО « β_2 есть α'' » (F),

где нечеткое лингвистическое высказывание « β_1 есть α' » представляет собой условие правила нечеткой продукции, а нечеткое лингвистическое высказывание « β_2 есть α'' » – нечеткое заключение данного правила, F – коэффициент определенности или весовой коэффициент правила. При этом считается, что $\beta_1 \neq \beta_2$.

Разработанная в результате система нечеткого вывода для каждой лингвистической переменной β_1 и β_2 содержит по 5 правил нечетких продукций:

Для переменной β_1 :

1. ЕСЛИ «Просрочка подготовки и согласования плана-графика проекта» есть «Отсутствует» ТО «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта» есть «Очень высокая» (1);

2. ЕСЛИ «Просрочка подготовки и согласования плана-графика проекта» есть «Низкая» ТО «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта» есть «Высокая» (1);

3. ЕСЛИ «Просрочка подготовки и согласования плана-графика проекта» есть «Средняя» ТО «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта» есть «Средняя» (1);

4. ЕСЛИ «Просрочка подготовки и согласования плана-графика проекта» есть «Высокая» ТО «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта» есть «Низкая» (1);

5. ЕСЛИ «Просрочка подготовки и согласования плана-графика проекта» есть «Очень высокая» ТО «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта» есть «Очень низкая» (1);

Для переменной β_2 :

1. ЕСЛИ «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» есть «Отсутствует» ТО «Своевременность выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» есть «Очень высокая» (1);

2. ЕСЛИ «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» есть «Низкая» ТО «Своевременность выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» есть «Средняя» (0,1);

3. ЕСЛИ «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» есть «Средняя» ТО «Своевременность выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» есть «Низкая» (0,5);

4. ЕСЛИ «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» есть «Высокая» ТО «Своевременность выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» есть «Низкая» (0,5);

5. ЕСЛИ «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» есть «Очень высокая» ТО «Своевременность выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту» есть «Очень низкая» (1).

Данные правила нечетких продукций по результатам применения системы нечеткого вывода в МЦВ при необходимости будут уточняться.

На втором этапе алгоритма Мамдани производится фаззификация входных переменных. Дальнейшее рассмотрение алгоритма проведем на примере лингвистической переменной «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту». В этом случае значение количества дней просрочки x используется в качестве аргумента функции принадлежности $\mu_{1,i}(x)$ нечетких переменных $\alpha_{1,i}$ лингвистической переменной β_1 «Просрочка выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту», тем самым находится количественное значение функций принадлежности $b_{1,k} = \mu_{1,i}(x)$ нечетких переменных $\alpha_{1,i}$, входящих в подусловие k -го правила базы правил разработанной системы нечеткого вывода. Для рассматриваемой системы нечеткого вывода $k = i$. Этап фаззификации заканчивается нахождением всех значений функций принадлежности $b_{1,k}$ для всех нечетких переменных $\alpha_{1,i}$, входящих в подусловия всех правил базы правил.

На третьем этапе происходит агрегирование подусловий в нечетких правилах продукций, т. е. определение степени истинности условий по каждому из правил системы нечеткого вывода [10]. Так как в рассматриваемой системе нечеткого вывода правила состоят из одного подусловия, то степень истинности условий по

каждому из правил системы нечеткого вывода равна соответствующему значению функции принадлежности $b_{1,k}$ нечеткой переменной $\alpha_{1,i}$, входящей в подусловие соответствующего правила. Этап агрегирования заканчивается нахождением значений степени истинности условий по каждому из правил системы нечеткого вывода.

Четвертым этапом процедуры нечеткого вывода по алгоритму Мамдани является активизация или композиция подзаключений в нечетких правилах продукций с учетом весовых коэффициентов правил $F_{1,k}$ путем определения функций принадлежности нечеткой переменной $\mu''_{1,k}(y)$ выходной лингвистической переменной β'_1 «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта» с использованием метода нечеткой композиции \min -активизация:

$$\mu''_{1,k}(y) = \min \{c_{1,k}, \mu'_{1,k}(y)\},$$

где $c_{1,k} = F_{1,k} \cdot b_{1,k}$; $\mu'_{1,k}(y)$ – функция принадлежности нечеткой переменной выходной лингвистической переменной β'_1 «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта» в k -м правиле базы правил разработанной системы нечеткого вывода.

Этап активизации заканчивается определением для каждой из выходных лингвистических переменных, входящих в отдельные подзаключения правил нечетких продукций, функций принадлежности нечетких множеств их значений [10].

На этапе аккумуляирования заключений нечетких правил продукций происходит объединение всех степеней истинности подзакключений $\mu''_{1,k}(y)$ методом \max -объединения для получения функции принадлежности $\mu''(y)$ выходной переменной β'_1 «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта»

$$\mu_1''(y) = \max_k(\mu_{1,k}'(y)).$$

На последнем этапе алгоритма Мамдани – дефаззификации – происходит процесс нахождения обычного (не нечеткого) значения выходной лингвистических переменных β_1 «Своевременность подготовки и согласования плана-графика проекта» с использованием метода центра тяжести. Тогда значение коэффициента $K_{\text{пт}i}$ своевременности подготовки и согласования плана-графика i -го проекта (этапа проекта) и регистрации его в информационной системе управления проектами НЦВ в статусе «Планируется» определится по зависимости

$$K_{\text{пт}i} = \frac{\int_{-0,1}^{1,1} y \cdot \mu_1''(y) dy}{\int_{-0,1}^{1,1} \mu_1''(y) dy} = \frac{\int_{-0,1}^{1,1} y \cdot \max_k \{ \min_k [F_{1,k} \cdot \mu_{1,i}(x), \mu_{1,k}'(y)] \} dy}{\int_{-0,1}^{1,1} \max_k \{ \min_k [F_{1,k} \cdot \mu_{1,i}(x), \mu_{1,k}'(y)] \} dy}.$$

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 представлен на рисунке 3.7. В рассматриваемом случае значение коэффициента $K_{\text{пт}i}$ будет равно 0,576 в отличие от предыдущего подхода, когда при любом числе дней просрочки данный коэффициент имеет значение 0,9.

Зависимость значений коэффициента $K_{\text{пт}i}$ от количества дней просрочки, полученное с помощью разработанной системы нечеткого вывода, представлено на рисунке 3.8, а аналогичная зависимость значений коэффициента $K_{\text{расп}i}$ – на рисунке 3.9 [82].

3.3 Мотивация инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники

На основе изучения накопленного опыта в АО «НЦВ Миль и Камов» разработана методика повышения мотивации инженерно-технического персонала

предприятия-разработчика авиационной техники, которая устанавливает порядок распределения премии для подразделений объединенного опытно-конструкторского бюро (ООКБ) по итогам результативности выполнения производственного плана предприятия за месяц [29]. Методика оформлена как локальный нормативный акт (ЛНА). Методика содержит расчеты, направленные на объективное распределение установленной ежемесячной премии между подразделениями ООКБ по результатам выполнения производственного плана. Методика предназначена для руководителей ООКБ, сотрудников КБ, а также иных сотрудников, назначенных ответственными за контроль расчета распределения премии.

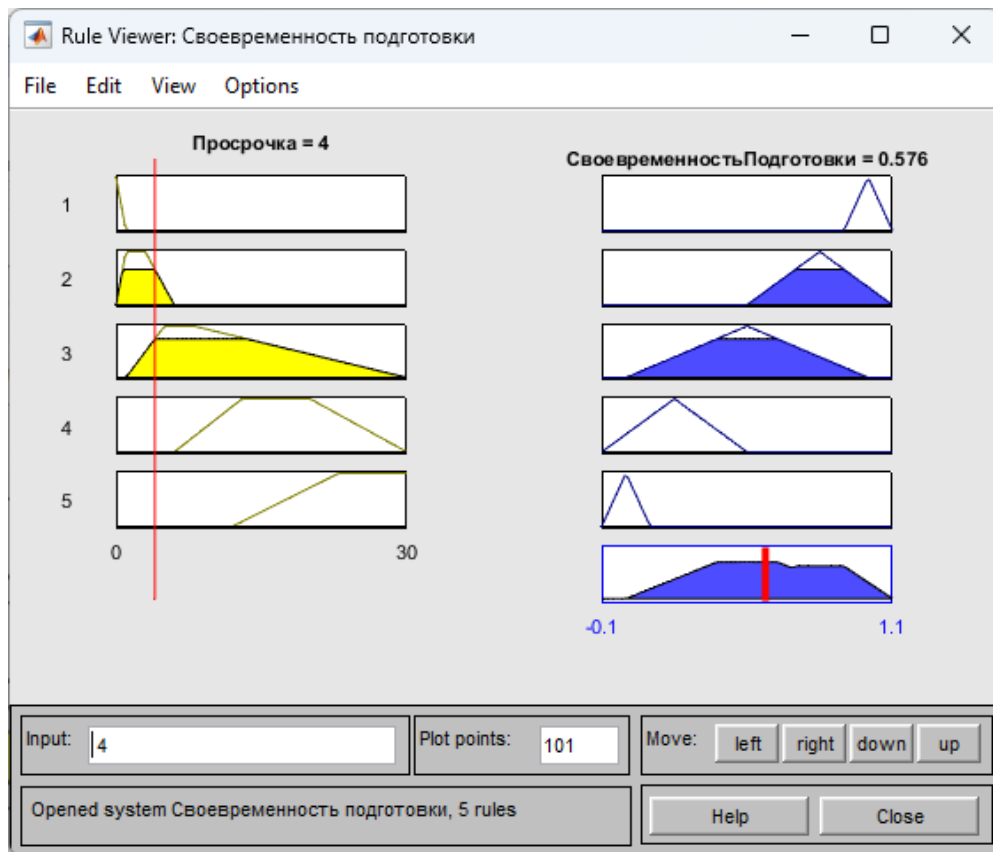


Рисунок 3.7 – Пример расчета значения коэффициента своевременности подготовки и согласования плана-графика i -го выполняющегося проекта в среде Matlab

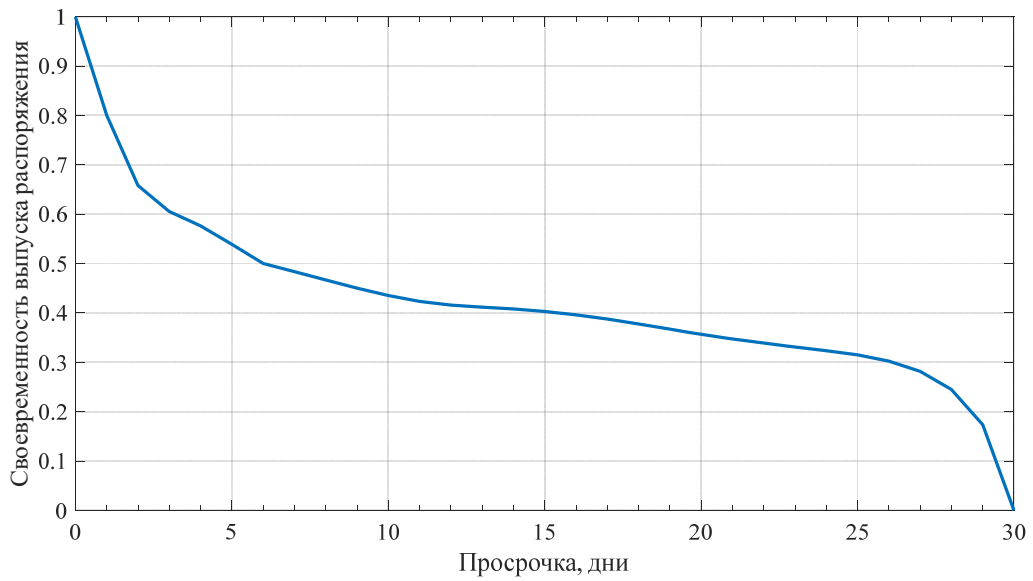


Рисунок 3.8 – Зависимость значений коэффициента своевременности подготовки и согласования плана-графика проекта (этапа проекта) от количества дней просрочки

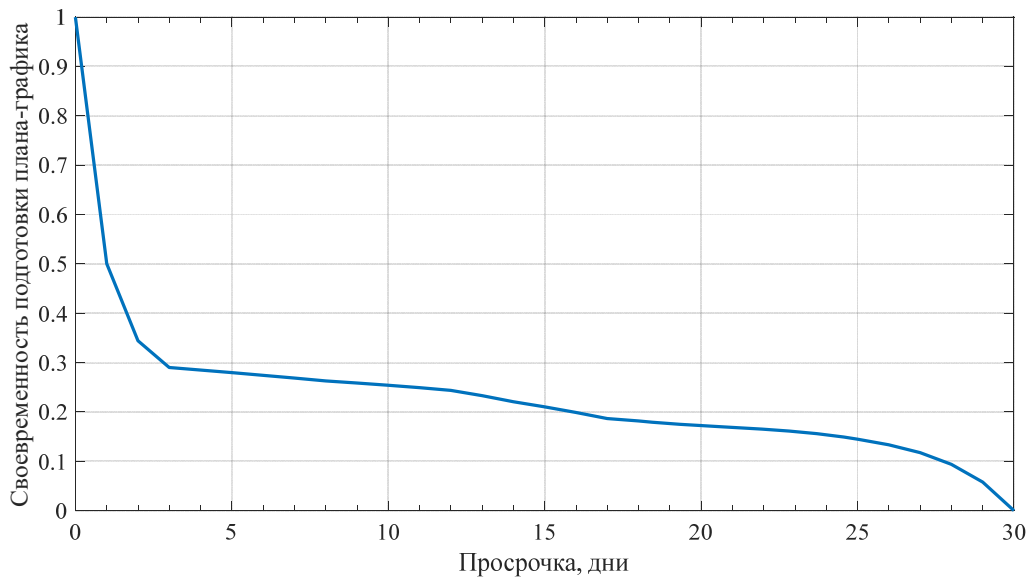


Рисунок 3.9 – Зависимость значений коэффициента своевременности выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту (этапу проекта) от количества дней просрочки

