

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ»)

На правах рукописи



НИЖЕГОРОДОВ Кирилл Сергеевич

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ
УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ВПК В УСЛОВИЯХ
ПЕРЕХОДА НА ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Специальность 2.3.4. Управление в организационных системах

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:

кандидат экономических наук, доцент

Серебрякова Елена Анатольевна

Воронеж 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ СПОСОБОВ ФОРМИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ ЗАКАЗОВ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ВПК	12
1.1. Особенности формирования портфеля заказов в организационных системах ВПК.....	12
1.2. Управление портфелем заказов на основе сценарного метода	19
1.3. Механизмы формирования правил предпочтения в задачах принятия решений при планировании портфеля заказов	27
Выводы	44
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ВПК В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	45
2.1. Информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК.....	45
2.2. Модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК	59
2.3. Выводы	74
ГЛАВА 3. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ВПК В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	75
3.1. Алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК ...	75
3.2. Таксономический алгоритм для оценки качества управления порт- фелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК	82
Выводы	97

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ИНФОРМАЦИОННОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ВПК В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	98
4.1. Имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения	98
4.2. Вариант синтеза организационной системы ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения	113
4.3. Оценка эффективности.....	120
Выводы	122
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	124
Список литературы.....	127
Приложение 1. Акт о внедрении.....	142
Приложение 2. Справка о внедрении.....	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

Современное развитие экономики сформировало перед предприятиями военно-промышленного комплекса (ВПК) России ряд вызовов и новых возможностей. Данные предприятия имеют колоссальный опыт реализации сложных государственных заказов военного назначения, сотрудники, как правило, обладают высокими компетенциями в самых разных областях деятельности, на предприятиях имеются центры технологий и точки потенциального роста. Все это привлекает к сотрудничеству с ними самых разных заказчиков, в том числе высокорейтинговых холдингов, в частности: ПАО «Газпром», РЖД, Росатом и многих других. И это не удивительно, учитывая высокую историческую ответственность предприятий ВПК перед заказчиками. Поэтому на сегодняшний день, несмотря на значительные заказы непосредственно по профилю таких предприятий от государства, растет процент непрофильной продукции и в ряде случаев он достиг 25-31%.

К сожалению организационная система управления такими предприятиями оказалась не готова к выполнению нестандартных заказов различной номенклатуры и требований со стороны заказчика. Имея, ярко выраженный иерархический характер, а в последнее время еще и множественные надстройки холдингового характера предприятия ВПК не справляются с дополнительной нагрузкой и вынуждены увеличивать сроки реализации заказов, либо снижают качество готовой продукции, что, учитывая характер заказов в ряде случаев просто недопустимо. Одной из важнейших причин таких результатов явилась отсутствие в организационных системах управления предприятиями контура интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц, направленного на безусловное и своевременное выполнение непрофильных заказов с заданным качеством. Кроме этого, обладая колоссальными потенциальными возможностями роста производства предприятия ВПК, имея внешний контур управления, не спешат проявлять

инвестиционную инициативу, не очень охотно участвуют в различных федеральных и региональных программах, направленных на повышение конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках.

Таким образом, возникла задача трансформации систем управления портфелями заказов двойного назначения на предприятиях ВПК при сохранении контуров управления основным производством. Однако, решение указанной задачи сталкивается с проблемой отсутствия целостной методологии для управления подобными непрофильными портфелями заказов в иерархических организационных системах. Кроме этого, сами руководители пока относятся к таким заказам как дополнительной нагрузке и слабо мотивированы к работе с ними. О подчиненных же и говорить не приходится – мотивация просто отсутствует.

Данная проблема подробно рассмотрена в работах таких известных ученых как Баркалова С.А., Буркова В.Н., Дорофоеюка А.А., Манделя А.С., Курочки П.Н., Угольницкого Г.А., Щепкина А.В., Цыганова В.В. и многих других. Однако степень исследованности данной области остается недостаточной, особенно в области повышения качества при управлении процессами выпуска продукции двойного назначения предприятиями ВПК, которые относятся к классу иерархических организационных систем и характеризуется наличием вариантов классификации заказов их ранжированием, малым внедрением элементов проектного управления и неопределённостью при формировании интеллектуальной поддержки принятия решений для достижения заданных индикаторов.

Для решения задач синтеза и идентификации процессов трансформации систем управления портфелями заказов предприятий ВПК двойного назначения должны быть синтезированы элементы интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц, позволяющей обеспечить выполнение всех задач в определённые сроки и с заданным качеством. Управление процессами синтеза оптимального варианта таких систем представляет собой поиск в функциональном пространстве состояний, что осложняет теоретический аспект анализа и порождает множественную ошибку при интерпретации результатов исследований. Как

в области теории, так и практики сложились противоречия, что и обуславливает актуальность проведенных исследований.

Целью диссертационной работы является разработка алгоритмов и моделей управления процессами выполнения заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, обеспечивающих выпуск продукции в установленные сроки и требуемого качества за счет интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих подходов к повышению эффективности управления в организационных системах ВПК при переходе на выпуск продукции двойного назначения.

2. Синтезировать информационную модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, позволяющую существенно повысить вероятность выполнения производственной программы в срок.

3. Разработать модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК, позволяющую снизить риск манипулирования информацией структурными единицами предприятия.

4. Синтезировать алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК, позволяющий получить оптимальный вариант портфеля заказов за минимальное число шагов.

5. Разработать алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК, позволяющий выбирать наименее рискованные корректирующие действия для должностных лиц.

6. Получить имитационную модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения, позволяющую существенно повысить точность прогнозируемого поведения системы.

7. Определить требования к организации информационного обеспечения управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения.

Объектом исследования является процесс управления в организационных системах ВПК при переходе на выпуск продукции двойного назначения, а *предметом исследования* – методы интеллектуализации процессов принятия решений в иерархических организационных системах на основе информации обратной связи.

Методы исследования. Для решения поставленных в диссертации задач использовались математической теории графов, численной таксономии, машинного обучения, эвристические, квалиметрии, искусственного интеллекта, объектно-ориентированного программирования.

Обоснованность. Корректное использование методов исследования является основой для обоснованности научных выводов, выраженных в данной работе.

Достоверность научных результатов подтверждается проведенным в диссертации сравнительным анализом подходов к формированию и практической апробации разработанных методов для решения задач планирования портфеля заказов в организационных системах ВПК на основе типа и компетентности предприятий, формирования программ реинжиниринга производственной деятельности предприятий, синтеза композиционной структуры характеристик качества управления портфелем заказов и адекватной оценки этих характеристик соответствующими математическими моделями.

Тематика работы соответствует п. 2 «Разработка математических моделей и критериев эффективности, качества и надёжности организационных систем.», п. 4 «Разработка информационного и программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в организационных системах», п. 9 «Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия

управленческих решений в организационных системах» паспорта специальности
2.3.4. Управление в организационных системах.

Научная новизна. В процессе исследования в диссертации были достигнуты следующие основные результаты, отличающиеся научной новизной:

1. Информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, позволяющая существенно повысить вероятность выполнения производственной программы в срок за счет использования вероятностно-автоматного моделирования и агрегирования.

2. Модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК, позволяющая снизить риск манипулирования информацией структурными единицами за счет предварительной кластеризации продукции и использования моделей определенно-вероятностного планирования.

3. Алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК, позволяющий получить оптимальный вариант портфеля заказов за минимальное число шагов за счет использования параметризации нескольких правил предпочтения, при имитационном моделировании производства с учетом имеющихся компетенций и технологий.

4. Алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК, позволяющий выбирать наименее рискованные по критерию Сэвиджа корректирующие действия для должностных лиц, обеспечивающие безусловное выполнение плана за счет использования методов численной таксономии.

5. Имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения, позволяющая существенно повысить точность прогнозируемого поведения системы для стохастических матриц бесконечной размерности за счет использования матрицы вероятностей перехода и системы

логических высказываний и формул при генерации случайных чисел любого закона распределения.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработаны модели и алгоритмы, позволяющие осуществлять решение задач обеспечения заданного времени выполнения заказов предприятиями ВПК при выпуске продукции двойного назначения с уровнем качества готовой продукции соответствующей потребностям заказчика с учетом отдельных свойств используемых в ходе производственного процесса механизмов формирования технологий, синтеза таксономической структуры характеристик качества управления процессами и адекватной оценки этих характеристик соответствующими математическими моделями.

Положения выносимые на защиту.

1. Информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК.
2. Модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК.
3. Алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК.
4. Алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК.
5. Имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения.

Внедрение результатов работы. Модели, алгоритмы и механизмы внедрены в практическую подготовку при проведении междисциплинарной подготовки в виде регламента для определения номенклатуры продукции двойного назначения для ПАО «Газпром» в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». Результаты диссертационных исследований нашли применение в практической деятельности компании ООО «Angels IT»

при выполнении сложных IT проектов в составе проектных групп сформированных на основе Agile - методологии в виде регламентов для руководителей структурных подразделений при формировании команды проекта.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на: международной молодежной научно-практической конференции «Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование» (Курск, 2016); XVI-ой всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами» (Тамбов, 2019); XXII International scientific conference energy management of municipal facilities and sustainable energy technologies (EMMFT-2020) (Воронеж, 2020), 43-ой Международной научной школы-семинара «Системное моделирование социально-экономических процессов» (Воронеж, 2020), Всероссийской научно-практической конференции «Междисциплинарные исследования экономических систем» (Тверь, 2022), XVIII Всероссийской школе-конференции молодых ученых «Управление большими системами» (2023, Воронеж), а также на научных семинарах кафедры управления (2017 – 2023 гг).

Публикации. По тематике диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе 3 – в изданиях, рекомендуемых ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций, из них 1 работа проиндексирована в SCOPUS.

Личный вклад автора. В работах, опубликованных в соавторстве, личный вклад соискателя состоит: в работах [1], [4] автору принадлежит информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК; в работах [2], [6] – модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК; в работах [3], [5], [9]– алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК; в работах [7], [8], [10]– алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной

системе ВПК; в работах [11], [12], [13] – имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ СПОСОБОВ ФОРМИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ ЗАКАЗОВ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ВПК

1.1. Особенности формирования портфеля заказов в организационных системах ВПК

Рассмотрим модель организационной системы ВПК управления портфелем заказов двойного назначения, представляющую собой ориентированный конечный граф:

$G(X, U)$ без контуров.

где: X — множество вершин, соответствующих событиям;

U — множество дуг, соответствующих работам.

Пусть U_x^- - множество работ, исходящих из вершины x , а U_x^+ — множество работ, входящих в вершину x , $x \in X$.

Множество вершин неоднородно и включает в себя вершины, реализующие на входе и выходе события логическую операцию «И» (ситуация обязательного начала и окончания каждой работы), и вершины, реализующие на входе и выходе события логическую операцию «ИЛИ» в неисключающем и исключающем смысле (отражают альтернативные ситуации процесса) [4, 76].

При построении данной стохастической сетевой модели используются восемь типов событий, характеристика которых приведена в табл. 1.1.

Событие, принадлежащее к одному из типов 0,1,2 с входом «И», считается свершенным в случае окончания всех непосредственно входящих в него работ. Для конкретной реализации стохастической модели раннее время свершения T_p события x типов 0,1,2 вычисляется по формуле:

$$T_p(x) = \begin{cases} \max_{(x',x)} (T_p(x') + \tau(x',x)) \\ \text{для событий } x: U_x^+ = 0 \end{cases} \quad (1.1)$$

Таблица 1.1 – Типы событий для стохастической сетевой модели ВПК

Тип	Логическое отношение на входе события	Логическая возможность на выходе события
0	И	И
1	И	$\overline{\text{ИЛИ}}, \sum p_u = 1$ $u \in U_x^-$
2	И	ИЛИ, $0 < p_u \leq 1$ для всех $u \in U_x^-$
3	ИЛИ	И
4	ИЛИ	$\overline{\text{ИЛИ}}, \sum p_u = 1$
5	ИЛИ	ИЛИ, $0 < p_u \leq 1$ для всех $u \in U_x^-$
6	ИЛИ	ИЛИ, $0 < p_u^v \leq 1$ для всех $u \in U_x^-$ $V \in U_x^+$
7	ИЛИ	$\overline{\text{ИЛИ}}, \sum p_u^v = 1$ для всех $v \in U_x^+$ $u \in U_x^-$

События типов 3, 4, 5, 6, 7 имеют вход типа «ИЛИ», означающий, что событие свершается, если из всех входящих в него работ получен результат одной или нескольких. Для конкретной реализации стохастической модели раннее время свершения T_p события x , относящегося к одному из перечисленных типов событий, определяется из соотношения [41, 76]:

$$T_p(x) = \max_{(x',x)} (T_p(x') + \tau(x',x)) \quad (1.2)$$

Вход типа « $\overline{\text{ИЛИ}}$ » (исключающее «ИЛИ») как частный случай содержится в понятии входа типа «ИЛИ». Действительно, из нескольких реализованных работ в случае входа типа «ИЛИ» выбирается работа с минимальным наиболее ранним временем окончания. В случае же входа « $\overline{\text{ИЛИ}}$ » реализуется всего одна работа, входящая в данное решающее событие. Время свершения решающего события при этом совпадает с временем окончания именно этой работы. Свершение событий типов 0 и 3 (выход «И») означает возможность и необходимость выполнения всех непосредственно из них исходящих работ.