Разработанная в АО «НЦВ Миль и Камов» методика использует следующие специальные термины:

– *детализированная сдаточная позиция* – конкретная работа (задача), выполняемая подразделением со сроком завершения в отчетном месяце, а также с прошедшим сроком, но подлежащая к выполнению;

– *фактическая загрузка* – отношение объема работы, измеренного в единицах времени (часах) к фонду рабочего времени (выраженное в процентах);

– *нормо-час* – показатель, характеризующий количество времени, используемого на предприятии для выполнения той или иной производственной задачи;

– *человеко-час* – единица измерения рабочего времени, соответствующая часу фактической работы одного человека;

– *работы с признаком «П»* – приоритетные работы, которые необходимо выполнить в первую очередь, определенные в соответствии с ЛНА «Методика определения приоритета проекта»;

– *отчет о выполнении производственного плана предприятия* – отчетная форма установленного вида, содержащая информацию о номенклатуре, планируемых и фактических трудозатратах, сроках по основной тематике и мощности по основному производственному персоналу;

– *показатель исполнения производственного плана* – данные, на основании которых можно судить об исполнении производственного плана предприятия;

– *коэффициент качества* – параметр, рассчитываемый ежемесячно подразделением методологии качества проектирования.

Разработанная методика своей целью имеет мотивацию руководителей КБ в части ритмичного выполнения производственного плана подразделения, заблаговременного планирования задач в подразделении, определения сроков и объемов выполняемых работ и создания условий своевременного выполнения работ по проектам. 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.

При распределении премии по детализированным сдаточным позициям принимается количество выполненных работ в штуках (единицах), по фактической загрузке плановыми работами (с признаком «П») – мощность в человеко-часах (ч/ч) и трудоемкость в нормо-часах (н/ч). До начала распределения премии, установленный бюджетным комитетом на текущий месяц, размер премии делится на две равные части. Расчет производится отдельно по каждой части: по ритмичному выполнению детализированных сдаточных позиций и по ритмичности фактической загрузки плановыми работами (с признаком «П»). По окончании расчета обе части суммируются. Расчет премии производится отдельно по каждому подразделению ООКБ. При расчете премии по итогам выполнения производственного плана учитывается коэффициент качества.

3.3.1 Расчет части премии по итогам выполнения детализированных сдаточных позиций

Расчет части премии по итогам выполнения детализированных сдаточных позиций производится на основе следующих показателей:

- плана по детализированным сдаточным позициям;
- ритмичности при выполнении плана детализированных сдаточных позиций с признаком «П»;
- невыполнения плана детализированных сдаточных позиций с признаком «П»;
- выполнения дополнительных детализированных сдаточных позиций.

Порядок расчета следующий.

Ритмичность при реализации плана по детализированным сдаточным позициям с признаком «П» в процентах выполнения определяется по формуле:

$$\text{ПП} = \frac{\text{СП}_{\text{выпП}}}{\text{СП}_{\text{плП}}} \cdot 100 ,$$

где ПП – процент выполнения плана по детализированным сдаточным позициям с признаком «П», характеризующий ритмичность работы подразделения при реализации плана по детализированным сдаточным позициям с признаком «П»;

$\text{СП}_{\text{выпП}}$ – количество выполненных по плану детализированных сдаточных позиций с признаком «П»;

$\text{СП}_{\text{плП}}$ – количество запланированных детализированных сдаточных позиций с признаком «П».

Расчетная премия за выполнение детализированных сдаточных позиций с признаком «П» в процентах производится по формуле:

$$\text{РП} = \frac{\text{ПП} \cdot K_{14} \cdot \text{УП}}{100} \cdot K_{\text{пл}} ,$$

где РП – расчетная премия за выполнение детализированных сдаточных позиций с признаком «П»;

K_{14} – выравнивающий коэффициент, исходное значение которого равно 1,4 и может быть изменено в результате практического использования методики на предприятии;

УП – 1/2 от установленного бюджетным комитетом процента премии в текущем месяце;

$K_{\text{пл}}$ – коэффициент качества планирования, расчет которого осуществляется по методике, представленной в параграфе 3.2. Коэффициент качества планирования $K_{\text{пл}}$ используется в расчете премиальной части фонда оплаты труда (ФОТ) проектно-конструкторских подразделений предприятия. Этот коэффициент предназначен для мотивации команд управления проектами в части заблаговременного планирования задач проекта, определения сроков и объемов выполняемых работ, для создания условий ритмичного и своевременного выполнения работ по проектам.

В случае если план по детализированным сдаточным позициям с признаком «П» не выполнен на 100 %, что свидетельствует о неритмичной работе подразделения, то установленный процент премии будет распределен не полностью. Остаток распределяется по подразделениям, которые выполнили дополнительные детализированные сдаточные позиции с признаком «Доп».

Нераспределенный остаток премии распределяется за выполнение дополнительных детализированных сдаточных позиций «Доп» в соответствии с долей в процентах, выполненными подразделением дополнительных позиций в общем объеме выполненных дополнительных позиций «Доп» всеми подразделениями.

После распределения процента за выполнение детализированных сдаточных позиций с признаком «П» расчет остатка (не распределенного) процента премии производится по формуле:

$$ОС = УП - РП,$$

где ОС – остаток процента премии после распределения процента за выполнение детализированных сдаточных позиций с признаком «П».

Расчет доли работ «Доп» КБ в общем объеме «Доп» ООКБ в процентном отношении рассчитывается по формуле:

$$Д_{др} = \frac{K_{0,5} \cdot СП_{доп} \cdot ССЧ_{ООКБ}}{\sum СП_{доп} \cdot ССЧ_{КБ}},$$

где $Д_{др}$ – доля работ «Доп» в общем объеме «Доп», в процентах;

$СП_{доп}$ – выполненные дополнительные сдаточные позиции «Доп»;

$K_{0,5}$ – выравнивающий коэффициент, исходное значение которого равно 0,5 и может быть изменено в результате практического использования методики на предприятии;

$\sum СП_{доп}$ – сумма выполненных дополнительных сдаточных позиций «Доп» по ООКБ;

$ССЧ_{КБ}$ – среднесписочная численность сотрудников КБ;

$ССЧ_{ООКБ}$ – сумма среднесписочной численности ООКБ.

При распределении остатка процента премии методика учитывает тот факт, что количественный состав сотрудников в КБ различается. В этой связи при расчете распределения остатка используется коэффициент (K_1), который рассчитывается исходя из отношения количества сотрудников в подразделении каждого КБ к общей среднесписочной численности сотрудников ООКБ. Указанный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$K_1 = \frac{Д_{др}}{\sum Д_{др}} \cdot 100,$$

где K_1 – коэффициент для распределения остатка по сдаточным позициям;

$\sum Д_{др}$ – суммарная доля дополнительных работ «Доп» в общем объеме «Доп» по всему ООКБ, в процентах.

Расчетная премия, т. е. распределение остатка денежных средств, за выполнение дополнительных детализированных сдаточных позиций «Доп» в процентах производится по формуле:

$$PO = \frac{K_1 \cdot OC}{100},$$

где PO – премия за выполнение дополнительных сдаточных позиций «Доп» в процентах (распределение остатка).

Итоговая доля расчетной премии в процентах за выполнение детализированных сдаточных позиций рассчитывается по формуле:

$$ПИ = РП + PO,$$

где $ПИ$ – итоговая расчетная премия за выполнение детализированных сдаточных позиций в процентах.

3.3.2 Расчет части премии по итогам выполнения нормо-часов

Расчет части премии по итогам выполнения нормо-часов производится на основе следующих показателей:

- плановой мощности оперативно-производственного персонала (ОПП);
- 70 % от плановой мощности ОПП;
- ритмичности при выполнении плановых работ с признаком «П»;
- 70 % выполнения плановых работ с признаком «П»;
- объема выполненных дополнительных работ.

Распределение части премии производится по результатам оценки ритмичности распределения фактической загрузки подразделения по плановым работам (с признаком «П») и дополнительным работам «Доп».

Целевым показателем ритмичности на предприятии установлено следующее соотношение: 70 % фактической мощности распределяется на работы с признаком «П», 30 % фактической мощности – на дополнительные работы «Доп». Обоснование данного соотношения приводится в работе [133].

Дальнейшие расчеты производится в следующем порядке. Расчетная премия за выполнение работ с признаком «П» в процентах производится по формуле:

$$РП2 = \frac{ПР}{М_{ПД}} \cdot УП \cdot K_{ПД} ,$$

где РП2 – расчетная премия за выполнение работ с признаком «П» для КБ;

ПР – выполнение плановых работ с признаком «П», н/ч;

$M_{ПД}$ – 70 % от плановой мощности ОПП, н/ч.

Ритмичность при выполнении плановых работ с признаком «П» в н/ч производится по формуле:

$$ПР = \frac{НЧ_{выпП}}{НЧ_{плП}} \cdot 100 ,$$

где ПР – процент выполнения плановых работ с признаком «П» в н/ч, характеризующий ритмичность работы подразделения при реализации плана в н/ч;

$НЧ_{\text{выпП}}$ – количество н/ч, затраченных на выполнение плановых работ с признаком «П»;

$НЧ_{\text{плП}}$ – количество запланированных н/ч на выполнение плановых работ с признаком «П».

В случае, если из-за нарушения ритмичности фактическая загрузка подразделений по работам с признаком «П» менее 70 %, то установленный объем премии будет распределен не полностью. Остаток распределяется по подразделениям, которые выполнили дополнительные работы «Доп» в соответствии с долей дополнительных работ в общем объеме выполненных дополнительных работ.

После распределения части премиального фонда за выполнение плановых работ с признаком «П» расчет нераспределенной части премии производится по формуле:

$$ОС2 = УП - РП2 ,$$

где $ОС2$ – остаток процента премии после распределения процента за выполнение плановых работ с признаком «П».

Расчет относительной доли (в процентах) дополнительных работ «Доп» в общем объеме «Доп» производится по формулам:

$$ДР_{\text{КБ}} = \begin{cases} \frac{ЗДп}{0,3Мп}, & \text{если } ЗДп \leq 0,3Мп, \\ \frac{ЗДп}{0,3Мп} + \frac{ЗДп - 0,3Мп}{2Мп}, & \text{если } ЗДп > 0,3Мп, \end{cases}$$

где $ДР_{\text{КБ}}$ – процент доли дополнительных работ «Доп» КБ в общем объеме «Доп»;

$ЗДп$ – загрузка дополнительными работами «Доп» подразделения, н/ч;

$Мп$ – мощность подразделения, ч/ч.

Расчет доли дополнительных работ (в процентах) производится с учетом коэффициента $К_2$ для распределения остатка по н/ч, который рассчитывается

исходя из отношения процента доли выполнения плановых и дополнительных работы каждым подразделением КБ по отношению к общей доле выполнения плановых и дополнительных работы всего ООКБ. Этот коэффициент рассчитывается по формуле:

$$K_2 = \frac{ДР_{КБ}}{\sum ДР_{КБ}},$$

где $\sum ДР_{КБ}$ – суммарный процент доли дополнительных работ «Доп» в общем объеме «Доп» по всему ООКБ.

Доля расчетной премии (в процентах) за выполнение дополнительных работ «Доп» (распределение остатка) производится по формуле:

$$РО2 = K_2 \cdot ОС2,$$

где РО2 – премия за выполнение дополнительных работ «Доп» в процентах (распределение остатка);

K_2 – коэффициент для распределения остатка по н/ч.

Объем итоговой премии в процентах по нормо-часам рассчитывается по формуле:

$$ПИ2 = РП2 + РО2,$$

где ПИ2 – итоговая премия по нормо-часам.

3.3.3 Расчет общей премии

Общая премия рассчитывается путем сложения итоговых премий по сдаточным позициям и нормо-часам:

$$ПИ_{ОБЩ} = ПИ + ПИ2.$$

По окончании расчета премии формируется сводная таблица, используемая далее руководством ООКБ для распределения размера премии в подразделениях предприятия.