События типов 1 и 4 характеризуются выходом «ИЛИ». В этом случае на выходе события x должна выполняться одна и только одна работа $u=(x, y)$ из множества работ U_x^- с заранее заданными вероятностями реализации каждой из них [54, 76]. При этом имеет место условие:

$$\sum_{u \in U_x^-} p(x, y) = 1.$$

Для свершенного события x типов 2 и 5 при продолжении реализации проекта выбираются работы из множества U_x^- с определенными вероятностями их реализации такими, что $0 \leq p_u \leq 1$ для каждой $u \in U_x^-$. Наиболее сложны в рассматриваемой модели события типов 6 и 7, которые имеют многоальтернативный выход. Пусть P_u^ν — вероятность реализации работы $u \in U_x^-$ при условии, что свершение события x определяется выполнением работы $\nu \in U_x^+$. Тогда для событий типа 6 должно выполняться соотношение $0 < P_u^\nu \leq 1$ для всех $u \in U_x^-$, $\nu \in U_x^+$, а в случае события типа 7 — $\sum P_u^\nu = 1$ для всех $\nu \in U_x^+$.

Введенные типы событий описывают почти все встречающиеся ситуации при моделировании сложных процессов, таких как разработка сложных изделий и систем, перестройка предприятий, комплексная подготовка производства и др. В результате анализа стохастической сетевой модели получаем математические ожидания и дисперсии параметров отдельных событий графа [4, 76] и строим интегральную функцию распределения времени выполнения сетевого проекта $P\{T_{кр} < T\} = pT$.

Предполагается, что информация о сетевой модели предварительно преобразуется так, что вершины перенумерованы натуральными числами $1, 2, \dots, M$ (M — число вершин стохастической сетевой модели), список работ правильно занумерован таким образом, что для двух работ с номерами $\nu < \mu$ не существует пути из конечной вершины j_μ второй работы в начало i_ν первой работы. Существенное преимущество правильной упорядоченности списка работ состоит в

том, что наиболее раннее время свершения каждого события может быть вычислено за один просмотр этого списка [41, 76].

Для работы алгоритма розыгрыша и анализа стохастической сетевой модели предполагается, что заданы следующие величины и массивы информации [76]:

- ✓ n — число работ сетевой модели.
- ✓ M — число вершин (событий);
- ✓ вершиной с номером M является событие типа 3, это общий фиктивный конец сетевой разработки;
- ✓ T_{\max} — пессимистическая оценка длительности разработки.
- ✓ W — список работ сетевой модели со строками:

$$(x_v, y_v, t_v), v=1, \dots, n,$$

где x_v — начальное событие работы v , y_v — конечное событие работы v , t_v — длительность работы v .

- ✓ РС — список решающих событий, который включает в себя информацию о каждом альтернативном событии сети в следующем порядке: шифр решающего события x , тип события x , шифры конечных событий работ из множества U_x^- и вероятности реализации работ, исходящих из x .

✓ Для событий типов 1, 2, 4, 5 задается вектор вероятностей реализации работ, выходящих из данного решающего события, а для событий типов 6 и 7 последовательно задается столько векторов вероятностей реализации исходящих работ, сколько имеется дуг на входе решающего события; при этом для каждого вектора указывается шифр начального события работы, от свершения которой зависит реализация работ из множества U_x^- .

- ✓ АНРС — список адресов начала информации в списке РС о каждом решающем событии; для событий, не являющихся решающими, соответствующая ячейка в списке равна нулю.

- ✓ Массив Tr размером M слов необходим для вычисления наиболее ранних времен вершин (событий) графа.

- ✓ Множество U_M^+ включает в себя фиктивные работы нулевой длительности, соединяющие концевые события исходной сетевой модели с вершиной M .
- ✓ N — заданное число реализаций.

Алгоритм розыгрыша отдельной реализации состоит в последовательном рассмотрении группировок работ U_x^- , имеющих началом одно и то же событие x , и в вычислении временных характеристик событий. В результате розыгрыша часть работ оказывается реализованной, а остальные работы исключаются из списка работ данной реализации. Розыгрыш каждой работы $(x, y) \in U_x^-$ определяется конкретным описанием логических возможностей начального события x и конечного события y этой работы. Исключение работы (x, y) из данной реализации производим согласно правилу A , а включение ее в конкретную реализацию — согласно правилу B .

Правило А. Наиболее раннее время $Tr(y)$ конечного события y типов 0, 1, 2 работы (x, y) полагаем равным ∞ . При реализации алгоритма под символом ∞ понимается достаточно большое число [76].

Правило В.

1. Присваиваем работе метку.
2. Пересчитываем оценки наиболее раннего времени $Tr(y)$ конечного события y по формулам:

$$TP(y) = \max (TP(y), Tr(x) + \tau(x, y))$$

для событий y со входом «И»;

$$Tr(y) = \min(Tr(y), Tr(x) + \tau(x, y))$$

для события y со входом типа неисключающее «ИЛИ» либо исключающее «ИЛИ».

3. Если произошла переоценка наиболее раннего времени события y и событие y принадлежит к типам 6 или 7, то для него запоминаем в качестве лимитирующего начальное событие x дуги (x, y) .

Опишем алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа по пунктам [76].

Шаг 1. Устанавливаем начальные значения T_p^0 наиболее ранних времен всех событий: для событий типов 0, 1, 2 полагаем $T_p^0=0$, а для решающих событий типов 3—7 полагаем $T_p^0="∞"$; переходим к шагу 2.

Шаг 2. Выделяем очередную группировку работ U_x^- с общим начальным событием x и переходим к шагу 3.

Шаг 3. Если наиболее раннее время $Tr(x)$ начала группировки работ равно $∞$, то переходим к п. 4, иначе — к шагу 5.

Шаг 4. Работы рассматриваемой группировки исключаем из данной реализации модели согласно правилу А и переходим к шагу 5.

Шаг 5. Если событие x имеет неальтернативный выход, т. е. относится к событиям типов 0 или 3, то переходим к п. 6, в противном случае — к шагу 7.

Шаг 6. Работы рассматриваемой группировки U_x^- включаем в реализацию согласно правилу В и переходим к шагу 10.

Шаг 7. Если событие x имеет альтернативный выход типа неисключающее «ИЛИ» (события типов 2, 5 или 6), то переходим к выполнению п. 8, иначе при альтернативном выходе типа исключающее «ИЛИ» (события типов 1, 4, 7) переходим к шагу 9.

Шаг 8. Работы $u = (x, y) \in U_x^+$ разыгрываем независимо друг от друга, согласно заданному вектору вероятностей. При этом, если событие x относится к типу 6, вектор вероятностей определяется из заданной матрицы $\|P_u^v\|$ по лимитирующему событию ЛС $[x]$; переход к шагу 10.

Шаг 9. Включаем в реализацию одну из работ рассматриваемой группировки в соответствии с розыгрышем полной группы событий с заданным вектором вероятностей. Если событие относится к типу 7, то из описывающей его матрицы вероятностей выбирается столбец, соответствующий событию ЛС $[x]$. Остальные работы рассматриваемой группировки исключаются из данной ре-

лизации согласно правилу А. В том случае, если анализируемое событие x принадлежит к одному из типов 2, 5, 6, исходящие из события x работы разыгрываются по схеме независимых событий. По результатам разыгрывания определяются работы, которые войдут в данную реализацию стохастической модели.

Шаг 10. Если просмотрен весь список работ, то работа алгоритма данной реализации стохастической сетевой модели закончена. В противном случае, перейдя к шагу 2, рассматриваем следующую группировку работ с начальным событием.

По окончании работы описанного выше алгоритма розыгрыша каждой реализации результаты записываются в массивы:

$$q [1 : T_{\max}], r[1 : n], R[1 : n] \text{ и счетчики } \xi, N+.$$

где: ξ — номер очередного розыгрыша стохастической сетевой модели, $1 \leq \xi \leq N$, в результате которого вычисляется очередное значение $T_{\text{кр}\xi}$ критического времени для данной реализации.

Признаком удачной реализации является выполнение неравенства $T_{\text{кр}\xi} \leq T_{\max}$, в этом случае увеличиваем на единицу содержимое счетчика числа удачных реализаций, а также корректируем гистограмму распределения величины $T_{\text{кр}}$; $qT = qT + 1$, где $T = [T_{\text{кр}\xi}]$, а $[T]$ означает целую часть числа T .

Далее осуществляем последовательный просмотр списка работ сетевой модели. Если работа с номером ν помечена, т.е. вошла в данную реализацию, то увеличиваем на единицу содержимое ячейки r_ν — счетчика реализованности работы ν . Кроме того, проверяем принадлежность каждой работы $(x\nu, y\nu)$ какому-либо критическому пути.

Для этого проверяем выполнение следующих условий:

1° — работа $(x\nu, y\nu)$ помечена;

2° — $Tr(x\nu) + \tau(x\nu, y\nu) = Tr(y\nu)$;

3° — событие $y\nu$ находится на критическом пути.

В случае выполнения условий 1°—3° увеличиваем на единицу содержимое

счетчика критичности, соответствующего рассматриваемой работе, и отмечаем факт принадлежности критическом пути [76]. Алгоритм требует выполнения операций в количестве $O(M \cdot N)$. Каждая реализация требует одного (в случае $T_{кр\xi} > T_{max}$) либо двух (при $T_{кр\xi} \leq T_{max}$) просмотров списка работ сложной сетевой модели. Необходимая память линейно зависит от числа работ N , числа событий M и T_{max} .

1.2. Управление портфелем заказов на основе сценарного метода

В ходе управления портфелем заказов как правило выявляются несоответствия. Планируется разработка сценариев осуществления заказа с учетом различных типов номенклатур в подразделении перепроектирования.

Сценарий является моделью будущего, которая описывает возможные варианты развития событий. Основные факторы, которые должны быть приняты во внимание, определяются и анализируются с целью определения того, как они могут повлиять на события, которые будут происходить.

Следовательно, необходимо разделить существующую номенклатуру на три вида [43] (рис. 1.1).

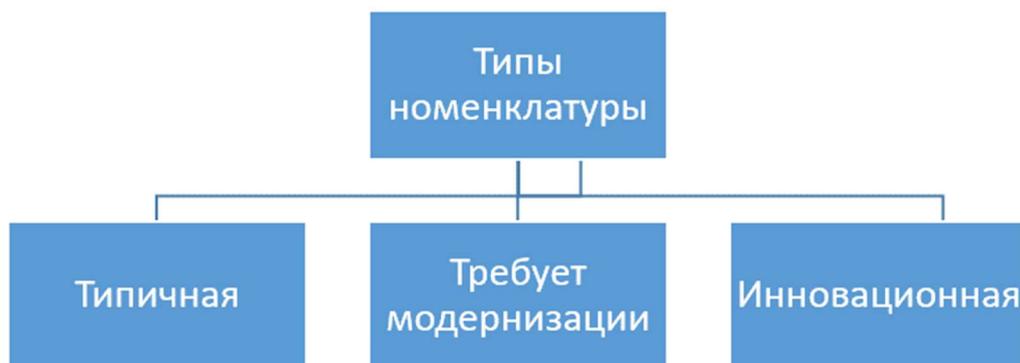


Рис. 1.1. Типы номенклатуры

Воспользовавшись диаграммой действий, можно рассмотреть варианты для каждого типа номенклатуры заказа. Диаграмма действий – это схема, которая представляет собой поведение человека, демонстрирующее поток деятельности, проходящий через систему. Для отображения потока событий в бизнес-процессе, можно использовать диаграммы активности UML. Их можно использовать для изучения бизнес-процессов, чтобы определить их поток и требования [43].

Сценарий 1. Номенклатура изделий типична. Рассмотрим порядок действий при данном сценарии (рис. 1.2).

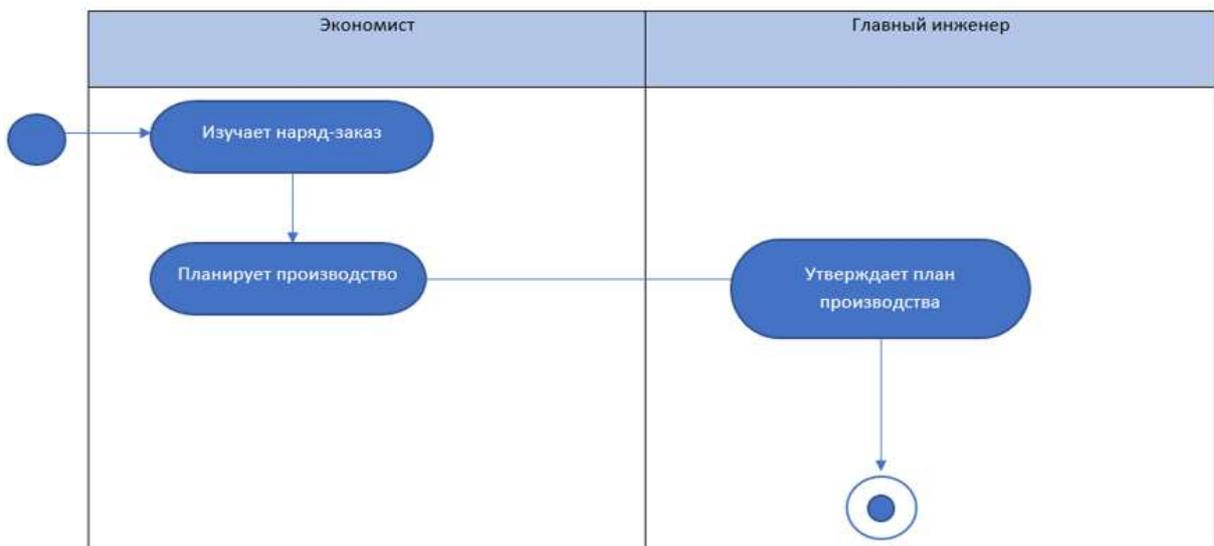


Рис. 1.2. Диаграмма действий для первого сценария

Сценарий 2. Номенклатура изделий требует модернизации (рис. 1.3).

Модернизация - это процесс изменения объекта, его приведения к новым стандартам и нормам, техническим условиям, характеристикам качества [43].

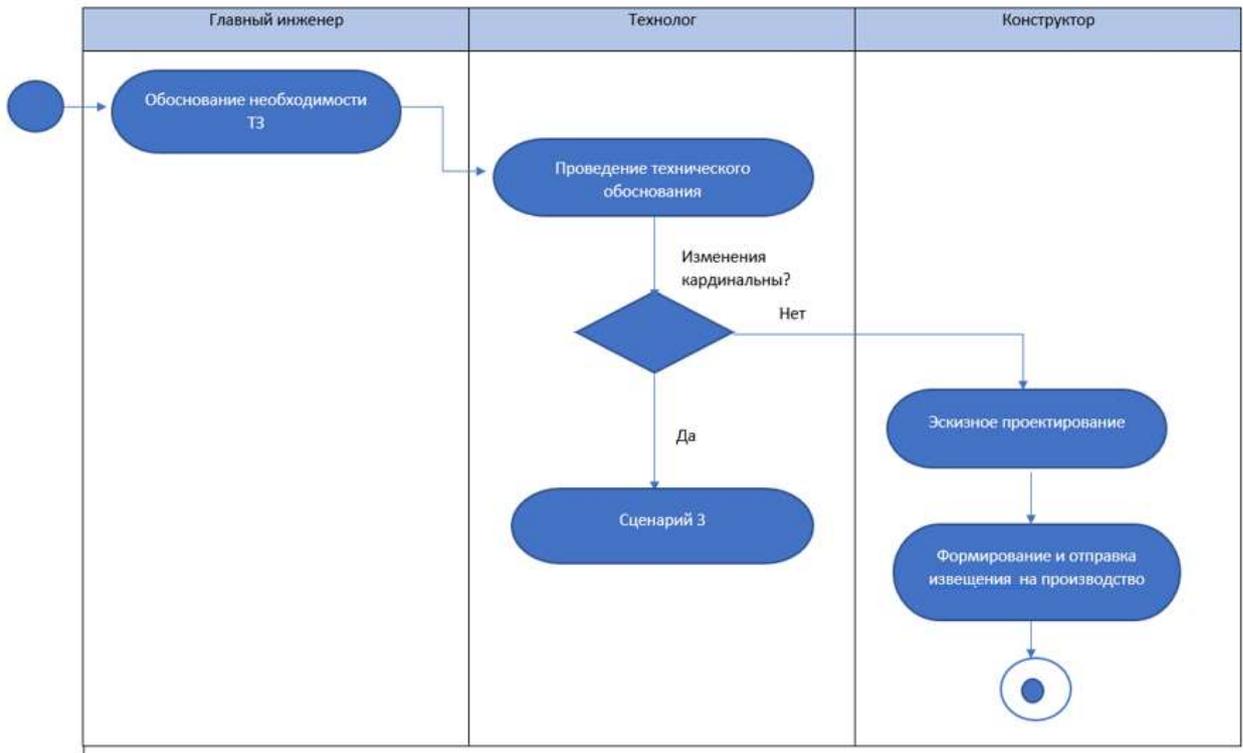


Рис. 1.3. Диаграмма действия для второго сценария

Сценарий 3. Номенклатура является инновационной или требует кардинальных изменений.

Инновационная продукция – это товары и услуги, которые имеют существенные улучшения по своим характеристикам или предполагаемому использованию, что включает в себя новые технические решения, компоненты и материалы, программное обеспечение и другие функциональные характеристики.

Это условие создает риск возникновения брака в процессе производства [43].

На рис. 1.4 показан алгоритм создания технического задания для инновационной продукции.

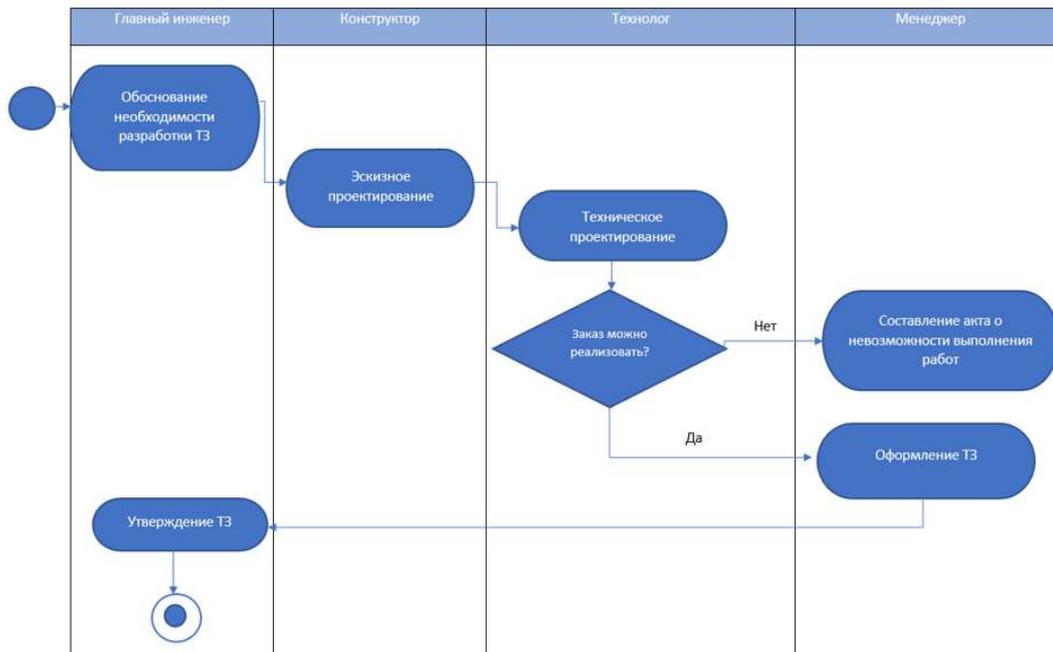


Рис. 1.4. Диаграмма действий для третьего сценария

Сценарий 4. Номенклатура заказа смешанная. В заказе присутствует типичная, модернизационная и инновационная номенклатура в различном процентном соотношении [43]. Алгоритм для четвертого сценария показан на рис.1.5.

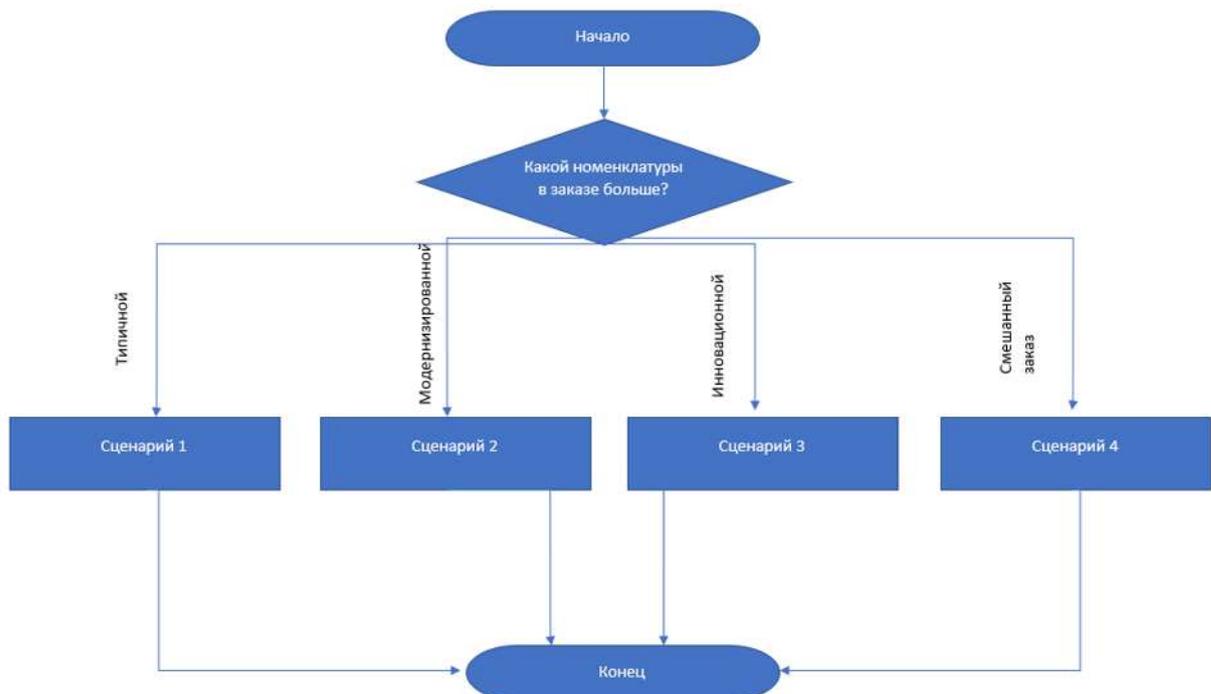


Рис. 1.5. Алгоритм для четвертого сценария

Рассмотрим процесс создания модели перехода от одного сценария к другому, используя Марковский процесс [8].

Понимание Марковским процесса как случайного явления, осуществляющегося в системе, может быть получено, если для любого момента времени t_0 вероятностные характеристики процесса в будущем будут зависеть только от его текущего состояния и не будут зависеть от того, когда и как система пришла в данное состояние [8,9].

Для удобства будем считать, что S_0 является заказом, который поступил на предприятие в данный момент времени t_0 . Можно сказать, что в этот период времени система S_0 находится в состоянии готовности и вся история процесса, происходившего до $t < t_0$, известна. В результате можно получить вероятностные характеристики процесса, который произойдет в будущем, и определить состояние системы. В качестве примера можно привести вероятность того, что в определенный промежуток времени система S будет находиться в состоянии S_1 или сохранит состояние S_0 .

Предположим, что мы можем перечислить возможные варианты выполнения заказа, основываясь на его номенклатуре [8,20].

S_1 - Номенклатура заказа типичная, изменений не требует.

S_2 -Номенклатура заказа требует модернизации.

S_3 -Номенклатура является инновационный и требует кардинальных изменений

S_4 – Номенклатура заказа смешанная

Изменение состояния системы S происходит практически моментально. При рассмотрении случайных процессов с дискретными состояниями, удобно использовать геометрические схемы, которые называют графами состояний. Состояния системы могут быть изображены в виде прямоугольников (или кругов), а возможные переходы между состояниями - стрелками, которые соединяют эти состояния [20]. Попробуем изобразить состояния в виде кругов, на которых нанесены обозначения состояний: S_1, S_2, \dots, S_n (рис. 1.6).

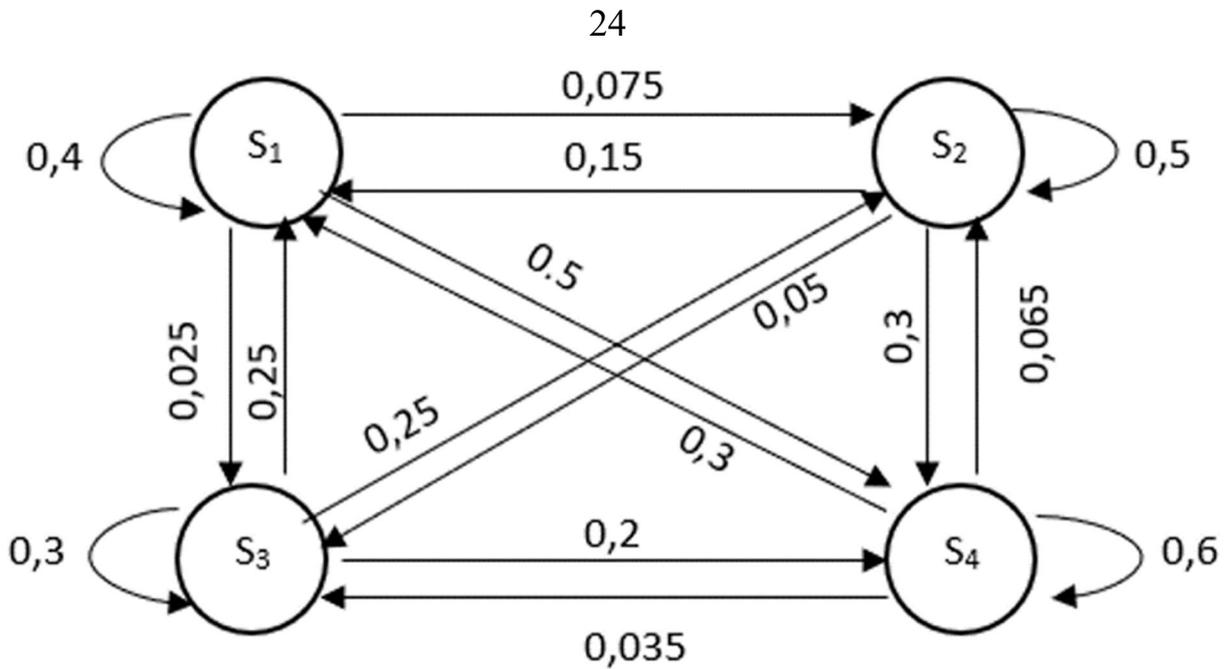


Рис. 1.6. Граф состояния

Очевидно, что цепь Маркова является вероятностным автоматом. В качестве матрицы чаще всего представляется распределение вероятностей переходов. Следовательно, если цепочка Маркова имеет N возможных состояний, то матрица будет выглядеть как последовательность из двух чисел: I и J .