Как выше было сказано, исходные значения выравнивающих коэффициентов K_{14} и $K_{0,5}$ были приняты равными 1,4 и 0,5 соответственно. Эти значения были приняты по результатам проведения экспертизы среди специалистов планово-диспетчерского управления предприятия и подразделения по планированию и контролю производственной деятельности. Организация и проведение этой экспертизы осуществлялись в соответствии с методическими рекомендациями, изложенными в работах [92, 31]. Количественный и качественный подбор группы экспертов осуществлялся по рекомендациям, изложенным в работах [16, 43, 127].

Таким образом, при необходимости по результатам работы экспертов значения коэффициентов K_{14} и $K_{0,5}$ могут быть скорректированы в большую или меньшую стороны в зависимости от производственной ситуации. Так, предполагается, что значение коэффициента K_{14} может варьироваться в пределах от 1,0 до 1,5.

Изложенная методика распределения премии разработана таким образом, что не определяет размер премии для структурного подразделения. Она только распределяет фонд стимулирования предприятия в рамках относительных значений по отделам в структурном подразделении, установленных бюджетным комитетом предприятия. Практическое применение методики в АО «НЦВ Миль и Камов» началось в 2023 г. совместно с методикой планирования загрузки проектно-конструкторских работ [131]. Опыт применения методики распределения премии показал ее работоспособность как инструмента повышения ритмичности работы подразделений ООКБ по выполнению производственных заказов.

3.4 Выводы

1. Установлено, что инструментарий повышения качества планирования производственной деятельности предприятия-разработчика авиационной техники

должен включать методики: ранжирования проектов предприятия-разработчика авиационной техники, оценки качества процесса производственного планирования, повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники.

2. 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.

3. Установлено, что методика оценки качества процесса производственного планирования должна строиться на основе использования коэффициента качества планирования, включающего два критерия: критерий полноты планирования выполняющихся проектов и критерий ритмичности работы структурных подразделений при выполнении плана за отчетный месяц. Причем для расчета компонентов критерия полноты планирования выполняющихся проектов необходимо использование системы нечеткого вывода.

4. Разработана методика повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники, направленная на мотивацию руководителей структурных подразделений в части ритмичного выполнения производственного плана подразделения. Методика устанавливает порядок распределения премии для подразделений предприятия по итогам оценки ритмичности выполнения производственного плана предприятия за месяц.

4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Комплексная методика повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники

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

- проектное планирование;
- производственное планирование.

Процесс проектного планирования в соответствии с [30, 33, 34, 45, 54, 72] включает следующие подпроцессы (рисунок 4.1):

- формирование состава работ;
- формирование плана-графика проекта;
- открытие заказа;
- исполнение, контроль и мониторинг параметров проекта;
- управление изменениями проекта;
- сбор статистических данных на этапе закрытия проекта применения в оценке предстоящих проектов;
- формирование структуры цены;
- формирование и заключение договора.

На различных стадиях жизненного цикла проекта реализуются следующие процессы и подпроцессы управления проектом (рисунок 4.2):

- 1) Инициация (процесс управления проектом, результатом которого является

санкционирование начала проекта или очередной стадии его жизненного цикла):

- получение заявки;
- решение о начале проекта;
- укрупненный состав работ;
- предварительное планирование.

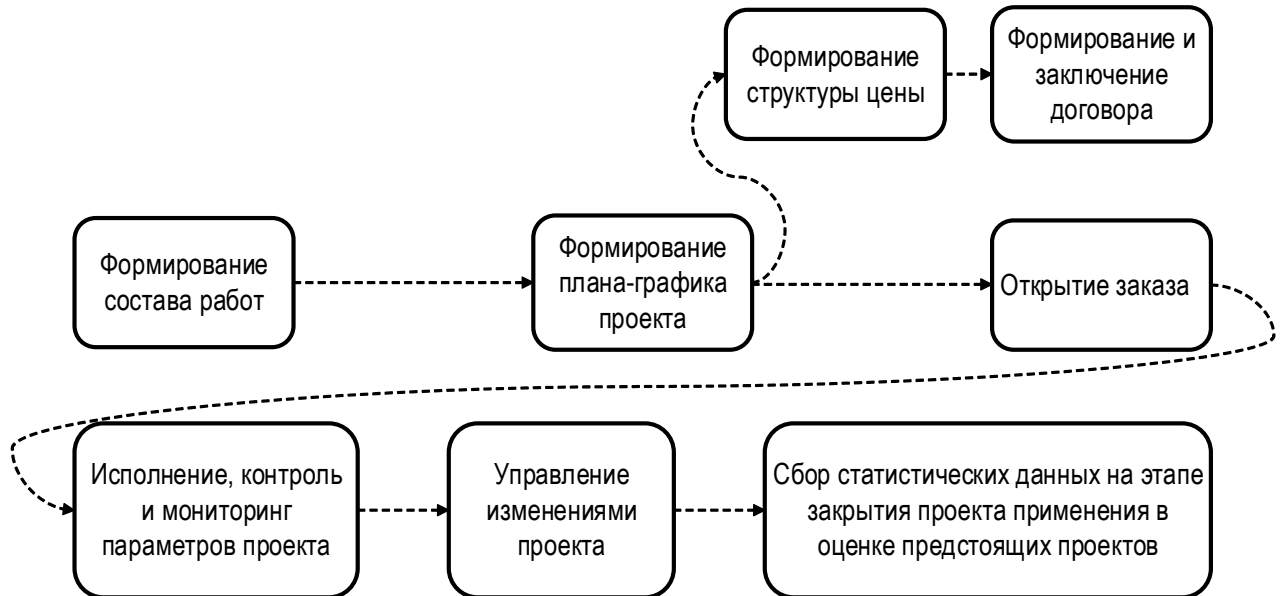


Рисунок 4.1 – Процесс планирования проекта



Рисунок 4.2 – Процессы управления проектом на разных стадиях жизненного цикла

2) Планирование (процесс определения ключевых параметров проекта и формирования плана выполнения проекта, который позволяет сформировать детальное представление о проекте):

- передача ТЗ исполнителям;
- формирование состава работ;
- формирование проекта план-графика;
- уточненное планирование проекта;
- формирование план-графика.

3) Исполнение (процесс реализации составленного плана-графика, концепции и бюджета):

- утверждение план-графика;
- выпуск распоряжения об открытии заказа;
- включение план-графика в портфель проектов (ИСУП);
- исполнение задач проекта; формирование и предоставление отчетов в ИСУП.

4) Управление, контроль (процесс сбора и анализа отчетности, выработка корректирующих воздействий):

- мониторинг и контроль работ проекта;
- интегрированный контроль изменений;
- перепланирование план-графиков;
- анализ портфеля проектов.

5) Закрытие (процесс завершения (прекращения) работ по проекту):

- оформление документов для закрытия проекта;
- закрытие заказа.

Процесс производственного планирования в соответствии с [30, 46, 54, 65, 105, 115, 135] включает следующие подпроцессы (рисунок 4.3):

- формирование перечня выполняющихся проектов;
- приоритезация проектов по утвержденной методике;
- утверждение руководством МЦВ приоритетов проектов;

– формирование производственного плана общества и планов структурных подразделений.

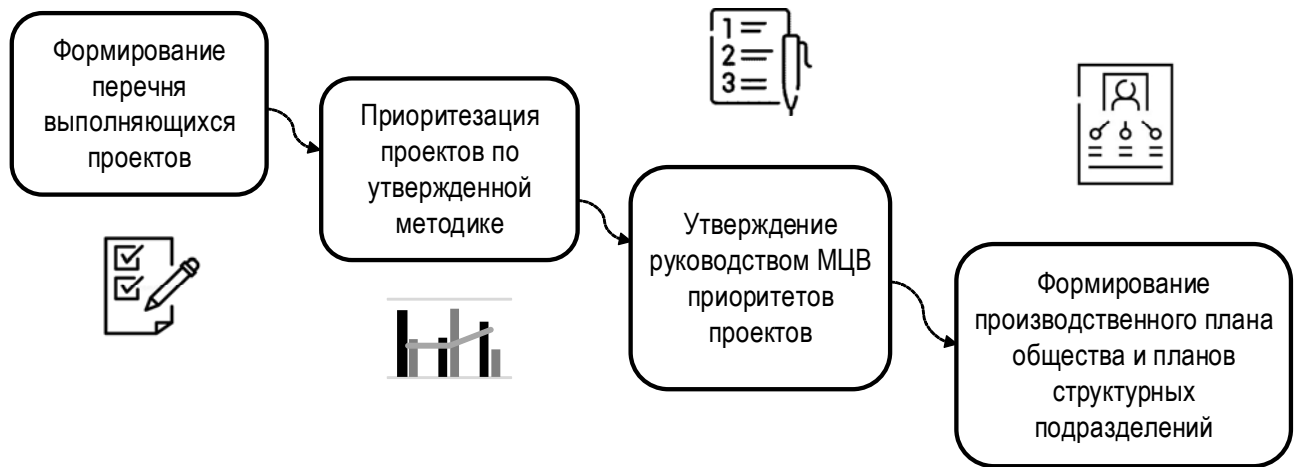


Рисунок 4.3 – Процесс производственного планирования

По всем представленным выше процессам и подпроцессам разработаны локальные нормативные акты с описанием порядка выполнения и критериев в части качества исполнения. При выполнении данных процессов и подпроцессов используются представленные выше разработанные методики:

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

В соответствии с представленным выше циклом DMAIC после завершения каждого процесса и подпроцесса планирования проводится анализ отклонений от соответствующего локального нормативного акта и показателя качества процесса производственного планирования. При необходимости проводится корректировка данного локального нормативного акта.

4.2 Система нормативных документов для исполнителей процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники

Система нормативных документов для исполнителей процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники включает следующие локальные нормативные акты:

1. Стандарт организации «План-график проекта. Оформление и порядок формирования», в котором стандартизован порядок формирования, согласования и оформления плана-графика проекта.

Задачи стандарта:

- систематизация документов, содержащих исходные данные для формирования плана-графика проекта;
- приведение планов-графиков проектов к единому формату;
- стандартизация порядка формирования плана-графика проекта;
- переход к электронному согласованию плана-графика проекта.

2. Стандарт организации «Порядок актуализации планов-графиков проектов в части сроков», в котором стандартизован процесс управления изменениями в проектах в части сроков.

Задачи стандарта:

- систематизация информации, необходимой для внесения изменений;
- приведение процесса управления изменениями проектов к единому формату;
- организация прозрачности оказываемого эффекта в результате предлагаемых изменений;
- стимуляция команды проекта к полноценному планированию на максимально возможный срок.

3. Инструкция «Планирование производственной деятельности в АО «НЦВ Миль и Камов», которая устанавливает принципы среднесрочного и квартального

планирования, требования к содержанию производственных планов АО «НЦВ Миль и Камов», описывает процесс производственного планирования, устанавливает порядок формирования производственного плана общества, а также порядок рассмотрения, согласования, корректировки и утверждения производственного плана АО «НЦВ Миль и Камов».

4. Стандарт организации «Порядок исполнения и контроля исполнения производственного плана», который стандартизует организацию процесса оперативного управления и контроля исполнения производственного плана АО «НЦВ Миль и Камов».

5. Стандарт организации «Порядок формирования планов по сдаточным позициям, корректировка и подведение итогов выполнения планов по сдаточным позициям», который регламентирует порядок формирования планов по сдаточным позициям, корректировки и подведения итогов выполнения планов по сдаточным позициям.

6. Инструкция «Порядок работы в информационной системе управления проектами при внесении отчетной информации по выполняемым проектам, которая используется как справочник для пользователя по внесению данных по еженедельной и ежемесячной отчетности в информационную систему управления проектами. Инструкция определяет:

- требования к заполнению отчетов по фактическим трудозатратам;
- порядок организации учета фактических трудозатрат в проектах;
- краткий порядок представления еженедельной и ежемесячной отчетности.

7. Стандарт организации «Методика определения приоритета проекта», который устанавливает общие требования к порядку организации определения приоритетов проектов, реализуемых в АО «НЦВ Миль и Камов»;

8. Стандарт организации «Методика распределения премии для объединенного опытно-конструкторского бюро АО «НЦВ Миль и Камов», который устанавливает порядок распределения премии для подразделений объединенного опытно-конструкторского бюро (ООКБ) по итогам выполнения

производственного плана АО «НЦВ Миль и Камов» за месяц. Расчеты, изложенные в методике, направлены на объективное распределение установленной ежемесячной премии между подразделениями ООКБ по результатам выполнения производственного плана.

9. Инструкция «Порядок работы с информационной системой управления проектами (ИСУП)», которая используется как справочник работы с системой и содержит разделы:

- описание главного окна системы;
- просмотр сводных данных проектов;
- просмотр данных проекта;
- сортировка;
- фильтрация;
- экспорт в Excel;
- документы проекта.

10. Инструкция «Управление утверждениями», которая используется как справочник для управления утверждениями.

11. Инструкция «Формирование служебных записок с помощью ИСУП», которая описывает работу программы формирования служебных записок, предназначенной для создания служебных записок в формализованном виде с использованием уже имеющихся в ИСУП данных планов-графиков.

12. Инструкция по работе с веб-приложением «Портфель текущих проектов», которая используется как справочник работы с системой. Веб-приложение позволяет:

- в любой момент времени получить краткие сведения о выполняющихся проектах предприятия;
- посмотреть более подробно состояние каждого проекта;
- получить справку о распределении трудоемкости между структурными подразделениями;
- узнать ход фактического выполнения;

- получить информацию по договору и статусу проекта в ИСУП.

13. Инструкция «Руководство пользователя к модулю детализации работ по сотрудникам ИСУП», в которой описана процедура детализации работы по сотрудникам в системе ИСУП.

14. Инструкция «Замещение сотрудника при вводе факта и формировании отчётов о выполнении производственного плана», в которой описана процедура замещения в ИСУП.

15. Инструкция «Простановка отметок наличия задач в плане», в которой для сотрудников планово-диспетчерского отдела описана процедура простановки отметок наличия задач в плане (буква «П»).

4.3 Информационная система управления проектами предприятия-разработчика авиационной техники

Управление проектами на основе комплексной методики повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники осуществляется в рамках корпоративной ИСУП – Информационной Системы Управления Проектами [128, 129]. Как известно, информация служит основой для принятия управленческих решений. Для успешной реализации проекта необходимо обеспечение своевременного предоставления, генерации, рассмотрения, сохранения и распространения необходимой информации по проекту между его участниками. В свою очередь информация должна быть актуальной, достоверной и удобной для восприятия. Все перечисленное реализуется при помощи ИСУП (рисунок 4.4), модернизация архитектуры которой проведена по результатам выполненного диссертационного исследования. Основой ИСУП является единое информационное пространство предприятия-разработчика, предполагающее единые формы документов.

- 1) сложность конструкции изделий и технологических процессов их разработки, производства и эксплуатации;
- 2) большая длительность жизненного цикла авиационных изделий, составляющая до 20-30 лет;
- 3) высокие экономические и технологические риски разработчиков, производителей и заказчиков (эксплуатантов) продукции авиационного авиастроения;
- 4) значительный и постоянно увеличивающийся по годам (в т. ч. в связи с инфляционными процессами) объем затрат на разработку, опытное и серийное производство и послепродажное обслуживание изделий.

Кроме того, к важнейшим направлениям при создании летательных аппаратов в авиастроении целесообразнее отнести представление всех данных об изделиях в стандартизированном формате и наличие единой информационной среды, объединяющего всех участников жизненного цикла изделий (разработчиков, серийных изготовителей, эксплуатирующие организации, ремонтные предприятия, и др.) и содержащего полные сведения об авиационных изделиях [50].

Представленная на рисунке 4.4 информационная система управления проектами построена с учетом отмеченных требований и применением в блоке «Многомерный анализ данных» методики совершенствования качества процесса производственного планирования и составляющих ее методик планирования проектов предприятия-разработчика авиационной техники, приоритизации проектов в портфеле проектов предприятия-разработчика авиационной техники, оценки качества процесса производственного планирования и повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники.

ИСУП предназначена для планирования, управления, анализа и контроля над основной деятельностью предприятия, как в рамках одного проекта, так и в рамках портфеля проектов всего предприятия. 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. ИСУП предназначена для организации рабочего места Директора программы, Руководителя проекта, иных работников, выполняющих роль Руководителя проекта, Администратора проекта, Исполнителя работ (задач) и Администратора системы.

ИСУП обеспечивает соответствующие коммуникации команд проектов, реализуемых в МЦВ, на основе использования возможностей MS Project Server (см. рисунок 4.4). Схема коммуникаций в команде проекта в рамках ИСУП на предприятии представлена на рисунке 4.5.

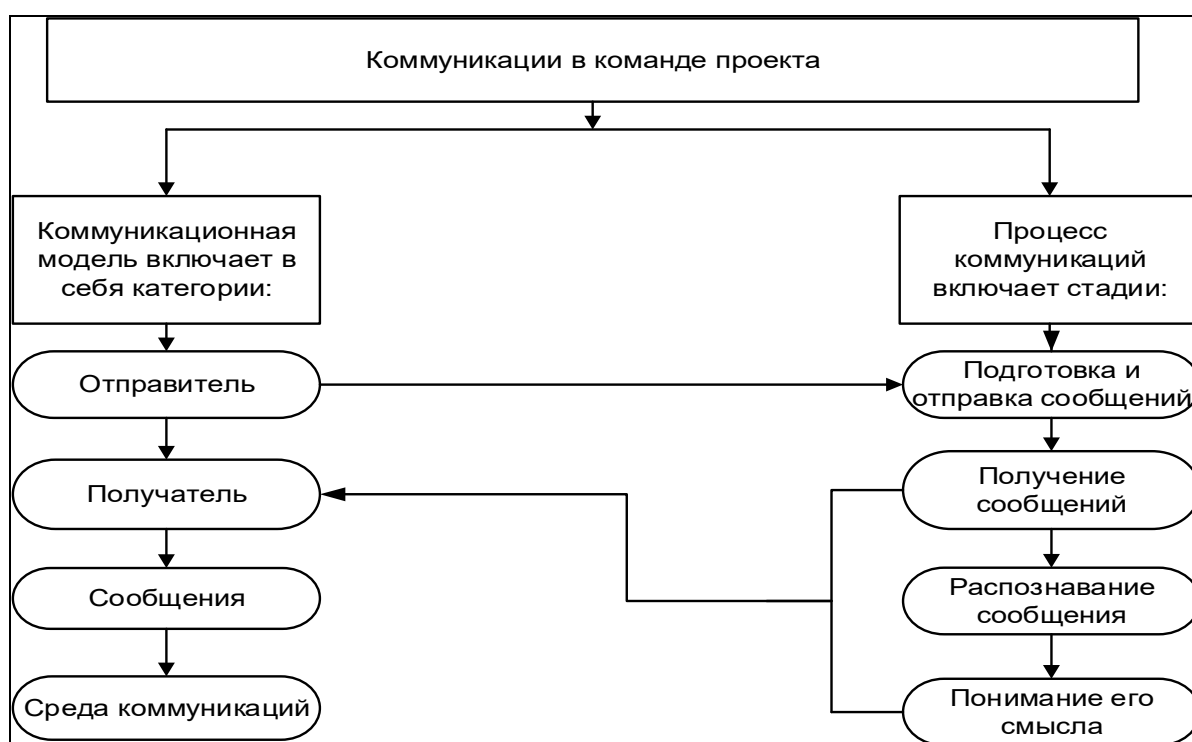


Рисунок 4.5 – Схема коммуникаций в команде проекта в рамках ИСУП

Для исполнителей проектов целями ИСУП являются:

– установление четких требований к способам, используемым при организации взаимодействия на проекте;

- установление требований к средствам, используемым при организации взаимодействия на проекте;
- установление порядка передачи информации между участниками проекта;
- установление уровня ответственности сотрудников за передачу и получение информации на проекте;
- установление временных рамок распространения информации;
- установление порядка выноса проблем на обсуждение на более высокий уровень при решении конфликтных ситуаций.

Управление коммуникациями проекта включает в себя процессы, необходимые для гарантии своевременных и соответствующих процессов генерации, сбора, хранения и распространения информации проекта между его участниками.

Функциональные возможности информационной системы управления проектами предприятия-разработчика авиационной техники представлены на рисунке 4.6.

Эффекты от использования ИСУП руководством предприятия:

- анализ текущей структуры портфеля по функциональным направлениям, содержанию, масштабу, предприятиям;
- плотная и наглядная аналитическая информация о ходе проектов;
- детализация проблемных мест без запросов и ожиданий;
- единый источник информации о ходе проектов;
- авторизованные данные;
- готовая отчетность для вышестоящих организаций.

Эффекты от использования ИСУП руководителями проектов:

- полная и детальная картина по всем аспектам проекта в любое время и на всех стадиях выполнения проекта;
- автоматизированный сбор данных о ходе работ, накопление статистики для анализа проблемных мест;
- повышение исполнительской дисциплины;

Направление	Используемый функционал									
	Управление сроками	Управление бюджетами	Управление закупками	Коммуникации	Отчетность	Управление рисками	Управление проблемами	Управление изменениями		
Промышленная эксплуатация										
Проекты технологического развития	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Проекты вертолетных программ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Проекты развития имущественного комплекса	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ИТ-проекты	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Опытно промышленная эксплуатация										
Lean проекты	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
Создание ЦС и аутсорсинга	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
Развитие ППО	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
Организационное развитие	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					

Рисунок 4.6 – Функционал модернизированной информационной системы управления проектами

- автоматический контроль и сигналы об отклонениях, построение расчетных прогнозов;

- минимизация затрат на формирование отчетности во всех нужных форматах, включая отчетность по приказу 132-УК.

Эффекты от использования ИСУП для исполнителей работ:

- однократный ввод данных;
- отсутствие затрат на подготовку отчетности;
- персональные календари, напоминания;
- развитая коммуникационная среда для проектной группы, общение в режиме форума;

- возможность обсудить риск, проблему со специалистами, руководителями;

- сохранение истории всех обсуждений;

- доступ к архиву проектной документации.

Возможности управления сроками процессов в ИСУП:

- сетевые планы-графики: утвержденный, оперативный, прогнозный;

- попарное сравнение планов-графиков, анализ и контроль отклонений;

- контроль актуальности оперативного графика;

- автоматический сбор отчетов о ходе выполнения работ, экспертных оценок прогноза завершения;

- план-факт-прогноз анализ и контроль отклонений;

- анализ критического пути.

Возможности управления рисками процессов в ИСУП:

- идентификация и оценка риска;

- предварительное обсуждение и согласование стратегии управления риском;

- формирование, назначение и контроль исполнения поручений по управлению рисками;

- формирование отчетов (реестр рисков, карта рисков, отчет по исполнению поручений по управлению рисками и пр.), выгрузка в Word, Excel, PDF.

Возможности формирования отчетности по исполнению процессов в ИСУП:

- «живые» отчеты - агрегация и декомпозиция, группировка и сортировка в режиме реального времени;
- готовые отчеты по всем областям управления проектами (сроки, затраты, закупки, риски и пр.);
- автоматическое формирование отчетности по инвестиционным проектам (приказ 132-УК);
- возможность формировать новые отчеты по всем имеющимся в ИСУП аналитикам без привлечения разработчика;
- выгрузка отчетов в офисные приложения для дополнительного уточнения, форматирования;
- построение диаграмм различных типов.

4.4 Результаты комплексной апробации и внедрения предложенных научно-технических и организационных решений на предприятии-разработчике авиационной техники

Комплексная апробация и внедрение предложенных научно-технических и организационных решений повышения качества процесса планирования производственной деятельности на предприятиях-разработчиках авиационной техники осуществлены на предприятии АО «НЦВ Миль и Камов», входящем в холдинг «Вертолеты России» [130]. При этом достигнут ряд представленных ниже положительных эффектов.

1. Увеличилось количество выполненных проектов в год.

В рамках своей деятельности НЦВ работает с большим объемом проектов. В период с 2018 по 2023 года ежегодно НЦВ в среднем выполнял работы по 1464 проектам. Количество проектов в год, по которым велись работы, представлено на рисунке 4.7.



Рисунок 4.7 – Годовое количество проектов

Как видно из рисунка 4.7, общий годовой объем проектов, по которым ведутся работы в среднем оставался без изменений. При этом наличие проектов в работе не означает их 100 % реализацию именно в этом году. Иными словами, часть проектов, находящихся в работе, в силу различных причин не будет закрыта по итогам года. На рисунке 4.8 показано изменение количества выполненных по итогам года проектов, характеризующее ритмичность работы структурных подразделений предприятия, после введения в 2022 году новой методики производственного планирования. Из рисунка 4.8 видно, что за период с 2018 по 2023 годы доля выполненных проектов (ритмичность работы) в год увеличилась на 30 % – с 44,9 % до 74,8 %.

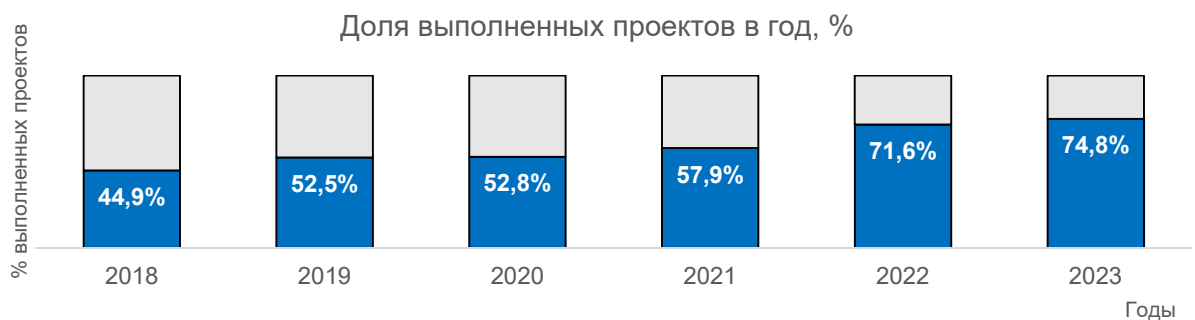


Рисунок 4.8 – Доля выполненных проектов в год

Такой рост выполненных проектов обусловлен разным отношением методик к завершению проектов. Закрытие проектов и, как следствие, получение финансовых средств, не происходит одновременно. Финансирование происходит по закрытым этапам. Соотношение финансовых средств с точки зрения объема и сложности работ к оплате не является равнозначным. В любой ситуации можно определить более «предпочтительную» часть проекта, которую наиболее выгодно закрыть.