В таком случае запись (I, J) будет являться вероятностью перехода из состояния I в состояние J . Кроме того, такое число должно иметь единицу, а значит, оно должно быть стохастическим, то есть строка или столбцы должны давать единицу. Данная матрица имеет возможность для каждой строки создать собственное распределение вероятностей [9].

Определяем матрицу перехода, которая будет отображать возможные состояния системы.

$$P = \begin{bmatrix} 0,4 & 0,075 & 0,025 & 0,5 \\ 0,15 & 0,5 & 0,05 & 0,3 \\ 0,25 & 0,25 & 0,3 & 0,2 \\ 0,3 & 0,065 & 0,035 & 0,6 \end{bmatrix}$$

Это стало возможным благодаря тому, что мы получили вероятность перехода из одного состояния в другое. Для того чтобы рассмотреть вероятность, необходимо сделать несколько шагов. Чтобы это сделать, нам нужно определить

вероятность перехода из состояния I в состояние J за M шагов. Для того, чтобы определить матрицу перехода P, необходимо произвести вычисление (I, J) и возведение P в степень M [8, 20].

$$P^{50} = \begin{bmatrix} 0,308 & 0,136 & 0,046 & 0,510 \\ 0,308 & 0,136 & 0,046 & 0,510 \\ 0,308 & 0,136 & 0,046 & 0,510 \\ 0,308 & 0,136 & 0,046 & 0,510 \end{bmatrix}$$

Следовательно, можно сделать вывод о том, что система находится в состоянии равновесия. По большей вероятности, наиболее вероятными будут являться первый и четвертый сценарии. В результате этого мы произвели расчет вектора стационарного распределения.

Цепь Маркова имеет стационарное распределение вероятности, которое не изменяется со временем [8. 20].

В результате, используя Марковский процесс, можно рассчитать вероятность перехода системы из одного состояния в другое и определить какой сценарий будет наиболее вероятным.

С помощью сети Петри рассмотрим последовательность срабатывания каждого сценария [25, 52].

При рассмотрении в качестве простейшего примера, сеть Петри может рассматриваться как последовательность последовательных устройств, задача которых заключается в реализации определенной последовательности действий. В некоторых ситуациях данная интерпретация имеет смысл. К примеру в случае, когда модель предполагает непрерывное время и при этом нулевая продолжительность срабатывания перехода является допустимой, вероятность одновременного осуществления двух переходов может быть равна нулю. Неоспоримо, что в данном случае, важным является именно последовательность (порядок) осуществления переходов. С помощью последовательных толкований, можно понять работу сети Петри. Это может быть использовано в тех случаях, когда все процессы (переходы) проходят обработку одним и тем же устройством (исполнителем) [52].

Условно можно сказать, что сеть Петри состоит из четырех видов:

$$S = \langle P, T, E, M_0 \rangle,$$

где: P — конечное множество позиций (иначе—мест или условий);

T — конечное множество переходов (событий);

E — конечное множество дуг, $E \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$;

M_0 — начальная маркировка (разметка), $M_0: P \rightarrow N$, $N = \{0, 1, 2, \dots\}$ -множество натуральных чисел.

В качестве графического изображения сети Петри можно использовать двудольный ориентированный граф с двумя типами вершин: вершины p_i из множества $p_i \in P$ изображаются чаще всего кружками, а вершины $t_j \in T$ - полосками. В зависимости от направления, графы могут иметь дуги в направлении только к кружкам и полоскам. В свою очередь, каждая позиция может быть, как входной, так и (или) выходной позицией одного или нескольких переходов [52, 108].

С помощью представления сети Петри в виде двудольного графа (рис. 1.7) можно задать структуру сети Петри, не изменяя ее динамически. В модель вводится динамика посредством изменения маркировки (разметки) позиций и соглашения о правилах осуществления переходов [108].

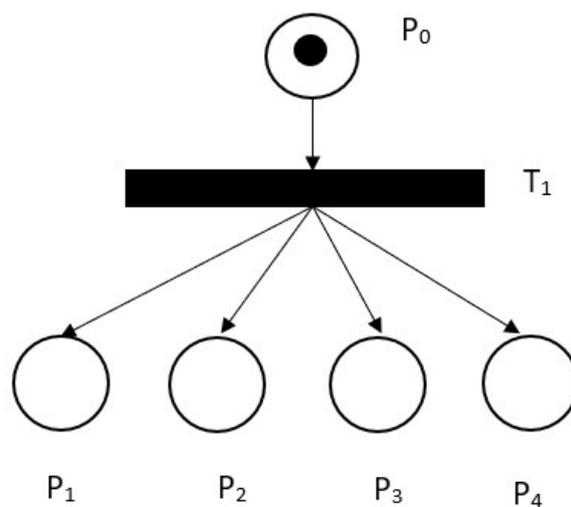


Рис. 1.7. Сеть Петри

По мере того, как сеть Петри совершенствуется, она совершает переход от одной маркировки к другой, благодаря активации возбужденных переходов. Также можно сказать, что в целом можно сделать вывод о том, что динамика поведения сети Петри (ее функционирования во времени) может быть описана тремя способами [20,52]:

$$S = \langle M_0, \rightarrow, M_D \rangle,$$

где: M_0 — начальная маркировка;

\rightarrow — отношение непосредственного следования маркировок (запись $M_A \rightarrow M_B$ означает, что за маркировкой M_A непосредственно следует маркировка M_B);

M_D — множество допустимых маркировок (состояний) сети Петри, достижимых из M_0 .

В качестве примера, маркировка может быть представлена вектором $M = (m_1, m_2, \dots, m_n)$, в котором число компонент равно числу позиций сети Петри. Значение i -й компоненты, $1 \leq i \leq n$, является натуральным числом $m_i = m(p_i)$ - количеством маркеров в позиции [108].

Следовательно, нами была рассмотрена система перехода от одного сценария к другому. Из этого следует, что переход в маркированной сети Петри с маркировкой может быть запущен в любой момент времени, когда он будет разрешен. Новые маркировки образуются в результате запуска разрешенного перехода.

1.3. Механизмы формирования правил предпочтения в задачах принятия решений при планировании портфеля заказов

Обеспечение согласованности плановых решений при управлении портфелем заказов в организационной системе ВПК во времени требует учета множества факторов и связано со значительными трудностями. Кроме того, должна

учитываться сложившаяся иерархическая система снабжения ресурсами организаций и объектов. При этом ресурсы представляются в различной номенклатуре в зависимости от уровня управления заказами. Как показывает опыт [75], необходимым условием эффективного планирования и управления являются организационно-технологическое моделирование возведения объектов и анализ моделей на ЭВМ. Каждой работе при ОТМ ставится в соответствие вектор ресурсов, необходимых для ее выполнения. Наибольшее распространение в строительстве для производственно-технологического планирования и оперативного управления получили сетевые модели, являющиеся подклассом операционно-технологических [75] моделей (ОТМ).

В практике управления используются, как правило, одноуровневые сетевые модели, разрабатываемые для решения задач соответствующего уровня управления [12, 76]. Такой подход отличается высокой трудоемкостью и не обеспечивает необходимого уровня подобия моделей, описывающих одни и те же объекты с разной степенью детализации. Кроме того, плановые решения, вырабатываемые с помощью этих моделей для разных уровней управления, трудно сбалансировать и согласовать друг с другом.

В связи с этим возникает проблема разработки методов многоуровневого моделирования и оптимизации производства с обеспечением в определенном смысле эквивалентности ОТМ различных уровней [76].

Основными критериями эффективности иерархической системы моделей будем считать [4, 76]:

- адекватность моделируемым производственным процессам;
- подобие моделей одних и тех же объектов с разной степенью детализации работ;
- минимизацию трудозатрат на подготовку исходных данных, построение и интерпретацию моделей;
- простоту и удобство корректировки параметров моделей;
- эффективность работы пользователя с моделями.

Под подобными моделями одного и того же комплекса операций, представляемого в этих моделях с разной степенью детализации, будем понимать такие модели, по которым вычисленные множества планов совпадают по срокам свершения граничных (начальное и завершающее) событий и срокам некоторых, заранее выделенных, промежуточных событий. Существующие методы решения задачи построения многоуровневых ОТМ либо труднореализуемы, либо неэффективны по следующим причинам [76]:

- высокая трудоемкость подготовки исходных данных;
- неадекватность используемых традиционных сетевых моделей и ограниченные возможности их математического аппарата;
- недостаточный учет иерархии органов управления производством.
- чрезмерное разнообразие типов используемых моделей для разных уровней управления.

Влияние этих факторов может быть преодолено посредством применения аппарата обобщенных сетевых моделей и новой информационной технологии подготовки и управления производством [75, 76].

Тогда в сетевую модель необходимо включить полный цикл взаимосвязанных этапов подготовки производства: при планировании капитальных вложений, в сфере деятельности заказчика, при подготовке объектов производства, при организационно-технологическом проектировании, в сфере подрядной деятельности, при управлении подготовкой производства. Каждый из этапов включает комплексы задач формирования выходной документации, соответствующей деятельности определенной организации или ряда взаимодействующих организаций, участвующих в процессе [4, 76].

Рассмотрим процедуры моделирования процессов производства на разных этапах подготовки, а также информационное взаимодействие между организациями — участниками процесса. На этапе проектирования объекта производства предусматривается подготовка и ввод основного объема информации в ЭВМ. На

этапе подготовки производства работ осуществляется привязка к местным условиям путем корректировки исходных данных. На остальных этапах ОТМ разной степени детализации используются для решения различных информационных, плановых и других управленческих задач [75].

Поэтому используется декомпозиционный подход к решению задачи построения иерархической системы моделей. Указанную задачу целесообразно представить как группу локальных задач по составлению модели для каждого из уровней управления [76].

При решении локальных задач должны быть учтены общесистемные требования:

- все локальные модели должны отражать один и тот же процесс создания объекта строительства;
- модели должны быть единого типа (для последующего согласования и эффективной межуровневой балансировки);
- детализация модели должна быть необходимой и достаточной для решения задач планирования и управления на соответствующих уровнях;
- должны быть обеспечены условия подобия моделей различных уровней детализации для согласованного решения задач планирования и др.;
- нормативно-справочные данные моделей различных уровней должны быть информационно-взаимоувязаны.

Задача построения организационно-технологической модели i -го ($I = l, n$) уровня заключается в том, что по заданному списку работ, относимых к i -му уровню управления, необходимо сформировать организационно-технологическую модель. По всем работам должны быть рассчитаны ресурсно-временные характеристики.

Основная идея метода построения заключается в следующем. Предлагается формировать исходную организационно-технологическую модель объектов для нижнего уровня управления. Для остальных уровней управления соответ-

ствующие модели будут получаться формальным способом, путем преобразования исходной ОТМ.

Варианты построения модели продукции для нижнего уровня управления представляют агрегацию моделей на основе структурированного представления данных (композиционного дерева работ). Ресурсные и сетевые характеристики каждой укрупненной работы являются агрегатами параметров соответствующих ей детальным работ. При агрегации учитывается номенклатура единиц измерения ресурсов, принятая на i -ом уровне управления. Обобщенная структура ОСМ в терминах событий приведена на рис. 1.8.

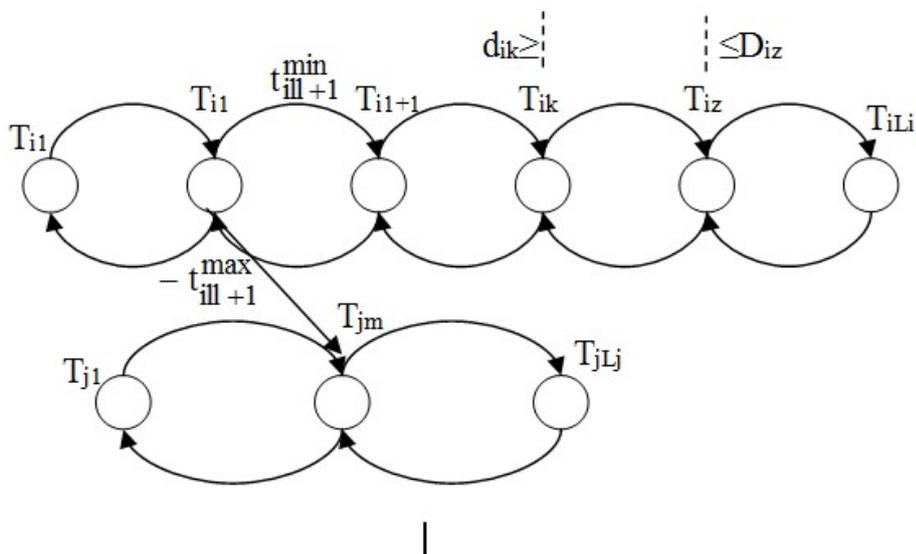


Рис. 1.8. Структура ОСМ в терминах событий

Перечислим основные этапы предлагаемого способа построения иерархической системы организационно-технологических моделей объекта производства:

1. Представление объемных и ресурсных характеристик объекта строительства с помощью объемно-конструктивного композиционного дерева с соответствующими характеристиками работ [76];

2. Выделение на композиционном дереве работ сечения, состоящего из вершин (работ), которые по степени агрегации относятся к i -му уровню управления производством;

3. Построение n -уровневого дерева на основе выделенных вершин, принадлежащих n -сечениям. Вычисление ресурсно-объемных характеристик работ, принадлежащих указанным сечениям;

4. Построение организационно-технологической модели объекта производства для нижнего уровня управления (с использованием библиотеки типовых моделей комплексов работ);

5. Формирование сетевых моделей объекта производства для верхних уровней управления путем итеративной процедуры агрегации работ сетевой модели нижнего уровня.

Этапы построения системы сетевых моделей

Первый этап — построение композиционного дерева работ и расчет соответствующих характеристик — реализуется в проектной организации на основе методики [75]. Далее следует проверка дерева на непротиворечивость и его корректировка.

Второй этап — на композиционном дереве работ пользователем в диалоговом режиме отмечаются работы требуемой детализации, соответствующие различным «сечениям» [75].

Другой способ — формализованный, при котором пользователь задает только «фильтры» [76] («габариты») работ для каждого из сечений.

Третий этап можно разбить на два подэтапа — 3а и 3б.

Подэтап 3а. Формирование n -уровневого дерева работ, принадлежащих n -сечениям исходного композиционного дерева. Легко убедиться, что для заданного композиционного дерева и набора n -сечений существует единственное n -уровневое дерево. При этом считается, что всегда существует сечение из одной вершины, включающее корень дерева.

Рассмотрим пример. Пусть задано композиционное дерево работ. На дереве выделены сечения (множества вершин), соответствующие требованиям ОТМ для различных уровней управления. Требуется построить такое n -

уровневое дерево, в котором все вершины принадлежат n -сечениям, а между вершинами соблюдается отношение «старшинства», как в исходном дереве.

Для удобства описания алгоритма введем следующие понятия. «Старшей» вершиной для группы вершин дерева называется такая вершина, из которой существует путь в каждую из вершин группы. В этом случае все вершины группы будем называть «младшими» вершинами по отношению к «старшей».

Укрупненный алгоритм формирования n -уровневого дерева

Шаг 1. Все вершины, принадлежащие i -ому сечению, отнесем к множеству I_i . Все вершины «вышележащего» $(i + 1)$ -го сечения отнесем к множеству I_{i+1} и т. д. до I_n .

Очевидно, что если сечения «касаются», то есть включают одну и ту же вершину, то эта вершина должна войти во все соответствующие множества I_n .

Шаг 2. На основе композиционного дерева для каждой j -ой вершины, принадлежащей I_j , ищется «старшая» вершина и ей сопоставляется код j -ой вершины. Далее, для всех найденных «старших» вершин определяются в свою очередь их «старшие» вершины, которым сопоставляются все присвоенные коды вершин нижнего сечения. Процесс поиска «старших» вершин останавливается при достижении вершин, относимых к «вышележащему» сечению I_{n+i} .

В результате каждой вершине «вышележащего» сечения будет сопоставляться список из вершин «нижележащего» сечения.

Шаг 3. Рассматривая $(i+1)$ -ое сечение как исходное, повторяем процедуру, аналогично шагу 2, пока не достигнем верхнего сечения.

Шаг 4. Строим n -уровневое дерево, начиная с корня. Это вершина верхнего n -го сечения. Все вершины, сопоставляемые корню, образуют его «младшие» вершины. К «младшим» вершинам, в свою очередь, достраиваются их «младшие» вершины и т. д. Листьями дерева будут являться вершины нижнего сечения исходного дерева.

Подэтап 3б. Расчет ресурсно-временных характеристик n -уровневого дерева.

В случае, если исходное композиционное дерево работ полностью рассчитано, то дополнительного расчета не требуется. Если для некоторых вершин (работ) n -уровневого дерева не все параметры определены, то необходимо выполнить следующую последовательность действий [76].

Для каждой рассматриваемой вершины в n -уровневом дереве ищутся ее младшие вершины. Далее вычисляются параметры вершины с помощью рекурсивной процедуры, как агрегация соответствующих параметров младших вершин. В частном случае, агрегация — это сумма значений характеристик, иногда — это максимальное из значений параметров младших вершин. Возможны и другие случаи. Агрегация значений параметров должна осуществляться с учетом несовпадений единиц измерения, как по масштабу, так и по качеству [75].

Переводные коэффициенты единиц измерения могут быть заданы в виде таблиц $m \times m$ по каждому параметру (ресурсу), где m — число различных единиц, используемых при описании параметров.

Такой способ задания коэффициентов неэффективен с точки зрения использования ЭВМ как по объему памяти, так и по скорости вычисления, однако он удобен при программировании. Возможен более экономичный способ вычисления коэффициентов перевода единиц измерения путем задания структур единиц измерения по каждому из параметров. Такой способ значительно упрощает корректировку переводных коэффициентов по сравнению с первым вариантом. Однако этот подход требует разработки специальной логически-разветвленной программы [75, 98].

Четвертый этап заключается в построении организационно-технологической модели объекта строительства для нижнего сечения.

Пятый этап. Формирование сетевых моделей объектов строительства для верхних уровней путем агрегации элементов сетевой модели нижнего уровня. Особой точкой будет являться такой выделяемый момент на работе сетевой модели, в который происходит изменение интенсивности выполнения работ, либо с которым сопоставляется точка входа или выхода зависимости между работами

и объектами, а также точки приложения абсолютных временных ограничений.

Тогда внешней дугой подсети G' назовем такую дугу в сети G , у которой одна из инцидентных ей точек работ не принадлежит $G' \subset G$. Тогда инцидентные точки работ назовем внешними и особыми точками. Кроме того, особыми точками будем считать также начальные и конечные события подсети, а также точки приложения абсолютных временных ограничений и другие выделенные пользователем события.

Начальным событием сети назовем дополнительную вершину P_0 , которая предшествует всем вершинам сети. Причем параметры на дугах, идущих от начальной вершины P_0 к P_i , полагаем нулевыми. Конечным событием сети назовем дополнительную вершину P_z , которая следует за всеми вершинами сети. Параметры на дугах, идущих к конечной вершине, считаем нулевыми [98].

Агрегированной сетью G_0A по отношению к сети G_0 является такая сеть, в которой начальные, конечные и контрольные (промежуточные) события, сетей G_0 и G_0A имеют одни и те же временные параметры.

Производно – агрегированной сетью по отношению к сети G_n считается G_{0k} если:

1. Сеть G_{0k} агрегирована от исходной сети G_0
2. Между событиями G_{0k} и внешними особыми точками G_0 установлено взаимно-однозначное соответствие;
3. Для любых двух событий, принадлежащих G_{0k} и соответствующих им событий из G_0 , пути максимальной длины и минимальной совпадают по значению.

Введем следующие обозначения:

$G_n = (A_n, U_n)$, $n = 0, n \neq 0$ — сетевая модель n -уровня управления в терминах «работы—дуги» (ОСМ);

$A_n = \{a_n\}$, $n = 0, n \neq 0$ — множество индексов работ модели n -го уровня;

$U_n = \{u_n\}$, $n = 0, n \neq 0$ — множество индексов дуг в модели n -го уровня;

$M = (a : \alpha_1, \alpha_2 \dots)$, $a \in A_n$, $\alpha_1 \in A_{n-1}$ — n -уровневое дерево работ объекта

строительства;

$Pa — \{p\}a$ — множество особых точек $a \in An$;

$Va(k) \subset Pa$ — множество внешних точек для k -ого уровня управления;

$G' \infty G$ — сеть G' производно-агрегирована от G .

Теперь сформулируем задачу агрегации сетевой модели.

Дано: $G_0(A_0, U_0), M, B_a(k), a \in A_0, k = 0, n_0$

Построить: $G_{n_0} \infty G_{n_0-1} \infty \dots G_1 \infty G_0$

В решении задачи можно выделить два основных подхода:

1. «Последовательный» ($G_0 \rightarrow G_1 \rightarrow G_2 \rightarrow \dots \rightarrow G_{n_0}$), т. е. рекуррентно, начиная с нулевого уровня, строятся модели высших уровней.

2. «Прямой» ($G_0 \rightarrow G_1, G_0 \rightarrow G_2, G_0 \rightarrow G_3, \dots, G_0 \rightarrow G_{n_0}$), т.е. на основе G_0 непосредственно строится модель k -ого уровня.

Процедуры агрегации обоих подходов идентичны, поэтому подходы можно сравнивать только с точки зрения быстродействия и погрешности агрегации. По быстродействию более эффективен первый подход, хотя в этом случае погрешность агрегации для верхних уровней меньше, чем для второго подхода [75, 98].

Алгоритм агрегации на примере уровня k

Блок 1. Преобразование исходной сетевой модели нижнего сечения к расчетному виду.

Блок 2. Разбиение полученной сетевой модели на подсети. В подсеть объединяются вершины (события), соответствующие одной укрупненной работе верхнего сечения, и связанные с ними дуги. При этом выявляются внешние дуги для каждой из подсетей.

Блок 3. Добавление в каждую подсеть начальной и конечной вершины.

Блок 4. Выделение из множества вершин каждой подсети подмножества помеченных вершин (внешних особых точек). Эти вершины с добавлением дуг образуют сеть верхнего сечения.

Блок 5. Упорядочение вершин в подмножествах в соответствии с математическим ожиданием свершения сопоставляемых событий.

Блок 6. Соединение упорядоченных вершин двумя дугами производится со следующими параметрами:

$$t(i, i+1) = T_{i+1}^{пан} - T_i^{noz}, \quad (1.3)$$

$$t(i+1, i) = - (T_{i+1}^{noz} - T_i^{пан}). \quad (1.4)$$

Блок 7. Добавление внешних дуг сети нижнего уровня к соответствующим вершинам сети к-ого уровня.

Блок 8. Преобразование полученной упорядоченной сетевой модели к-ого уровня к исходному (пользовательскому) виду.

При реализации алгоритма необходимо разработать методы отображения моделей исходного (пользовательского) типа в расчетные и обратно. Обратное преобразование в общем случае неоднозначно.

Заметим, что любая исходная модель при преобразовании отображается в виде сетевой модели специального класса, который мы назовем упорядоченным. Модели этого класса отличаются тем, что последовательность событий, относимых к одной работе, строго определена во времени. Легко видеть, что существует взаимно-однозначное соответствие между пользовательскими и упорядоченными сетевыми моделями.

Однако в процессе агрегирования модели свойство упорядоченности может быть утеряно. Например, укрупненная работа состоит из нескольких независимых детальных работ с примерно совпадающими моментами их выполнения. Пусть все моменты завершения детальных работ отражены как события на укрупненной работе. Тогда сеть, соответствующая укрупненной работе, не может быть приведена к упорядоченному виду, так как внутренние события сети не имеют определенного порядка в свершении [76].

Преобразование произвольной сетевой модели к упорядоченному виду требует упорядочения вершин в некоторых группах вершин сети. Такая операция эквивалентна выбору некоторого подмножества планов из множества календарных планов, реализуемых на исходной модели. Нашей целью является выбор наиболее представительного подмножества, т. е. множества таких планов, реализация которых наиболее вероятна [75].

В наиболее вероятных календарных планах моменты свершения событий упорядочены во времени в соответствии с их математическими ожиданиями.

Примем, что моменты свершения событий подчиняются закону B -распределения (это принято во многих «производственных системах, например, SCADA и т. д.).

Тогда математическое ожидание момента совершения событий может быть определено по формуле:

$$\bar{T}_i = \frac{2T_i^{ран} + 3T_i^{поз}}{5}. \quad (1.5)$$

где $T_i^{ран}$ — ранний срок свершения события;

$T_i^{поз}$ — поздний срок свершения события.

При использовании построенных моделей следует помнить о сделанном выборе, так как апостериорные вероятности некоторых событий могут, как изменить временные характеристики моментов свершения событий, так и потребовать выбора другого представительного подмножества. Поэтому при каждой актуализации модели должны быть определены возможные принципиальные изменения структуры модели. То есть, при любом изменении порядка выделенных событий необходимо формировать соответствующее сообщение для пользователя.

Проблеме использования ресурсно-временного анализа в задачах управления организационными системами ВПК [75] для случая, когда требуется выбрать последовательности выполнения работ неделимыми ресурсами для реализации продукции двойного назначения, посвящены статьи [4, 76].

В них продемонстрирован ряд способов преобразования ресурсной модели (РМ) для упрощения временного анализа и рассмотрены наиболее рациональные способы ветвления при назначении ресурсов, обладающих различными свойствами. Поэтому предлагается представить ресурсно-временной анализ как сочетание ресурсного анализа (т.е. проведения последовательности преобразований РМ, включая ветвление для частичного назначения ресурсов) и временного анализа (т.е. получения оценок для выбора наиболее перспективного узла для ветвления).

Будем предполагать, что даны два конечных множества X, Z , причем $X \neq \emptyset$, $X \cap Z \neq \emptyset$. Обозначим через Θ пространство функций размерности $|X| + |Z|$, определенных на множестве $X \cup Z$, а произвольную функцию $T \in \Theta$ будем считать планом. Каждый элемент x множества X интерпретируется как идентификатор события, которое может означать начало, окончание работ или их частей и т. д.