Старая методика акцентировала внимание на закрытие именно таких выгодных этапов у имеющихся в работе проектов. Как следствие, «непредпочтительные» этапы проекта оставались по итогам года незакрытыми.

Новая методика акцентирует внимание структурных подразделений на закрытие имеющихся в работе проектов и, как следствие, получение финансовых средств по полному объему выполненных работ. За это в методике отвечают группы критериев: сроки по договорам и отставание по графикам.

Рисунок 4.8 показывает, что рост числа выполненных проектов происходит в 2022 году, в момент перехода на новую методику планирования производственной деятельности. Рост доли выполненных проектов в год в период с 2021 по 2023 год составил 17 % (более половины от общего значения роста) – с 57,9 % до 74,8 %. Разница в соотношении представлена на рисунке 4.9.



Рисунок 4.9 – Процент выполненных проектов в год

2. Стабилизировался курс работ НЦВ.

Учитывая факт, что НЦВ в том числе работает с проектами, имеющими отношение к государственному оборонному заказу (ГОЗ), рост таких проектов в общем составе работ с 2022 года является обычным явлением. Выполнение плана по ГОЗ для НЦВ, как предприятия оборонно-промышленного комплекса является задачей первостепенной важности. Срывы сроков и невыполнение заявленных работ являются недопустимыми.

Внедрение новой методики позволило оперативно перейти на новый вектор работы. Изменилось соотношение внутри группы выполненных проектов. Если в 2018 году доля работ по ГОЗ в общем количестве выполненных проектов составляла не более 45 %, то в 2023 году достигла значения 94 % (рисунок 4.10).

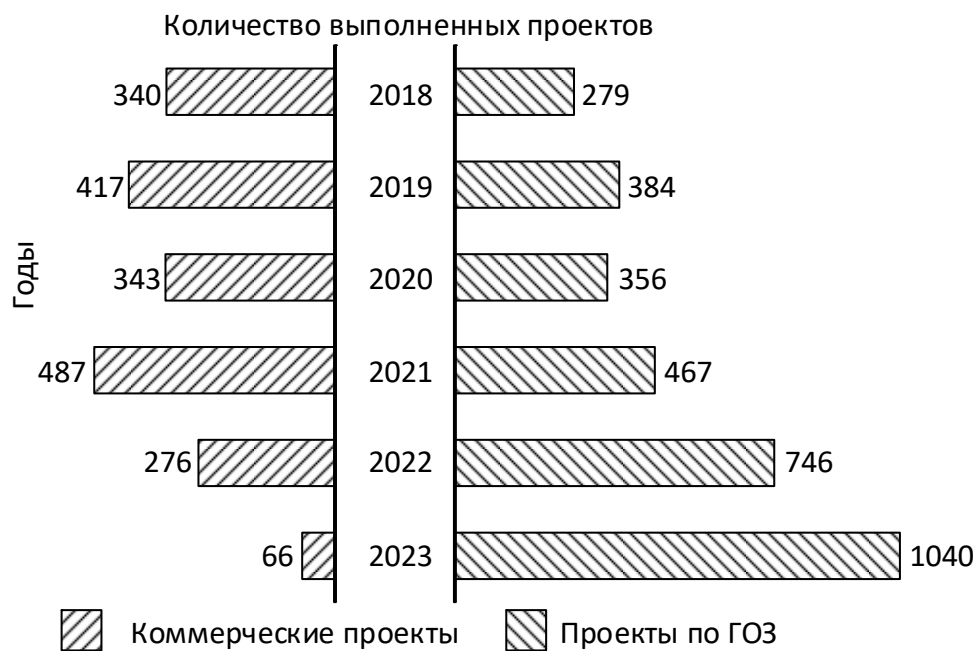


Рисунок 4.10 – Динамика изменения соотношения выполненных проектов по ГОЗ к коммерческим проектам, ед.

3. Возросла фактическая производственная мощность предприятия.

Производственное планирование подразумевает, что в начале года на основании имеющихся запланированных работ формируется некий объем

возможных ресурсов для их выполнения. Такой объем ресурсов измеряется в человеко-часах (чел.ч) и называется плановой мощностью предприятия.

Далее, каждый отчетный период собирается информация о выполненных работах и, соответственно, затраченных чел.ч. По итогам года формируется информация о фактически затраченных трудовых ресурсах. Такой объем ресурсов называют фактической мощностью предприятия.

Соотношение между фактической и плановой мощностью предприятия называют коэффициентом рационального использования трудовых ресурсов. Этот коэффициент демонстрирует величину убытков трудового ресурса, которое несет предприятие. Убытки трудового ресурса часто происходят в момент, когда специалиста необходимо переключить с одной работы на другую. Это забирает часть когнитивного ресурса человека, что приводит к нерациональному использованию рабочего времени. Частое переключение с одной работы на другую происходит именно в тот момент, когда меняются приоритеты работы.

Рассмотрим динамику изменения коэффициента рационального использования трудовых ресурсов НЦВ (рисунок 4.11).



Рисунок 4.11 – Динамика коэффициента рационального использования трудовых ресурсов, %

С 2018 по 2023 год коэффициент рационального использования трудовых ресурсов вырос с 93 % до 103,4 %. С введением в 2022 году новой методики производственного планирования определились стабильные приоритеты для ведения работ. Это позволило снизить количество нерационального использования рабочего времени у специалистов, т. к. теперь в приоритете ведутся проекты, которые должны быть выполнены по итогам года. По этой причине с 2022 года рост коэффициента рационального использования трудовых ресурсов составил более 8 %.

С ростом количества выполненных проектов ожидаемо выросла и фактическая мощность предприятия. А результатом внедрения методики стало превышение фактической мощности плановой мощности. Такие результаты позволили немного снизить общий объем оставшихся нереализованных проектов с прошлых лет.

4. Увеличилась доля работ, выполняемых в рамках бюджета предприятия.

Одним из ключевых параметров для НЦВ является выполнение бюджета предприятия. Выполнение бюджета связано с определением фактической мощности (чел.ч) по плану НИОКР (рисунок 4.12). Малая доля проектов по плану НИОКР в общей фактической мощности означает, что запланированные часы используются не для выполнения запланированных работ, а для реализации сверхплановых проектов. Такое состояние вещей в свою очередь приводит к невыполнению бюджета предприятия.

С 2018 по 2023 год доля проектов по плану НИОКР (бюджет) выросла с 35 % до 73 % (рисунок 4.13). При этом положительный тренд задан в 2022 году с переходом на новую методику производственного планирования.

Внедрение новой методики позволило снизить количество сверхплановых работ и перестроить работу на выполнение работ, которые связаны с выполнением бюджета предприятия.

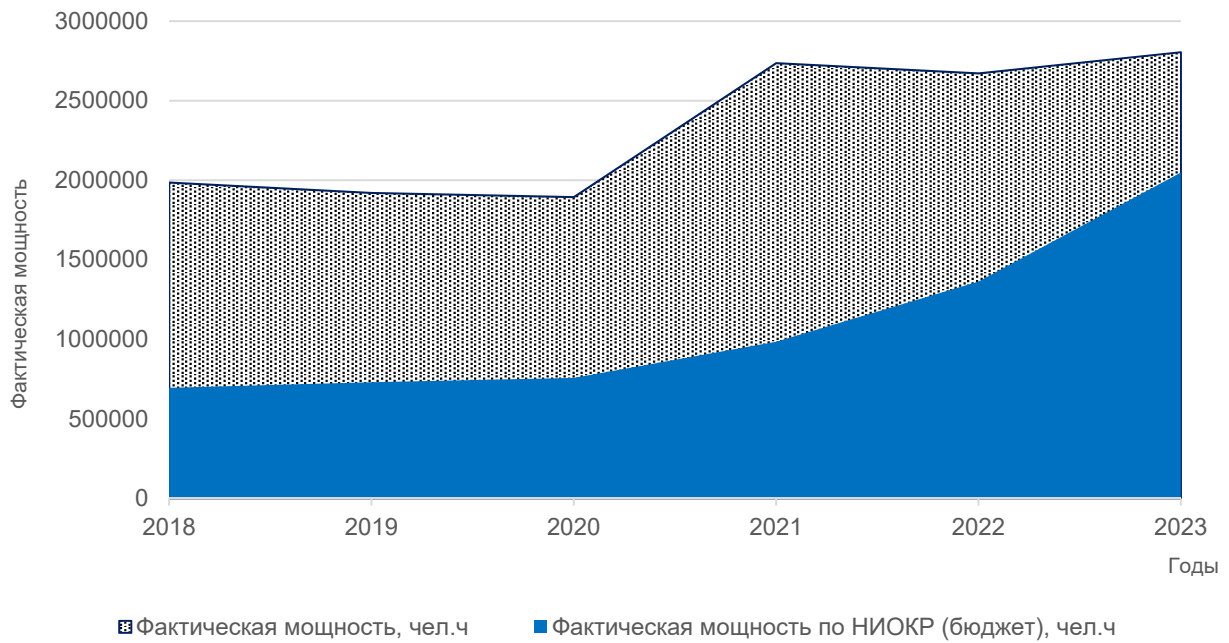


Рисунок 4.12 – Динамика роста фактической мощности по плану НИОКР (бюджет), чел.ч

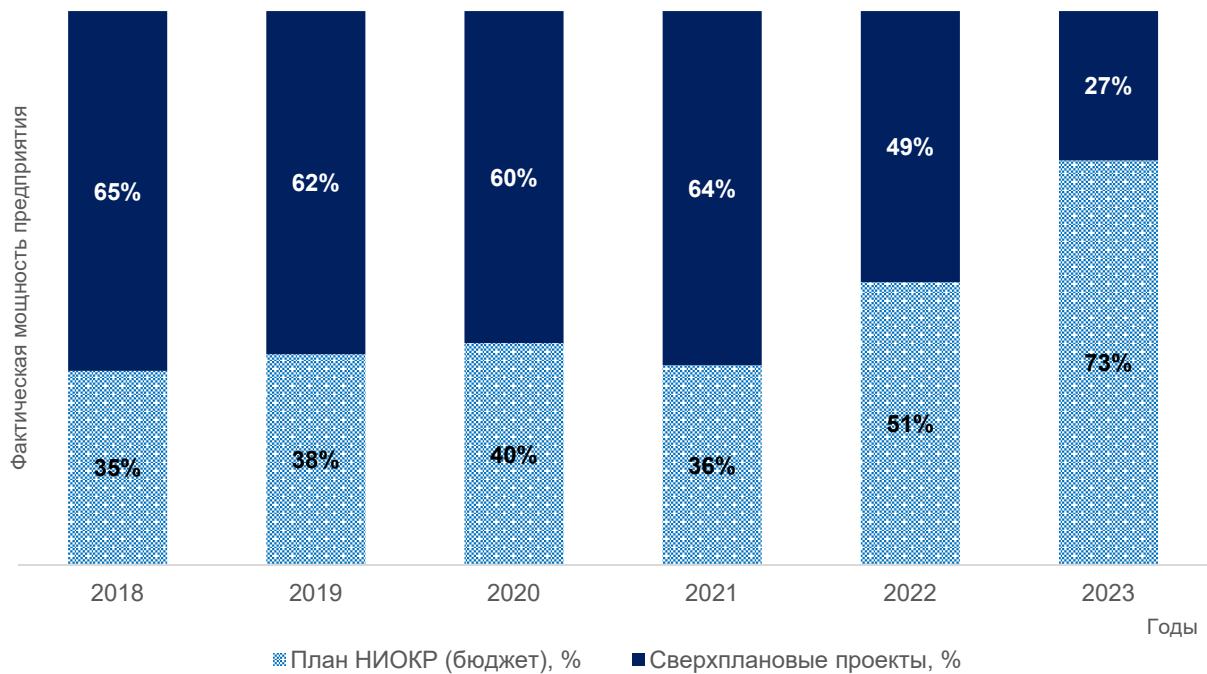


Рисунок 4.13 – Динамика изменения соотношения плановых работ по НИОКР (бюджет) к сверхплановым работам, %

5. Выросла выручка и снизились расходы.

Закономерно с переходом на новую методику планирования увеличилась выручка предприятия (рисунок 4.14). Этому поспособствовало переключение мощностей на проекты, которые обладают большим коэффициентом финансовой заинтересованности.

Одновременно с увеличением выручки определен тренд на снижение расходов предприятия по причине снижения потерь в трудозатратах (рисунок 4.15). Также снижение расходов вызвано уменьшением количества получаемых штрафов от невыполненных этапов проектов, т. к. сейчас в приоритете стоит выполнением обязательств предприятия перед Заказчиками.