Для плана T координата T_x представляет время наступления события x . Каждый элемент $z \in Z$ понимается как идентификатор ресурса с непрерывной шкалой интенсивностей. Число T_z , (темпом), представляет величину, обратную интенсивности. Предполагается, что в процессе выполнения работы темп T_z не может быть изменен, хотя может быть выбран из данного диапазона $[l_z, L_z]$ на этапе планирования.

Продолжительность работы (x, y) равна bTz где b — объем потребления ресурса z на работе (x, y) . Если определен темп T_z использования ресурса, то автоматически определена и продолжительность работы, которая потребляет данный ресурс. Тогда план T представлен вектором размерности $|X| + |Z|$ с координатами $\{T_x\}_{x \in X \cup Z}$.

Введем понятие ресурсной шкалы через систему неравенств:

$$\{l_z \leq T_z \leq L_z\}_{z \in Z}, \quad (1.6)$$

для планов T , где $\{l_z\}_{z \in Z}$, и $\{L_z\}_{z \in Z}$, — удовлетворяющие соотношениям $0 \leq l_z \leq L_z$.

Для временной модели (ВМ) S план T назовем S — допустимым, если он удовлетворяет всем входящим в S соотношением вида (1). Множество всех S — допустимых планов формируется через $D(S)$. Решая многокритериальные задачи, получают планы не только удовлетворяющие условию Парето [4], но и не улучшаемые ни по одному из критериев.

Ресурсной моделью (РМ) считаем конечную совокупность ВМ:

$$R = \{S_\alpha\}_{\alpha \in \sigma}, \quad (1.7)$$

где σ^* — конечное множество альтернатив по ресурсам.

Назовем R^* исходной ресурсной моделью, если $R^* = \{S_\alpha^*\}_{\alpha \in \sigma^*}$, где σ^* — множество вариантов с полным назначением ресурсов.

Для РМ обозначим $D(R) = \bigcup_{\alpha \in \sigma} (S_\alpha)$. Планы $T \in D(R)$ будем считать R — допустимыми. На ресурсной модели сложно поставить целый ряд задач календарного планирования. Примером оптимизационной задачи, которая решается при календарном планировании комплексов работ, является следующая задача: — для ресурсной модели (РМ) R найти R — допустимый план, доставляющий оптимум некоторому векторному критерию Φ . Прямой анализ множества $D(R)$ часто не представляется возможным [76] из-за большого количества альтернатив по ресурсам, а возможно и по интенсивностям их использования. Будем говорить, что РМ R' подчинена ресурсной модели $R(R' < R)$, если $D(R') \subset D(R)$. Если при этом если $D(R') \neq D(R)$, то модель R' будем считать более жесткой по сравнению с моделью R . Если же $D(R') = D(R)$, то модели R и R' будем называть эквивалентными.

Множество $D(R^*)$, где R^* — исходная модель, разбивается на конечное, но достаточно большое число подмножеств $D(S\alpha^*)$, удовлетворяющих системам линейных неравенств. Используя некоторые свойства модели (например, частичное назначение ресурсов) можно R^* разбить на подмножества, у которых $D(R_1), \dots, D(R_k)$ будут такими, что $D(R^*)$ содержит все $D(R_i)$ и каждое $D(S\alpha^*)$ входит в

состав некоторого $D(R_i)$. Таким образом, R_i представляет собой PM , промежуточную между исходной PM и $BM S_\alpha^*$. Множества R_i конструируются так, чтобы перспективность планов, входящих в $D(R_i)$ можно было с достаточной точностью оценить, например, на основании временного анализа R_i . При проведении этого анализа R_i заменяется менее жесткой или эквивалентной $BM S$. Такая замена может проводиться постепенно с помощью элементарных операций путем построения последовательности $R_i < R' < R'' < \dots < S$.

Пусть даны линейная форма $f(T)$ и $PM R$. Рассмотрим варианты вхождения формы $f(T)$ в $S_\alpha \in R$. В S_α может входить неравенство (1.7), в которых присутствует $f(T)$. Заметим, что множество вхождений формы $f(T)$ в S_α может оказаться и пустым.

Рассмотрим способы перехода к более простым и в то же время эквивалентным PM . Если для некоторого $z \in Z$ имеем $lz = Lz$, то (1.7) может быть заменена двумя неравенствами вида (1.8):

$$\begin{aligned} T_x - T_y &\leq bLz, \\ T_y - T_x &\leq bl_z, \end{aligned} \tag{1.8}$$

что облегчает проведение временного анализа.

Пусть в $BM S$ на работе (x, y) используются ресурсы z, z' . Тогда:

$$Tx - Ty = b_1Tz \text{ и } Tx - Ty = b_2Tz.$$

Пусть кроме того ресурс z' используется на работе:

$$(x', y'): Tx' - Ty' = b_3Tz.$$

Добавим равенство:

$$T_x - T_y = b_4 T_z, \text{ где } b_4 = b_1 b_3 / b_2.$$

Получим ВМ, эквивалентную S .

Пусть в ВМ на работе (x, y) используются ресурсы z, z' . Это означает, что:

$$l \leq T_z \leq L, \quad l \leq T_{z'} \leq L',$$

$$T_x - T_y = b T_z, \quad T_x - T_y = b' T_{z'}.$$

Целесообразно рассматривать пересечение темповых диапазонов. Вместо неравенства $l \leq T_z \leq L$ при работе с моделями следует взять неравенство:

$$\max \left(l, \frac{b'l}{b} \right) \leq T_z \leq \min \left(L, \frac{b'L}{b} \right).$$

Аналогично для $T_{z'}$ получаем ВМ, эквивалентную исходной.

Пусть для $S_\alpha \in R$ при некотором $z \in Z$ имеет место строгое неравенство $lz < Lz$. Рассмотрим $l \in (lz, Lz)$ и заменим ВМ S_α на две ВМ S_α' и S_α'' , отличающиеся от S_α тем, что неравенство (формула 1) при данном z в S_α' заменено на $lz < Tz < l$ а в S_α'' — на $l < Tz < Lz$. Операция дробления позволяет получить РМ R' , эквивалентную модели R , с целью использования ее в дальнейшем при анализе по схеме ветвей и границ. В предельном случае мы получаем замену ВМ на бесконечное множество ОСМ S_α' с фиксированными темпами использования ресурсов, т. е. с равенствами $lz = Lz$ и неравенствами (1.8).

Рассмотрим операцию перехода к переменному темпу. В ВМ S равенства (1.6) при фиксированном Tz заменяются на два неравенства:

$$\begin{aligned} T_x - T_y &\leq bL_z, \\ T_y - T_x &\leq bl_z, \end{aligned} \tag{1.9}$$

Если бы ресурс z обслуживал только одну работу (x, y) , то новая ВМ S' оказалась бы эквивалентной S , поскольку темп может быть произвольным. Но если работ, обслуживаемых ресурсом z , несколько, то неравенства (1.8) означают, что по каждой работе задается свой темп использования ресурса z . Тем самым мы переходим к менее жесткой ВМ. Удобство может состоять в том, что когда мы сделаем переменный темп для всех ресурсов, в ВМ не останется ни одного равенства типа (1.6) и она превратится в обобщенную сетевую модель (ОСМ), которая более удобна с точки зрения временного анализа.

Предположим, что имеется неделимый ресурс z , который обслуживает ряд работ или их частей $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$, причем порядок их выполнения заранее не определен.

Пусть π — перестановка из n чисел $1, \dots, n$. Для того, чтобы потребовать выполнение работ в порядке:

$$(x_{\pi_1}, y_{\pi_1}), \dots, (x_{\pi_n}, y_{\pi_n}), \quad (1.10)$$

достаточно задать ограничения транспортного типа:

$$T_{y_{\pi_1}} \leq T_{x_{\pi_2}}, T_{y_{\pi_2}} \leq T_{x_{\pi_3}}, \dots, T_{y_{\pi_{n-1}}} \leq T_{x_{\pi_n}} \quad (1.11)$$

Число перестановок растет очень быстро при увеличении n . Поэтому возникает необходимость постепенного дробления множества перестановок при исследовании РМ для данного n . Сделать это можно косвенным путем при помощи последовательного включения неравенств (1.11).

Предположим, на первом шаге разбиваем $R = \{S_\alpha\}$ на два класса R' и R'' . К R' отнесем все S_α , для которых $T_{y_1} < T_{x_2}$, ко второму — все S_α , для которых $T_{y_2} < T_{x_1}$. Продолжая ветвление в классе R' , добавим к $T_{y_1} < T_{x_2}$ одно из неравенств

$Ty_1 < Tx_3$, или $Ty_3 \leq Tx_2$. Если выбрано $Ty_1 < Tx_3$, на следующем шаге рассмотрим неравенства $Ty_2 < Tx_3$ или $Ty_3 < Tx_2$. После выбора второго из этих неравенств неравенство $Ty_1 < Tx_2$ становится лишним, и его можно отбросить.

Таким образом, рассмотрены способы преобразования для аппроксимации задач организации производства продукции двойного назначения предприятиями ВПК линейными и сетевыми задачами и доказано, что ветвление должно рассматриваться в тесном единстве с обратной операцией — агрегированием.

1.4. Выводы

В ходе анализа современных подходов к повышению эффективности управления в организационных системах ВПК при переходе на выпуск продукции двойного назначения установлено следующее:

- В иерархических организационных системах, к которым относятся предприятия ВПК, существующие модели планирования и управления неэффективны, т.к. существует противоречие между задачами центров и агентов и найти области компромисса по их целевым функциям крайне сложно.

- Процессы планирования при формировании портфеля заказов сталкиваются с проблемой манипулирования информацией со стороны агентов при слабой заинтересованности центров.

- Для реализации инноваций предприятиям ВПК необходимо участвовать в федеральных грантах, однако их заинтересованность в подобных проектах крайне мала.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ВПК В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

2.1. Информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК

Организационная система ВПК для управления портфелями заказов двойного назначения относится к структурам древовидного иерархического типа, так как она в наибольшей мере соответствует содержанию объекта и демонстрирует как трансформируется общая система применительно к рассматриваемым объектам.

При данном способе производства, на выходе получается конечный продукт (портфель заказов), который является составной частью потока полного комплекта (ПК). Данные процессы управления имеют в своем арсенале ряд операций, которые направлены на обеспечение информационной поддержки. В их число входят операции по комплектованию изделия, узлов и подузлов, а также далее вплоть до уровня подузлов заданного уровня, при условии соблюдения установленных норм количества комплектов, учета времени, необходимого для сборки и определения уровней комплектных запасов [67].

В соответствии с [67] данная схема имеет многоуровневую структуру управления, в которой оператор высшего уровня иерархии является управляющим. В связи с этим необходимо принять во внимание тот факт, что производственные мощности для целей управления должны быть тем больше и выше по иерархии номер органа управления, т.е. чем дальше от конечной операции располагается наша организация в древовидной производственной структуре.

Обратим внимание на то, что действующие методики и нормативы [67] не предусматривают резервирования производственных мощностей для целей управления, что является противоречащим целям системы и делает актуальным

данное исследование [10].

Обратимся к особенностям работы системы управления, которая применяется для классов предприятий, характеризующихся свойствами потока комплектов (ПК). Эти типы производств являются сборными, а также другими видами производства организационных систем ВПК, в которых поток продукции создается при помощи смешивания различных продуктов, которые поступают по множеству питающих потоков [15, 67].

В процессе производства каждый поток $x_i(t)$ получает управление от своего собственного объекта θ_i , который обладает собственной системой управления V_i . На вход системы поступает [67] сигнал для согласования:

$$q_i(t) = X_i^0(t) - Q_i - X_i(t) \quad (2.1)$$

где: $X_i^0(t)$ — программа выпуска продукции, задаваемая объекту θ_i ,

$X_i(t)$ — суммарный выпуск продукции объектом θ_i , полученный интегрированием в блоке сумматора потока $X_i(t)$,

Q_i — параметр, связанный с нормативным запасом, i -го продукта.

Если использовать правильную терминологию при определении единиц измерения продуктов, которые поступают по питающим потокам, без нарушения общности, можно предположить, что в комплект входит по одной единице каждого из n продуктов.

В таком случае ПК будет определяться в каждый момент времени наиболее отстающим из потоков [67]:

$$x(t) = \frac{d}{dt} X(t), \quad (2.2)$$

$$X(t) = \min_{1 \leq i < n} X_i(t).$$

Существует две основные цели исследования: это обоснование эффективности двух- и многоуровневой организации управления в исследуемых производственных системах ВПК, а также применение одного уровня управления для каждого потока. В то же время практика, используемая в настоящее время, предполагает использование только одноуровневого управления каждым потоком [67].

Двухуровневое управление (рис. 2.1) обеспечивается сочетанием операторов V_i нижнего с оператором V верхнего уровня [67].