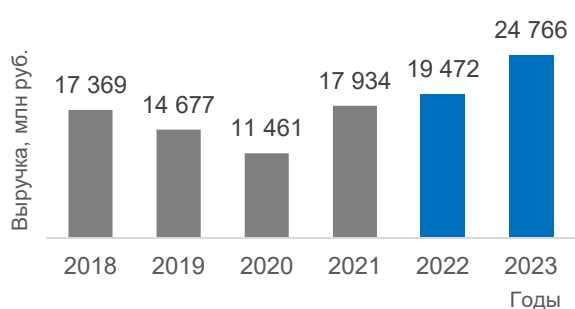


Рисунок 4.14 – Динамика изменения
выручки предприятия

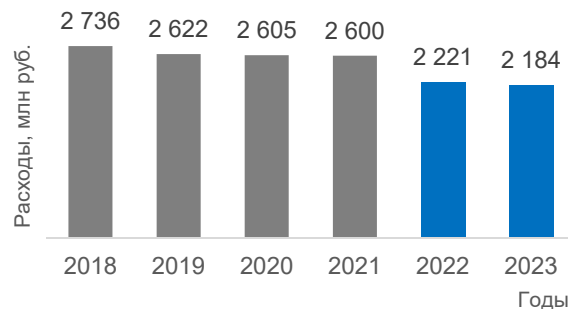


Рисунок 4.15 – Динамика изменения
расходов предприятия

6. Обновлена и усилена роль ИСУП.

С 2017 года в НЦВ внедрена информационная система управления проектами (ИСУП), в архитектуру которой внесены изменения по результатам выполненного диссертационного исследования. Основным предназначением ИСУП является организация системы управления проектами и выстраивание прозрачной системы приоритетов. На рисунке 4.16 продемонстрирована динамика роста численности пользователей ИСУП НЦВ.

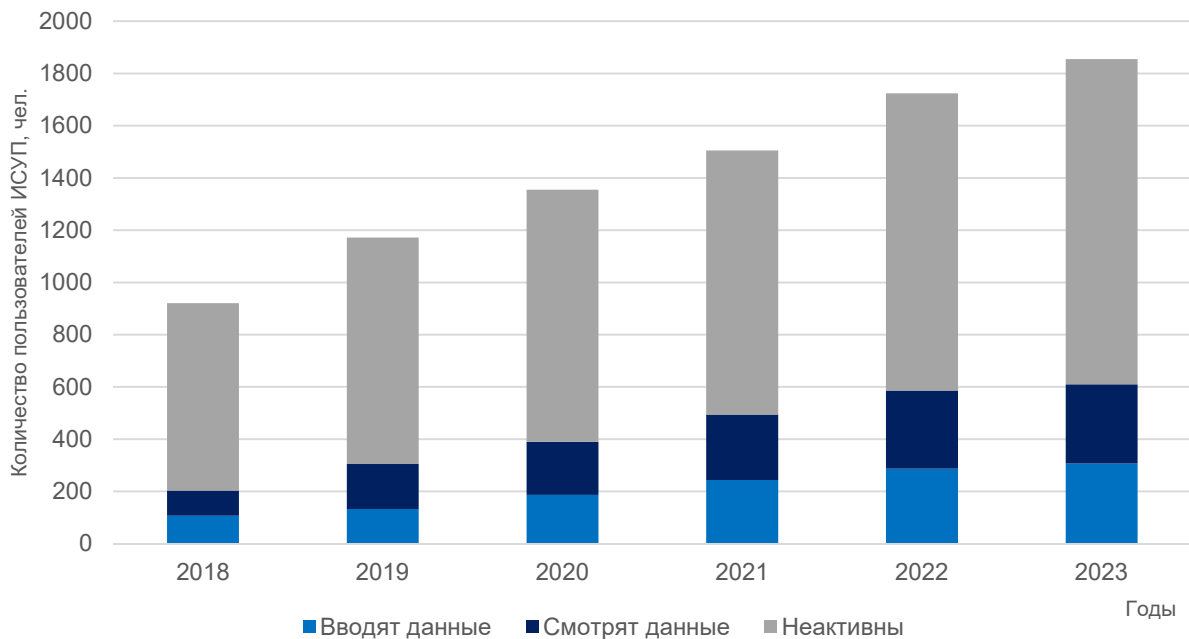


Рисунок 4.16 – Динамика изменения количества пользователей ИСУП

Внедрение новой методики планирования производственной деятельности позволило раскрыть полные возможности ИСУП и более эффективно использовать программное обеспечение.

Таким образом результаты практического применения комплексной методики повышения качества процесса производственного планирования в АО «НЦВ Миль и Камов» подтверждают обоснованность научных положений диссертации и в конечном итоге позволили заметно улучшить качество планирования производственной деятельности.

4.5 Выводы

1. Разработана комплексная методика повышения качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники, позволяющая повысить ритмичность деятельности структурных подразделений предприятия на основе надлежащего и качественного исполнения следующих основных процессов: проектное планирование; производственное планирование.

2. Разработана система нормативных документов для исполнителей процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники, которая включает 15 локальных нормативных актов, включая 6 стандартов организации и 9 инструкций.

3. Разработаны и реализованы предложения по модернизации архитектуры 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. 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.

4. 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 (ритмичность работы) 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.

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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонин, Б. Н. Методология организационно-экономического развития наукоёмких производств : монография / Б. Н. Авдонин, Е. Ю. Хрусталева. – Москва : Наука, 2010. – 367 с.
2. Адамов, В. Е. Измерение и анализ ритмичности промышленного производства / В. Е. Адамов. – Москва : Статистика, 1968. – 64 с.
3. Аксенова, Э. А. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия : учебное пособие / Э. А. Аксенова. – Москва : Изд-во «Спутник+», 2015. – 110 с.
4. Актуальные вопросы управления техническими рисками в производственных системах : монография / В. Н. Козловский, А. Г. Ивахненко, Д. И. Панюков, Д. В. Айдаров, О. В. Аникеева. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2022. – 302 с.
5. Алиев, Р. А., Церковный А.Э., Мамедова Г.А. Управление производством при нечеткой исходной информации / Р. А. Алиев, А. Э. Церковный, Г. А. Мамедова. – Москва : Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.
6. Амиров, Ю. Д. Научно-техническая подготовка промышленного производства (вопросы теории и практики) / Ю. Д. Амиров. – Москва : Экономика, 1989. – 229 с.
7. Аникеева, О. В. Обеспечение достижимости долгосрочных целей в области качества при скрытом управлении социально-экономическими системами предприятий / О. В. Аникеева, А. Г. Ивахненко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 9. – С. 461-468.
8. Аникеева, О. В. Разработка математических моделей статики качества при явном и скрытом управлении целями / О. В. Аникеева, А. Г. Ивахненко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 12. – С. 35-38.

9. Антипов, Д. В. Цифровизация процесса разработки технологической документации с использованием методологии FMEA / Д. В. Антипов, Е. К. Савич, О. Г. Губанова // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сфере. – 2022. – Том 10. – № 1. – С. 2-5.

10. Анцев, А. В. Управление качеством технического обслуживания, ремонта и модернизации технологического оборудования на основе проектного подхода : дисс... канд. техн. наук : 05.02.23. – Тула, 2010. – 184 с.

11. Анцев, В. Ю. Повышение качества управления маркетингом на основе концепции моделирования бизнес-процессов / В. Ю. Анцев, Н. В. Анцева. А. В. Анцев // Сб. докл. всеросс. науч.-техн. конф. «От качества инструментов к инструментам качества» : 19-20 сентября 2023 г. – 2023. – С. 249-253.

12 Анцев, В. Ю. Методика квалиметрической оценки качества производственных процессов / В. Ю. Анцев, Н. А. Витчук // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – Вып. 8. – Ч. 1. – С. 324-331.

13 Анцев, В. Ю. Поэтапное совершенствование производственного процесса на примере производства трубопроводов газотурбинных двигателей / В. Ю. Анцев, Н. А. Витчук // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2016. – № 5 (68). – С. 15-21.

14 Анцев, В. Ю. Управление качеством процесса разработки проектной документации на транспортно-технологические комплексы / В. Ю. Анцев, М. Х. Казанлеев, К. Н. Ханин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2011. – Вып. 4. – С. 228-238.

15 Анцев, В. Ю. Разрешение неопределенностей в задачах технологического проектирования на основе метода экспертных оценок / В. Ю. Анцев, Н. Н Трушин, А. В. Федоров // Технологическая системотехника. Тульский гос. ун-т. – 2002. – С. 229-233.

16. Белоусов, В. Л. О некоторых методах отбора экспертов в организационных системах / В. Л. Белоусов, А. В. Муравьев, М. П. Криванов // Автоматизация и современные технологии. – 1995. – №3. – С. 28-31.

17. Берман, А. Г. Ритмичность производства в машиностроении и приборостроении / А. Г. Берман. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отделение, 1974. – 296 с.

18. Благовещенский, Д. И. Цифровизация корпоративной службы качества машиностроительного производства : учеб. пособие / Д. И. Благовещенский, С. А. Васин, О. В. Пантюхин. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2022. – 176 с.

19. Бойцов Б. В. Технологическая модернизация информационно-телекоммуникационных систем на основе интегральных показателей качества / Б. В. Бойцов, И. М. Артамонов, Ю. И. Денискин // Труды Московского авиационного института (национального исследовательского университета). – 2011. – № 49. – С. 52.

20. Бражников, М. А. Потери времени в управлении ритмичностью производства / М. А. Бражников, И. В. Хорина // Вестник СамГТУ. Серия : Экономические науки. – Самара, 2013. – № 3 (9). – С. 125-131.

21. Бражников, М. А. Стратегическое планирование производственной мощности в обеспечении ритмичности производства / М. А. Бражников, И. В. Хорина // Вестник СамГТУ. Серия: Экономические науки. – Самара, 2013. – № 1 (7). – С. 153-163.

22. Бражников, М. А. Формирование стратегических приоритетов в управлении ритмом производства / М. А. Бражников, И. В. Хорина // Вестник Самарского муниципального института управления. – Самара, 2017. – № 2. – С. 57-65.

23. Брче, М. А. Устойчивое развитие: механизмы реализации / М. А. Брче, И. Н. Омельченко, А. Шааб. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. – 169 с.

24. Вальков А. С. Расчет и организация поточных линий в машиностроении / А. С. Вальков. – Тула : Изд-во ТулПИ, 1970. – 170 с.

25. Вапнярская, О. И. Генезис и современные подходы к определению кастомизации / О. И. Вапнярская // Сервис в России и за рубежом. – 2014. – Т. 8. – № 6. – С. 189-201.

26. Васильев В. А. Управление качеством : монография / В. А. Васильев – Москва : Изд-во МАИ, 2022. – С. 160.

27. Васильева, Т. Ю. Адаптация современных программных средств создания и внедрения корпоративных информационных и управляющих систем к работе в структуре предприятий авиационной промышленности / Т. Ю. Васильева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – № 11 (18). Часть 1. – С. 75-79.

28. Васин, С. А. Модель обеспечения качества технических систем ответственного назначения / С. А. Васин, Е. В. Плахотникова // Стандарты и качество. – 2019. – № 1 (21). – С. 3-7.

29. Васин, С. А. Материальное стимулирование инженеров-конструкторов авиастроительного предприятия как инструмент обеспечения ритмичности проектной деятельности / С. А. Васин, Н. Н. Трушин, М. Н. Фетисов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2024. № 3. – С. 145-153.

30. Воропаев, В. И. Управление проектами в России: Основные понятия. История. Достижения. Перспективы : Метод. пособие / В. И. Воропаев // Российская Ассоциация Управления проектами. – Москва : Альянс, 1995. – 226 с.

31. Волков, В. И. Основы теории и практики экспертной деятельности / В. И. Волков. – Москва : Академия менеджмента инноваций, 2003. – 192 с.

32. Всеобщее управление качеством : учебник для вузов / О. П. Глудкин, Н. М. Горбунов, А. И. Гуров, Ю. В. Зорин : под ред. О. П. Глудкина. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2001. – 600 с.