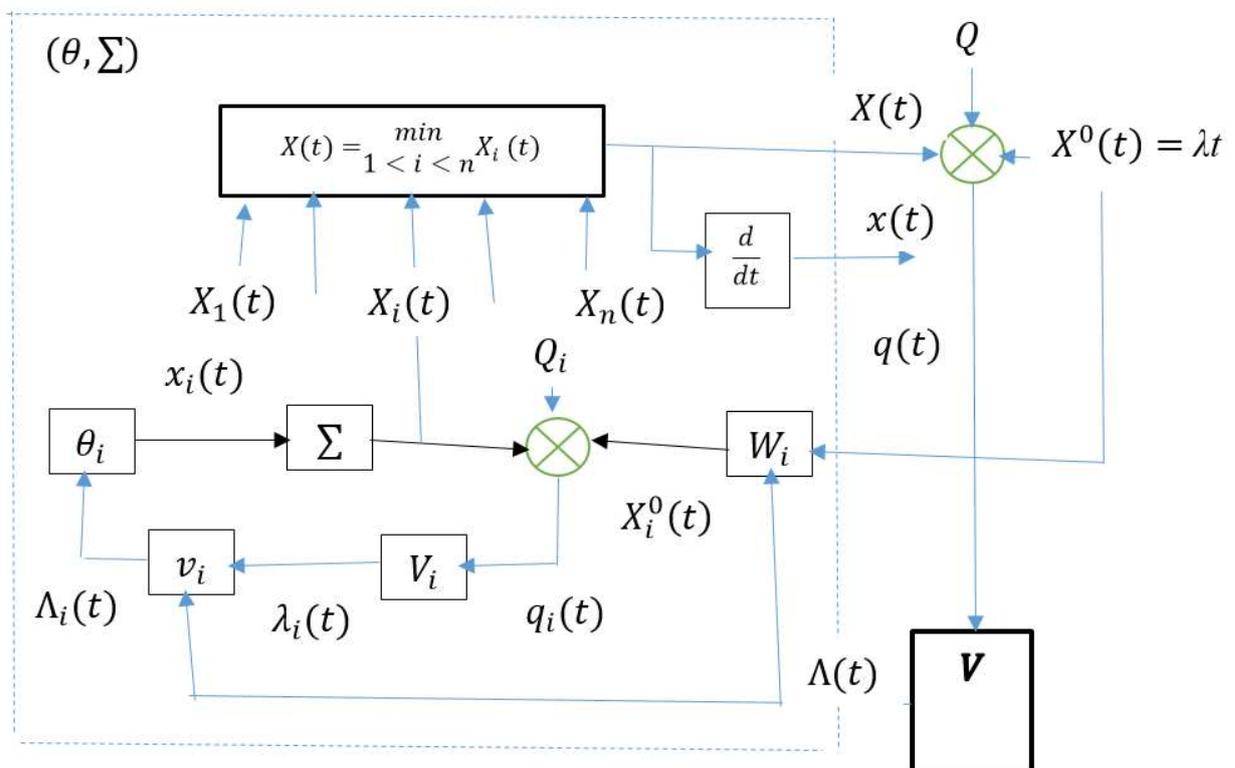


Рис. 2.1. Модель двухуровневого управления процессом формирования потока комплектов из заданных питающих потоков

Рассмотрим двухуровневую модель управления питающими потоками ПК [67].

Вмешательство оператора V в работу объектов θ_i осуществляется с помощью вспомогательных операторов v_i и w_i , влияя на формирование программ

$X_i^0(t)$ и корректируя в интересах системы решения $\lambda_i(t)$ операторов V_i , исходящих в своей работе из «эгоистических» интересов подведомственных им производств [67].

Оператор V вырабатывает координирующие решения путем преобразования сигнала рассогласования:

$$q_i(t) = X_i^0(t) + Q - X_i(t) \quad (2.3)$$

где: $X^0(t) = \lambda t$ - заданная системе программа выпуска комплектов, принимаемая далее линейной функцией времени,

Q — параметр, задающий нормативный уровень комплектных запасов в системе.

В современном мире управления [15, 67] производственными системами можно наблюдать одноуровневую систему управления, при которой каждый из потоков имеет своего непосредственного руководителя:

$$V = \begin{cases} \Lambda_i(t) = \lambda_i(t) \\ X_i^0(t) = X^0(t) \end{cases} \quad (2.4)$$

отражающие невмешательство оператора V в функционирование системы.

$X_i(t)$ - соответствуют операторы v_i и w_i , обеспечивающие соотношения.

Согласно работе [67], в такого рода системах процесс (поток) $x(t)$ относится к классу управляемых, т.е. дисперсия сигнала рассогласования $q(t)$ будет ограниченной даже при:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} D(n) < \infty \quad (2.5)$$

что вытекает из сформулированных выше утверждений E и F .

Таким образом, начиная с некоторой сложности системы, определяемой

величиной n_k^i числа питающих потоков в ней, двухуровневая система управления (оператор V на верхнем уровне и операторы V_i - на нижнем) способна обеспечить более высокую упорядоченность ПК [67], нежели одноуровневое независимое управление каждым питающим потоком (рис. 2.2).

Многие реальные производственные системы, моделируемые рис. 2.1, состоят из сотен и даже многих тысяч питающих потоков [15,67].

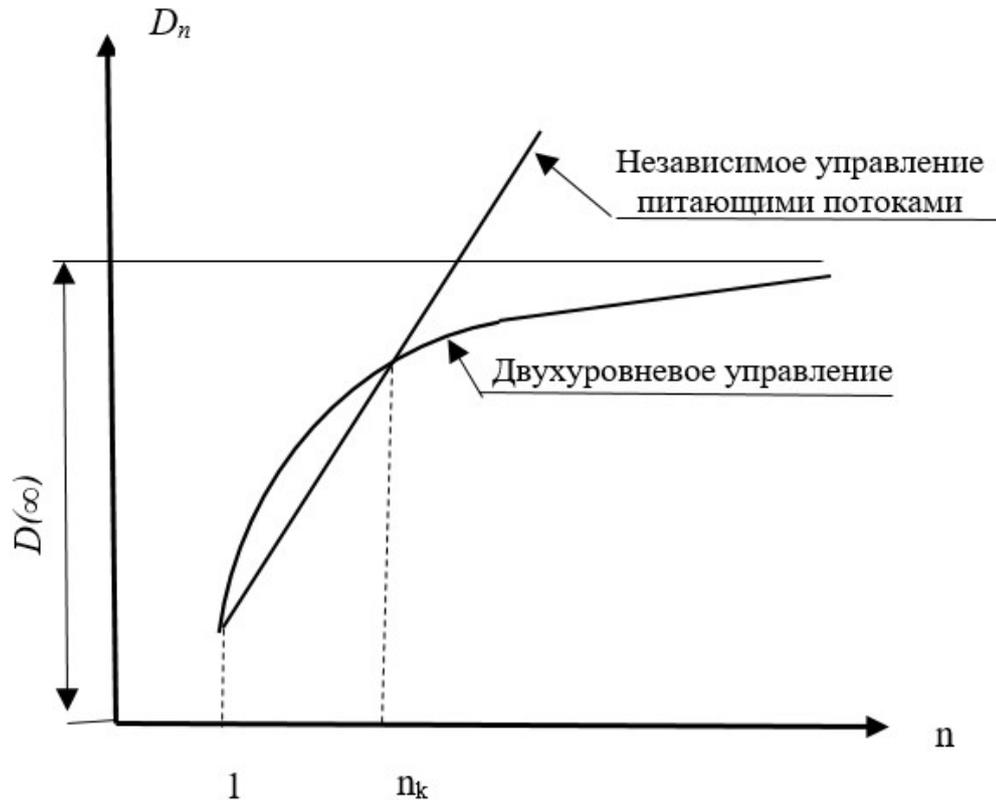


Рис. 2.2. Сравнительные графики оценки упорядоченности одноуровневого и двухуровневого управления питающими потоками

Данная система управления основана на том, что каждый поток имеет право на самостоятельное управление и выполнение условий (2.4). По словам руководителя, система будет функционировать в соответствии с ритмом, только если все ее питающие потоки будут ритмичны.

Если рассматривать данный лозунг как абсолютно правильный, то он подталкивает к выполнению максимального количества усилий для поддержания ритмичной работы каждого питающего потока [15, 67].

Однако, в случае наличия большого количества таких потоков, даже незначительная неупорядоченность каждого из них может привести к хаосу в ПК, что вынуждает постоянно повышать уровень управления. Поэтому система должна быть спроектирована так, чтобы обеспечивать непрерывный выпуск продукции при хаотичных колебательных потоках.

Эффективность такого подхода иллюстрирует один из возможных подходов к координации деятельности объектов θ_i состоит в выработке оператором V сигнала Λ_i задающего интенсивность ПК, операторы v_i и w_i соответствуют равенствам [67]:

$$\begin{cases} \Lambda_i(t) = \frac{\Lambda(t)}{\lambda} \lambda_i(t) \\ \frac{dx_i^0(t)}{dt} = \frac{\Lambda(t)}{\lambda} * \frac{dx^0(t)}{dt} = \Lambda(t) \end{cases} \quad (2.6)$$

комплектных запасов в качестве средства, сглаживающего выпуск готовой продукции.

Предложенный выше переход к двухуровневому управлению системой потоков реализует подход, свидетельствующий о пренебрежении индивидуальными особенностями объектов θ_i и управляющих контуров [67] V_i . Учет таких особенностей потребовал провести сбор больших объемов статистической информации, соответствующей ее обработки и воплощения полученных результатов в алгоритмах v_i и w_i .

Если все объекты θ_i характеризуются тем, что величина $\Lambda_i(t)$ пропорциональна интенсивности всех внутренних процессов объекта, формирующих поток $x_i(t)$, а операторы V_i безынерционны, то вмешательство в функционирование i -го замкнутого контура может быть интерпретировано как управление «ходом времени» в нем [15,67].

Действительно, при сделанных выше допущениях относительно свойств θ_i , V_i , v_i и w_i мы можем представить, что все я замкнутых спетом функционируют взаимозависимо, руководствуясь часами, отсчитывающими время τ , а оператор Λ вмешивается в скорость хода этих часов таким образом, что [67]:

$$\frac{d\tau(t)}{dt} = \frac{\Lambda(t)}{\lambda} \quad (2.7)$$

За интервал натурального времени длительностью t процессы в объектах θ_i и в целом в замкнутых системах, генерирующих питающие потоки, «проживут» $\tau(t)$ часов. Указанным способом можно интерпретировать, например, управление продолжительностью рабочего дня (введение сверхурочных работ), либо управление скоростью движения сборочного конвейера [15, 67].

Совершенно естественным будет допущение, что процесс $\tau(t)$ удовлетворяет условиям:

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} * \int_{-T}^T \frac{d\tau(t)}{dt} * dt = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{\tau(T) - \tau(-T)}{2T} = 1 \quad (2.8)$$

$$0 \leq \Lambda(t) = \lambda * \frac{d(\tau)}{dt} \leq \Lambda^* > \lambda \quad (2.9)$$

первое из которых свидетельствует о том, что ресурсы, находящиеся в распоряжении оператора V , используются только для корректировки поведения- ПК, а не для компенсации недостатка ресурсов, подведомственных операторам V_i ; второе условие (2.9) свидетельствует об ограниченности ресурсов, находящихся в централизованном подчинении оператора V .

Очевидно, что для выполнения условий (2.8) и (2.9) необходимо, чтобы:

$$0 \leq \lambda_i(t) \leq \lambda_i^* = \Lambda_i^* * \frac{\lambda}{\Lambda^*} > \lambda \quad (2.10)$$

т.е. операторы V_i должны располагать собственными резервами производственной мощности, обеспечивающими возможность выполнения программы $X^{0^*}(t)$.

Отметим также, что условиям (2.4) независимого функционирования питающих потоков соответствует равенство:

$$\tau(t) = t, \quad -\infty \leq t \leq +\infty \quad (2.11)$$

В связи с этим далее исследуется общий случай двухуровневой координации, из которого найдем частный случай независимого управления каждым из n питающих потоков, полагая справедливым условие (2.11). В рассматриваемом общем случае вместо условий (2.1) и (2.2) запишем (с учетом (2.10)):

$$\begin{cases} q_i(\tau(t)) = X^0(\tau(t) + Q_i - X_i(\tau(t))) \\ q(t) = X^0(t) + Q - X(\tau(t)) \end{cases} \quad (2.12)$$

Введем также специальное обозначение для рассогласования $q(t)$ при отсутствии координации, т.е. при условии [67]:

$$\tilde{q}(t) = q(t)_{\tau(t)=t} = X^0(t) + Q - X(t) \quad (2.13)$$

откуда с учетом формул (2.13) и 2.(3) получим:

$$q(t) = \tilde{q}(\tau(t)) + \lambda * [t - \tau(t)] \quad (2.14)$$

Показав эффективность двухуровневого управления, мы должны установить: не потребует ли такое управление дополнительных ресурсов - запасов и производственных мощностей в качестве «платы» за упорядоченность ПК.

Проанализируем это на примере координации, использующей управление «ходом времени» в автономных контурах управления [15,67].

Исследуем уровень некомплектного запаса t -го продукта, определяемый соотношением [67]:

$$z_{i,n}(\tau(t)) = X_i(\tau(t)) - X(\tau(t)) = \tilde{q}(\tau(t)) - q_i(\tau(t)) + Q_i - Q \quad (2.15)$$

Характеристики системы определяются средними по времени уровнями запасов. Рассмотрим результаты усреднения по времени отдельных слагаемых выражения (2.15).

Введем для операции усреднения по времени некоторой функции $\psi(t)$ обозначение:

$$\int_T^* \psi(t) dt = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} * \int_{-T}^T \psi(t) dt \quad (2.16)$$

с учетом которого, а также равенства (2.16) имеем:

$$\lambda^2 * \int^* [\tau(t) - t] * d[\tau(t) - t] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} * \frac{1}{2} * [\tilde{q}(\tau(t)) - q(t)]^2 \Bigg|_{t=-T}^{t=T} \quad (2.17)$$

Последний предел равен нулю по вероятности в силу ограниченности дисперсий сигналов $\tilde{q}(\tau(t))$ и $q(t)$.