33. Грашина, М. Основы управления проектами / М. Грашина, В. Дункан. – Санкт-Петербург : Питер, 2006. – 208 с.
34. Гейзлер, П. С. Управление проектами : учеб. пособие для вузов / П. С. Гейзлер, О. В. Завьялова. – Минск : Изд-во БГЭУ, 2005. – 255 с.
35. Гордеев, А. В. Операционные системы : учеб. пособие / А. В. Гордеев. – Санкт-Петербург : Питер, 2006. – 416 с.
36. Диалоговое проектирование технологических процессов / Н. М. Капустин, В. В. Павлов, Л. А. Козлов [и др.] – Москва : Машиностроение, 1983. – 255 с.
37. Дитхелм, Г. Управление проектами. В 2 т. Т 1. Основы / Г. Дитхелм. – Санкт-Петербург : Издательский дом «Бизнес-пресса», 2004. – 400 с.
38. Дитхелм, Г. Управление проектами. В 2 т. Т 2. Особенности / Г. Дитхелм. – Санкт-Петербург : Издательский дом «Бизнес-пресса», 2004. – 288 с.
39. Долгова, М. В. Современные тенденции развития наукоемких и высокотехнологичных отраслей / М. В. Долгова // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11-4. – С. 852-857. [Электронный ресурс] – URL: <https://fundamental-research.ru/article/view?id=35645> (дата обращения: 15.01.2024).
40. Ефимчик, Е. Н. Стимулирование работников конструкторских служб машиностроительных предприятий к обеспечению качества и сокращению сроков разработки новой техники / Е. Н. Ефимчик, Е. В. Ефимчик // *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D. Экономические и юридические науки. Экономика и управление*. – 2012. – № 14. – С. 25-31.
41. Жигляева, А. В. Научно-технологические инновации: роль в современной экономике, проблемы и перспективы развития / А. В. Жигляева // *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*. – 2017. – Т. 39. – С. 2721–2725. [Электронный ресурс] – URL: <http://e-koncept.ru/2017/970871.htm> (дата обращения: 15.01.2024).
42. Жилкин, О. Н. Массовая кастомизация. Влияние на конкурентоспособность авиастроительных предприятий и развитие их индустриальных моделей / О. Н. Жилкин, Р. В. Лопаткин // *Вестник Евразийской*

науки. – 2018. – №5. [Электронный ресурс]. URL: <https://esj.today/PDF/49ECVN518.pdf> (дата обращения: 15.01.2024).

43. Жуков, В. Н. Определение численности экспертов для оценки конкурентоспособности продукции машиностроения / В. Н. Жуков, А. Е. Либерман // СТИН. – 2000. – № 2. – С. 22-23.

44. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – Москва : Мир, 1976. – 166 с.

45. Заренков, В. А. Управление проектами : учеб. пособие / В.А. Заренков. – 2-е изд. – Москва : Санкт-Петербург : АСВ, 2006. – 312 с.

46. Звягинцев, Ю. Е. Оперативное планирование и организация ритмичной работы на промышленных предприятиях / Ю. Е. Звягинцев. – Киев : Тэхника, 1990. – 155 с.

47. Иванов, Д. Ю. Разработка системы материального стимулирования работников проектно-конструкторского отдела машиностроительного предприятия / Д. Ю. Иванов // Математические и инструментальные методы экономики. – 2010. – № 9 (70). – С. 252-256.

48. Иноземцев, А. Н. Информационная поддержка управления качеством этапов жизненного цикла технологического проекта / А. Н. Иноземцев, А. В. Анцев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2008. – № 4. – С. 40-47.

49. Иноземцев, А. Н. Модель квалиметрической оценки технологического проекта изготовления машины / А. Н. Иноземцев, А. В. Анцев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2009. – Вып. 1. – Ч. 1. – С. 223-230.

50. Калачанов, В. Д. Обоснование направлений информационной поддержки производства наукоёмкой продукции (на примере авиационной промышленности) / В. Д. Калачанов, Н. С. Ефимова, А. Е. Сорокин // Организатор производства. – 2014. – № 1. – С. 23-29.

51. Калачанов, В. Д. Выбор концепции разработки корпоративных информационных систем для авиастроительного производства / В. Д. Калачанов, Д. В. Мантуров, Н. С. Ефимова // Вестник университета (Государственный университет управления). – 2012. – № 2. – С. 144-150.

52. Кириллин, В. И. Анализ ритмичности работы промышленного предприятия / В. И. Кириллин. – Москва : Экономиздат, 1961. – 52 с.

53. Киселев Э. В., Выбор методов управления технико-производственными рисками машиностроительного предприятия / Э. В. Киселев, В. А. Трошкин // Вестник РГАТА имени П. А. Соловьева. – 2022. – № 3 (62). – С. 101-108.

54. Климов, А. Н. Организация и планирование производства на машиностроительном заводе / А. Н. Климов, И. Л. Оленев, С. А. Соколицын. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. – 462 с.

55. Ковалев, С. Настольная книга аналитика. Практическое руководство по проектированию бизнес-процессов и организационной структуры / С. Ковалев, В. Ковалев. – Москва : 1С-Паблишинг, 2021. – 360 с.

56. Ковешников, В. А. Программное обеспечение задач нелинейной оптимизации / В. А. Ковешников, Н. Н. Трушин // Компьютерное и математическое моделирование в естественных и технических науках. – Тамбов : Изд-во ТамбГУ, 2001. – Вып. 2. – С. 30-32.

57. Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года : Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 июня 2022 г. № 1693-р [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/PqzpRfozEf6AY4iMiUGkmcWIraxAMbdl.pdf> (дата обращения: 15.05.2024).

58. Конвей, Р. В. Теория расписаний / Р. В. Конвей, В. Л. Максвелл, Л. В. Миллер. Пер. с англ. – Москва : Наука, 1975. – 358 с.

59. Короткевич, М. З. Использование цифровых технологий в разработке вертолетной техники / М. З. Короткевич // АвиаСоюз. – 2021. – № 6 (88). – С. 32.-36.

60. Крицкий, А. В. Модернизированная концепция методики и инструментария обеспечения статистически управляемых процессов контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве / А. В. Крицкий, В. Н. Козловский, Д. В. Айдаров // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2023. – Том 25. – № 2 (112). – С. 14-18.

61. Круглов, М. Г. Анализ применяемых на российских предприятиях средств и методов управления качеством / М.Г. Круглов // Методы менеджмента качества. – 2009. – № 10. –С. 16-22.

62. Круглов, М. Г. Менеджмент технологической готовности при создании технических систем и инновационной наукоемкой продукции / М. Г. Круглов // Менеджмент качества. – 2015. – № 3. – С. 166-188.

63. Кудрявцев, Е. М. Microsoft Project. Методы сетевого планирования и управления проектом / Е. М. Кудрявцев. – Москва : ДМК Пресс, 2005. – 240 с.

64. Кузин, Б. И. Организация поточного производства в условиях научно-технического прогресса машиностроения / Б. И. Кузин. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1977. – 184 с.

65. Куркова, О. П. Организация и планирование научно-технических исследований и разработок : монография / О. П. Куркова [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург : Научноёмкие технологии, 2018. – 245 с.

66. Курляндчик, Р. И. Обеспечение ритмичности машиностроительного производства / Р. И. Курляндчик. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1989. – 144 с.

67. Латышенко, Г. И. Научноёмкие технологии и их роль в современной экономике России / Г. И. Латышенко // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – 2009. – № 3 (24). – С. 136-140.

68. Леоненков, А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

69. Либерман, Е. Г. Экономические методы повышения эффективности общественного производства / Е. Г. Либерман. – Москва : Экономика, 1970. – 175 с.

70. Литвак, Б. Г. Экспертные оценки и принятие решений / Б. Г. Литвак. – Москва : Патент, 1996. – 56 с.

71. Лопаткин, Р. В. Разработка бизнес-модели предприятий гражданской авиастроительной отрасли в рамках интеграции корпоративных стратегий и проектов : 08.00.05 : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Р. В. Лопаткин ; РУДН. – Москва, 2019. – 25 с.

72. Мазур, И. И. Управление проектами : учеб. пособие для вузов / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Одельрогге : под общ. ред. И. И. Мазура. – 2-е изд. – Москва : ОМЕГА-Л, 2004. – 664 с.

73. Майбородин, А. Б. Исследование особенностей календарного планирования и организации работ по подготовке производства к выпуску новых образцов авиационной техники / А. Б. Майбородин, К. Д. Крамаренко, В. А. Васильев // Технология машиностроения. – 2021. – № 9. – С. 51-57.

74. Мантуров, Д. В. О промышленной политике России на перспективу 2018-2030 гг. / Д. В. Мантуров // Вестник МГИМО-Университета. – 2018. – № 4 (61). – С. 7-22. – DOI 10.24833/2071-8160-2018-4-61-7-22.

75. Мантуров, Д. В. Организация производства наукоёмкой продукции в авиационной промышленности России в современных экономических условиях / Д. В. Мантуров, В. Д. Калачанов // Вестник МАИ. – 2012. – Т. 19. – № 4. – С. 186-192.

76. Маталин, А. А. Технология машиностроения : учебник для машиностроительных вузов / А. А. Маталин. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.

77. Математические основы управления проектами : учебное пособие для вузов / С. А. Баркалов [и др.]. Под ред. В. Н. Буркова. – Москва : Высш. шк., 2005. – 423 с.

78. Мелихов, А. Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А. Н. Мелихов, Л. С. Берштейн, С. Я Коровин. – Москва : Наука, 1990. – 272 с.

79. Мельниченко, В. В. Совершенствование управления качеством технической подготовки технологического оборудования с программным управлением : дисс... канд. техн. наук : 05.02.08, 05.02.23. – Тула, 2004. – 216 с.

80. Мерзлякова, Е. А. Особенности развития наукоёмких и высокотехнологичных производств / Е. А. Мерзлякова, В. Ю. Сергеева, Н. Ю. Макаров // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2021. – № 4. – С. 94-103. DOI: 10.37493/2307-907X.2021.4.12.

81. Меняев, М. Ф. Управление проектами. MS Projekt: учеб. пособие / М. Ф. Меняев. – Москва : Омега-Л, 2005. – 276 с.

82. 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.

83. Мир Управления Проектами. Основы, методы, организация, применение / Под ред. Х. Решке, Х. Шелле. – Москва : Аланс, 1994. – 304 с.

84. Модели и методы материального стимулирования (теория и практика) / О. Н. Васильева, В. В. Засканов, Д. Ю. Иванов, Д. А. Новиков. – Москва : ЛЕНАНД, 2007. – 288 с.

85. 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.

86. Москалева, А. Г. Методика выявления оптимальной ритмичности процесса производства продукции / А. Г. Москалева, А. М. Пищухин // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 12. – С. 87-88.

87. Мясников, В. А. Программное управление оборудованием. 2-е изд. / В. А. Мясников, М. Б. Игнатьев, А. М. Покровский – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 427 с.

88. Нейман, З. Н. Внутризаводское технико-экономическое планирование на машиностроительном предприятии / З. Н. Нейман. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – 176 с.

89. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьева [и др.] – Москва : Радио и связь, 1989. – 304 с.

90. Окрепилов, В. В. Менеджмент качества : учебник / В. В. Окрепилов. – Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 650 с.

91. Омаров, А. М. Экономика производственного объединения (предприятия) : учебник / А. М. Омаров. – Москва : Экономика, 1985. – 385 с.

92. Осипов, Б. В. Математические методы и ЭВМ в стандартизации и управлении качеством / Б. В. Осипов, Е. А. Мировская. – Москва : Изд-во стандартов, 1990. – 168 с.

93. Основы автоматизации управления производством / Под ред. И. М. Макарова. – Москва : Высш. шк., 1983. – 504 с.

94. Первозванский, А. Д. Математические модели в управлении производством / А. Д. Первозванский. – Москва : Наука, 1975. – 615 с.

95. Петров, В. А. Планирование поточно-группового производства / В. А. Петров. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1966. – 289 с.

96. Попов, Ю. И. Управление проектами : учебное пособие / Ю. И. Попов, О. В. Яковенко. – Москва : ИНФРА-М, 2007. – 208 с.

97. Португал, В. М. Автоматизация оперативного управления машиностроительным предприятием / В. М. Португал, А. Л. Марголин – Москва : Статистика, 1976. – 168 с.

98. Протасьев, В.Б. Улучшение качества по методам Генити Тагути / В. Б. Протасьев, Е. С. Петренко // Известия Тульского государственного университета. – 2011. – № 5-3. – С. 432-436.

99. Пуряев, А. С. Организация наукоёмкого производства : учебно-методическое пособие / А. С. Пуряев. – Набережные Челны : НЧИ КФУ, 2019. – 49 с.

100. Рассказова-Николаева, С. А. Корпоративные стандарты: от концепции до инструкции. 2-е изд. / С. А. Рассказова-Николаева, С. В. Шебек. – Москва : Книжный мир, 2008. – 320 с.

101. Родионов, В. В. Проектное управление организацией машиностроительного производства / В. В. Родионов, Т. А. Суетина // Российское предпринимательство. – 2010. – № 10 (1). – С. 95-100.

102. Романова, М. В. Управление проектами : учеб. пособие / М. В. Романова. – Москва : ИД «Форум» : ИНФРА-М, 2007. – 256 с.

103. Романовский, Р. С. Массовая кастомизация как перспективное направление в развитии промышленного производства / Р. С. Романовский, И. А. Петросова, Е. Г. Андреева // Костюмология. – 2021. – Т. 6. – № 4. – Текст : электронный. – URL : [https:// kostumologiya.ru/PDF/05TLKL421.pdf](https://kostumologiya.ru/PDF/05TLKL421.pdf).

104. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. Пер. с польск. И. Д. Рудинского. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2007. – 452 с.

105. Санкин, Д. И. Планирование на промышленном предприятии / Д. И. Санкин. – Москва : Экономика, 1965. – 288 с.

106. Сатановский, Р. Л. Методы снижения производственных потерь / Р. Л. Сатановский. – Москва : Экономика, 1988. – 302 с.

107. Скорев, Е. Н. Внедрение проектного управления на предприятии и измерение эффективности процессов управления проектами / Е. Н. Скорев // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 15. – С. 1016-

1020. [Электронный ресурс] – URL: <http://e-koncept.ru/2016/96118.htm> (дата обращения: 15.01.2024).

108. Смирнов, Д. Разработка и сопровождение проектов. Microsoft Project 2003 / Д. Смирнов. – Москва : Изд-во Триумф, 2004. – 352 с.

109. Смоляр, Л. И. Оперативно-календарное планирование (модели и методы) / Л. И. Смоляр. – Москва : Экономика, 1979. – 135 с.

110. Современное состояние теории исследования операций / Под ред. Н. Н. Моисеева. – Москва : Наука, 1979. – 464 с.

111. Соколицын, С.А. Организация и оперативное управление машиностроительным производством : учебник / С. А. Соколицын, Б. И. Кузин. – Ленинград : Машиностроение : Ленингр. отд-ние, 1988. – 527 с.

112. Соловьев, Г. Н. Операционные системы ЭВМ : учеб. пособие / Г. Н. Соловьев, В. Д. Никитин – Москва : Высш. шк., 1989. – 254 с.

113. Стрижанов, И. А. Стратегия развития техники и технологии производства сложных наукоемких изделий / И. А. Стрижанов // ЭКОНОМИНФО. – 2013. – № 20. – С. 43-46.

114. Танаев, В. С. Введение в теорию расписаний / В. С. Танаев, В. В. Шкурба. – Москва : Наука, 1975. – 256 с.

115. Татевосов, К. Г. Основы оперативно-производственного планирования на машиностроительном предприятии / К. Г. Татевосов. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 278 с.

116. Тимковский, В. Г. Дискретная математика в мире станков и деталей. Введение в математическое моделирование задач дискретного производства / В. Г. Тимковский. – Москва : Наука, 1992. – 144 с.

117. Тито, К. Качество в XXI веке. Роль качества в обеспечении конкурентоспособности и устойчивого развития / К. Тито, К. Есио, В. Грегари. – Москва : Стандарты и качество, 2005. – 280 с.

118. Троцкий, М. Управление проектами / М. Троцкий, Б. Груча, К. Огонек. – Москва : Финансы и статистика, 2006. – 304 с.

119. Трушин, Н. Н. Методология формирования оптимальной организационно-технологической структуры производственного процесса изготовления деталей машин : дисс... д-ра. техн. наук : 05.02.08. – Тула, 2003. – 319 с.

120. Трушин, Н. Н. Организационно-технологическая структура производственного процесса на машиностроительном предприятии : научное издание / Н. Н Трушин. – Тула, 2003. – 230 с.

121. Уваров, И. А. Анализ и развитие подходов к составлению переменной части оплаты труда инженерно-технического персонала / И. А. Уваров // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 2 (29). – С. 106.

122. Уваров, И. А. Разработка систем премирования инженерно-технических работников в промышленности / И. А. Уваров // Теория и практика общественного развития. – 2016. – № 2. – С. 49-51.

123. Уваров, И. А. Расчёт переменной части оплаты труда инженерно-технических работников в отрасли тяжёлого машиностроения в условиях дефицита молодых специалистов / И. А. Уваров // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – № 8-1. – С. 165-169.

124. Улучшение процесса мониторинга целей в области качества на примере машиностроительного предприятия / Д. В. Айдаров, А. В. Артюхов, Д. С. Гордиенко, В. Н. Козловский // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2022. – Том 24. – № 6 (110). – С. 15-19.

125. Управление инновационными проектами : учеб. пособие / Под. ред. В. Л. Попова. – Москва : ИНФРА-М, 2007. – 336 с.

126. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути / Р. Леон, А. Шумейкер, Г. Тагути [и др.]. Пер. с англ. – Москва : «СЕЙФИ» 2002. – 384 с.

127. Ушомирская, Л. А. Принципы формирования групп независимых экспертов при оценке перспективности технологических нововведений / Л. А. Ушомирская, А. Д. Чудаков // СТИН. – 1996. – №1. – С. 22-25.

128. Фетисов, М. Н. Автоматизация производственного планирования на авиастроительном предприятии / М. Н. Фетисов // Вестник Тульского государственного университета. Автоматизация: проблемы, идеи, решения : сб. научных трудов Национальной научно-техн. конф. с междунар. участием: АПИР-28, 13-15 ноября 2023 г. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2023. – С. 286-290.

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

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

131. Фетисов, М. Н. Формализация процесса планирования работы проектно-конструкторской организации / М. Н. Фетисов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2023. – № 12. – С. 74-79. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-74-75.

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

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

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

135. Формирование системы приоритетов в моделировании оперативно-календарных планов производства / М. А. Бражников, И. В. Хорина, А. М. Бражников, А. М. Бражникова // Вестник Самарского государственного экономического университета. – Самара, 2017. – № 4 (150). – С. 60-70.

136. Хрусталёв, Е. Ю. Производственные риски и экономические опасности наукоёмких производств / Е. Ю. Хрусталёв, М. И. Елизарова, А. С. Славянов // Научный журнал КубГАУ. – 2016. № 117 (03). – 17 с. – [Электронный ресурс] – URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/19.pdf> (дата обращения: 15.01.2024).

137. Хэлдман, К. Управление проектами. Быстрый старт / К. Хэлдман. Пер. с англ. Ю. Шпаковой. Под общ. ред. С. И. Неизвестного. – Москва : ДМК : Академия АйТи, 2007. – 352 с.

138. Чепелева, Т. И. Эффективность и ритмичность процессов производства / Т. И. Чепелева // Вестник БНТУ. – Минск, 2009. – № 3. – С. 60-64.

139. Чудаков, А. Д. Автоматизированное оперативно-календарное планирование в гибких комплексах механообработки / А. Д. Чудаков, Б. Я. Фалевич. – Москва : Машиностроение, 1986. – 224 с.

140. Шёнталер, Ф. Бизнес-процессы : Языки моделирования, методы, инструменты / Ф. Шёнталер, Г. Фоссен, А. Обервайс, Т. Карле ; пер. с нем. – Москва : Альпина Паблишер, 2019. – 264 с.

141. Штовба, С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

142. IEC 1131 – Programmable controllers. Part 7 – Fuzzy Control Programming. International electrotechnical commission (IEC). Technical committee № 65: Industrial process measurement and control sub-committee 65 B. 1997 Januar. 53 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

**СИСТЕМА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА ЗНАЧЕНИЙ КРИТЕРИЯ ПОЛНОТЫ
ПЛАНИРОВАНИЯ ВЫПОЛНЯЮЩИХСЯ ПРОЕКТОВ В СРЕДЕ MATLAB
R2016B С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА FUZZY LOGIC TOOLBOX 2.2.24**

**Система нечеткого вывода коэффициента своевременности подготовки и
согласования плана-графика проекта (этапа проекта) и регистрации его в
информационной системе управления проектами НЦВ в статусе
«Планируется»**

```
[System]
Name='Своевременность выпуска'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=1
NumOutputs=1
NumRules=5
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Просрочка'
Range=[0 30]
NumMFs=5
MF1='Отсутствует':'trimf',[-1 0 1]
MF2='Низкая':'trapmf',[0 1 2 17]
MF3='Средняя':'trapmf',[1 3 8 27]
MF4='Высокая':'trapmf',[7 14 22 30]
MF5='ОченьВысокая':'trapmf',[12 26 30 100]

[Output1]
Name='СвоевременностьВыпуска'
```

```

Range=[-0.1 1.1]
NumMFs=5
MF1='ОченьНизкая':'trimf',[-0.1 0 0.1]
MF2='Средняя':'trimf',[0 0.5 1]
MF3='ОченьВысокая':'trimf',[0.9 1 1.1]
MF4='Низкая':'trimf',[-0.1 0.2 0.5]
MF5='Высокая':'trimf',[0.5 0.8 1.1]

```

```

[Rules]
1, 3 (1) : 1
2, 2 (0.1) : 1
3, 4 (0.5) : 1
4, 4 (0.5) : 1
5, 1 (1) : 1

```

Система нечеткого вывода коэффициента своевременности выпуска распоряжения на открытие заказа для выполнения работ по проекту (этапу проекта) и перевод плана-графика в статус «Выполняется» (включение работ в планы опытного производства)

```

[System]
Name='Своевременность подготовки'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=1
NumOutputs=1
NumRules=5
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Просрочка'
Range=[0 30]

```

```
NumMFs=5
MF1='Отсутствует':'trimf',[-1 0 1]
MF2='Низкая':'trapmf',[0 1 3 6]
MF3='Средняя':'trapmf',[1 5 8 30]
MF4='Высокая':'trapmf',[6 13 20 30]
MF5='ОченьВысокая':'trapmf',[12 23 31 100]
```

[Output1]

```
Name='СвоевременностьПодготовки'
```

```
Range=[-0.1 1.1]
```

```
NumMFs=5
```

```
MF1='ОченьНизкая':'trimf',[-0.1 0 0.1]
```

```
MF2='Средняя':'trimf',[0 0.5 1]
```

```
MF3='ОченьВысокая':'trimf',[0.9 1 1.1]
```

```
MF4='Низкая':'trimf',[-0.1 0.2 0.5]
```

```
MF5='Высокая':'trimf',[0.5 0.8 1.1]
```

[Rules]

```
1, 3 (1) : 1
```

```
2, 5 (1) : 1
```

```
3, 2 (1) : 1
```

```
4, 4 (1) : 1
```

```
5, 1 (1) : 1
```




УТВЕРЖДАЮ
 Директор по качеству АО «Кронштадт»
 А. А. Дорфеев
 августа 2024 г.

АКТ

о практическом внедрении результатов диссертационной работы на соискание учёной степени кандидата технических наук Фетисова Михаила Николаевича «Совершенствование инструментария организации и управления процессом производственного планирования при разработке авиационной техники»

Настоящим актом удостоверяется, что результаты диссертационного исследования были апробированы в АО «Кронштадт» в целях совершенствования процесса планирования производственной деятельности предприятия. В частности, были рассмотрены и частично внедрены следующие методики и программные инструменты:

- планирования проектов, исполняемых предприятием-разработчиком авиационной техники;
- оценки качества процесса производственного планирования на предприятиях-разработчиках авиационной техники;
- повышения мотивации инженерно-технического персонала предприятия-разработчика авиационной техники.

В результате практической реализации результатов диссертационного исследования достигнуто улучшение следующих показателей АО «Кронштадт»:

- доля выполненных проектов увеличилась на 15% в 2023 г.;
- рост коэффициента рационального использования трудовых ресурсов составил более 5% за период 2023–24 гг.;
- доля проектов по плану НИОКР выросла с 53% до 86% с 2018 по 2023 гг.;
- выручка предприятия увеличилась на 13% за период 2021–23 гг.;
- снижение накладных расходов более 6% за 2022-23 гг.

Начальник управления по
 сертификации БАС АО «Кронштадт»

 Я. С. Долгов

**УТВЕРЖДАЮ**Проректор по учебно-
воспитательной работе
ФГБОУ ВО «ТулГУ»

Э.С. Темнов

«04» 07 2024 г.

АКТ

об использовании в учебном процессе
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
научных положений и результатов диссертационной работы
Фетисова Михаила Николаевича

Комиссия в составе заведующего кафедрой «Технология машиностроения» д-ра техн. наук, проф. А.А. Маликова, начальника учебно-методического управления канд. техн. наук, доц. А.В. Моржова составила настоящий акт о том, что научные положения и результаты диссертационной работы Фетисова М.Н. внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».

Материалы диссертационного исследования используются в образовательном процессе подготовки студентов по направлениям подготовки 15.03.05, 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Технология машиностроения») для чтения лекций и проведения практических занятий по следующим дисциплинам: «Проектная деятельность», «Проектирование и организация машиностроительного производства», «Организация научно-исследовательской и проектно-конструкторской работы в машиностроении», «Статистические основы управления качеством производства».

Обучающиеся используют полученные Фетисовым М.Н. в ходе диссертационных исследований результаты в рамках проведения научно-исследовательской работы, выполнении выпускных квалификационных работ.

Рассмотренные в диссертационной работе вопросы особенностей развития научных основ производственного планирования при разработке авиационной техники позволяют сформировать у студентов понимание

специфики данного направления, определить перспективы его развития в современных условиях. Разработанные методики являются примером использования методов нечетких множеств, квалиметрии, управления качеством и математической статистики в авиа- и машиностроении, что демонстрирует студентам межпредметную связь при изучении общеобразовательных и специальных дисциплин. Приведенные в диссертационной работе примеры использования разработанных методик для повышения ритмичности производственной деятельности и мотивации инженерно-технического персонала на предприятии-разработчике авиационной техники демонстрируют студентам связь теории и практики, а также возможности использования результатов теоретических исследований для решения конкретных практических задач.

Внедрение результатов диссертационной работы Фетисова М.Н. в учебный процесс позволяет расширить и углубить знания студентов в области управления качеством и организации машиностроительного производства.

Заведующий кафедрой
«Технология машиностроения»,
д-р техн. наук, проф.



А.А. Маликов

Начальник учебно-методического
управления, канд. техн. наук, доц.



А.В. Морзов