Теперь рассмотрим результат усреднения процесса $\tilde{q}(\tau(t))$ с учетом соотношений (2.15), (2.17) и (2.10):

$$\begin{aligned} \int^* \tilde{q}(\tau(t)) d(t) &= \int^* \tilde{q}(\tau(t)) d\tau(t) - \int^* q(t) * \left[\frac{\Lambda(t)}{\lambda} - 1 \right] * dt = \\ &= \bar{q}(n) - \int^* q(t) * \left[\frac{\Lambda(t)}{\lambda} - 1 \right] dt \end{aligned} \quad (2.18)$$

Второе слагаемое в этом выражении есть коэффициент корреляции процессов $q(t)$ и $\Lambda(t)$, детерминистская связь между которыми определяется оператором V .

Для последнего естественно предположить выполнение условий:

$$\frac{\lambda(t)}{\lambda} - 1 = \begin{cases} > 0, q(t) > q^* \\ 0, q(t) = q^* \\ < 0, q(t) < q^* \end{cases} \quad (2.19)$$

где $<, =, >$ - параметр системы управления.

Условия, подобные (2.19), всегда выполняются алгоритмами регулирования, используемыми в практике управления производством [15, 67].

Из условий (2.18) и равенства (2.19) следует:

$$\int^* \tilde{q}(\tau(t)) d(t) \leq \bar{q}(n) = \int^* \tilde{q}(t) dt \quad (2.20)$$

причем равенство имеет место при условии (2.13), когда согласно равенству (2.9):

$$\Lambda(t) = \lambda, \quad -\infty \leq t \leq +\infty \quad (2.21)$$

Отметим, что левая и правая части неравенства (2.21) отличаются друг от друга на конечную величину:

$$\int^* q(t) * \left[\frac{\Lambda(t)}{\lambda} - 1 \right] * dt \quad (2.22)$$

коэффициента корреляции, в то время как правая часть неограниченно возрастает с ростом числа n питающих потоков.

Перейдем теперь к усреднению второго слагаемого в формуле (2.16):

$$\int^* q(\tau(t))dt = \int^* q_i(\tau(t)) * \frac{\lambda}{\Lambda(t)} * d\tau(t) \quad (2.23)$$

Примем при этом во внимание статистическую независимость процессов $\tilde{q}(\tau)$ и $q(\tau)$ при $n \rightarrow \infty$, откуда вытекает асимптотическая, взаимозависимость обоих сомножителей под знаком интеграла в равенстве (2.23), так что при достаточно большом числе n питающих потоков:

$$\int^* q_i(\tau(t)) dt \cong \int^* q_i(t)dt = \bar{q}_i \quad (2.24)$$

из питающих потоков. При этом разность правой и левой частей неравенства есть величина конечная и относительно малая.

Рассмотрим поведение уровня комплектного запаса, который в соответствии с формулами (2.16) и (2.17) равен:

$$\begin{aligned} z(t) &= X(\tau(t)) - X^0(t) = Q - q(t) = \\ &= Q - \tilde{q}(\tau(t)) - \lambda * [t - \tau(t)] \end{aligned} \quad (2.25)$$

и отметим, что поддержание комплектного запаса обеспечивает ритмичность выдачи продукции сборочными производствами, для которых величина:

$$P(z(t) < 0) \leq p \quad (2.26)$$

есть вероятность «срыва» производственной программы, характеризующая качество функционирования системы, ограниченное заданным значением p .

Очевидно, что организация двухуровневой координации может рассматриваться в качестве одного из способов выполнения условия (2.26) путем стабилизации комплектного запаса на среднем уровне:

$$\bar{z}(p, n) = \int^* z(t) * dt = Q - \int^* q(t) dt < \infty \quad (2.27)$$

определяемом путем надлежащего выбора параметра:

$$Q = Q(p, n)$$

Сопоставление полученных выше соотношений (2.22) и (2.24) с выражением (2.17) приводит к справедливому при большом n соотношению:

$$\int^* z_{i,n}(\tau(t)) * dt \leq \int^* z_{i,n}(t) = \bar{z}_{i,n} \quad (2.28)$$

утверждающему, что в условиях двухуровневой координации средний уровень некомплектных запасов не превысит уровня, образующегося в условиях независимого управления, каждым:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{z}(p, n) = \bar{z}_p = \infty$$

в силу ограниченности дисперсии сигнала $q(t)$ согласно условию (2.9).

Переходя к условию (2.15), определяющему одноуровневое независимое управление каждым питающим потоком, имеем из формул (2.26), (2.17):

$$\bar{z}(p, n) = Q - \int^* \tilde{q}(t) dt = Q - \bar{q}(n)$$

откуда с учетом равенств (2.7) и (2.8) следует:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{z}(p, n) = \infty \quad (2.29)$$

Отсюда, сравнивая выражения (2.28) и (2.29) и учитывая при этом равенство (2.25), сделаем вывод: основной эффект при переходе к двухуровневому управлению достигается за счет сокращения уровня комплектных запасов в системе, что иллюстрируется рис. 2.1.

Очевидно, что при $n > n_{k,i}$ суммарный запас в условиях двухуровневой координации будет ниже запаса при одноуровневом независимом управлении каждым из питающих потоков [15,67]. Однако это потребовало введения в эксплуатацию дополнительной производственной мощности, подведомственной оператору V верхнего уровня.

Величина введенных дополнительно ресурсов мощности для объекта составит согласно равенствам (2.5) и (2.13):

$$\left[\frac{\Lambda^*}{\lambda} - 1 \right] * \Lambda_i^*$$

Снижения суммарного запаса в системе можно достичь, также и не привлекая извне дополнительных ресурсов, но централизуя распоряжение частью мощности, имеющейся у объектов θ_i .

Снижение производственной мощности, подведомственной операторам V_i , приведет к тому, что поведение запасов будет соответствовать пунктирным кривым на рис. 2.1, так что двухуровневое управление будет эффективным при:

$$n > n_{k,i}^* > n_{k,i}$$

Следовательно, по мере увеличения сложности производственного процесса (рис. 2.1), следует переходить к двухуровневому, а затем и к многоуровневому управлению портфеля заказов двойного назначения, которое позволит более эффективно использовать ресурсы (мощности и запасы) в целях упорядочения производства продукции.

Рассматривая построение многоуровневой организационной системы ВПК, можно обратить внимание на то, что, стремясь к достижению целей системы (рис. 2.1), мы не учитывали цели отдельных ее элементов, т.е. в нашем случае – операторов V_i .

Если рассматривать, насколько хорошо согласуются решения, принимаемые оператором V , который реализует цели системы и решения, которые принимают операторы V_i , стремящиеся к достижению своих целей, то можно сделать вывод о том, насколько хорошо они гармонируют. Для этого нужно воспользоваться статистической характеристикой, которая описывает взаимосвязь между процессами. Примером может служить коэффициент корреляции, который может быть использован в качестве меры для таких процессов.

Система кривых, обозначенных жирными линиями, иллюстрирует поведение запаса i -го продукта с ростом числа питающих потоков. Очевидно, что при $n > n_{k,i}$ суммарный запас в условиях двухуровневой координации будет ниже запаса при одноуровневом независимом управлении каждым из питающих потоков.

Однако это потребовало введения в эксплуатацию дополнительной производственной мощности, подведомственной оператору V верхнего уровня. Величина введенных дополнительно ресурсов мощности для объекта составит согласно равенствам (2.5) и (2.13):

$$\left[\frac{\Lambda^*}{\lambda} - 1 \right] * \Lambda_i^*.$$

Снижения суммарного запаса в системе можно достичь, также и не привлекая извне дополнительных ресурсов, но централизуя распоряжение частью мощности, имеющейся у объектов θ_i .

Снижение производственной мощности, подведомственной операторам V_i , приведет к тому, что поведение запасов будет соответствовать пунктирным кривым на рис. 2.1, так что двухуровневое управление будет эффективным. Очевидно, что максимум достигается при $n=1$, когда $\Lambda(t)$ и $\lambda_i(t)$ связаны между собой детерминированной зависимостью.

Изложенное может трактоваться следующим образом:

во-первых, полная гармония интересов V и V_i достижима только при $n=1$;

во-вторых, можно говорить о полной дисгармонии интересов, но, несмотря на это, цели системы достигаются;

в-третьих, если при построении системы (рис. 2.1) мы, повышая эффективность использования ресурсов, хотим сохранить некоторый допустимый уровень гармонии интересов операторов верхнего и нижнего уровня, в результате естественно приходим к необходимости строить не двухуровневую, а многоуровневую систему управления, в которой число «нижестоящих» операторов, подчиняющихся одному «вышестоящему» оператору, достаточно мало, чтобы обеспечить требуемый уровень гармонии их интересов.

Многоуровневое управление, наряду с другими задачами, решает важнейшую проблему обеспечения определенного уровня гармонии целей системы как целого и ее элементов.

Таким образом, *получена информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, позволяющая существенно повысить вероятность выполнения производственной программы в срок за счет использования вероятностно-автоматного моделирования и агрегирования.*

2.2. Модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК

Изучение методов обработки информации, которая имеет неоднородную структуру, показывает, что в целях получения наиболее эффективных результатов, следует применять процедуры корреляционно-экстремального типа, так как они обладают простотой реализации. Они представляют собой способ сопоставления измеряемой (регистрируемой) информации с большим количеством эталонных данных, которые уже были получены ранее, с целью нахождения того или иного представителя этого множества, который будет наиболее близким к

аналитической информации. Установление веса (значимости) каждого признака и использование многомерных признаков для создания пространств с различными значениями могут обеспечить, с одной стороны, инвариантность к различным формам данных в зависимости от изменения условий регистрации, а с другой — соответствие используемой модели конкретной прикладной интерпретации данных [33]. Необходимо отметить, что процедуры определения конкретных классов портфеля заказов двойного назначения для предприятий ВПК как раз и обладают вышеперечисленными признаками. Поэтому, процессы отнесения их по типам имеющихся технологий и компетенций является затруднительным, т.к. при новых заказах трудно найти эталоны для сопоставления.

Существует ряд недостатков процедур классификации, которые основаны на сравнении с эталонными образцами. Так, например, они имеют высокую комбинаторную сложность, что означает большое количество вариантов развития событий. Существует необходимость в снижении вычислительной сложности при решении задач, где время принятия решения является решающим фактором. Это особенно актуально для систем реального времени. Увеличение количества эталонов, которые могут быть использованы для подтверждения достоверности в точности классификации, также увеличивает временные затраты на их использование [33, 37].

Рассмотрим метод, который позволяет сократить количество сравнительных операций с эталонами за счет предварительной обработки большого количества эталонов [37]. В частности: «подобные» с заданной степенью близости объединяются в группы; для проведения классификации выбирается ближайшая группа, и процесс сравнения осуществляется исключительно внутри нее. Далее, для того чтобы уменьшить количество возможных сравнений, происходит процесс иерархического разделения за некоторый набор эталонов. На каждом уровне иерархии существует некоторое количество подмножеств, которые представляют собой совокупности близких в смысле определенного количества элементов. Необходимо подчеркнуть, что информация, которая является эталонной,

обрабатывается до этапа классификации, при этом не существует ограничений в реальном времени. Таким образом, можно сделать вывод о том, что существует возможность рационального выбора вида и размера меры близости, которая применяется при разбиении большого количества эталонов.

Пусть: $P = \{p_i\}_{i=1}^m$, где $p_i \in R^n$ — множество эталонных признаков, характеризующих классифицируемую информацию.

Корреляционная классификация может быть реализована как в исходном пространстве сигналов, так и в выбранном пространстве признаков.

Вектор $q_i \in R^n$ характеризует регистрируемые данные: необходимо минимизировать

$$\rho(p, q) \rightarrow \min_i$$

где: ρ — некоторая метрика (в более общем случае ρ — взвешенная мера близости).

Пусть $\Pi(P)$ — множество всех непустых подмножества P .

Среди точечно-множественных отображений $F: P \rightarrow \Pi(P)$ выделим систему $\{F_a\}_{a \in N}$ реализующую разбиение множества P на классы $\{F_a(p)\}_{a \in N}$ такие, что:

$$\forall p_1, p_2 \in P : p_1 \neq p_2 \Rightarrow (F_a(p_1) = F_a(p_2)) \vee (F_a(p_1) \cap F_a(p_2) \neq \emptyset) \quad (2.30)$$

$$\bigcup_{p \in P} F_a(p) = P \quad (2.31)$$

Среди отображений, удовлетворяющих соотношениям (2.30) и (2.31), выделим те, для которых:

$$\forall p_1, p_2 \in P : \rho(p_1, p_2) \leq \varepsilon = F_a(p_2) \quad (2.32)$$

и обозначим эти отображения $\{F_1^\varepsilon, F_2^\varepsilon, \dots\}$.

Заметим, что отображение $\{F_a^\varepsilon\}_{a \in N}$ генерирует классы $\{F_a^\varepsilon(p)\}$, состоящие из признаков, принадлежащих некоторой окрестности ε .

Предположим, что ε' — требуемая точность классификации. Если $\varepsilon' > \varepsilon$, то для корреляционной классификации достаточно выполнить N сравнений вводимого вектора $q \in R^n$ с векторами эталонных признаков, где:

$$N = \min(F_a^\varepsilon) = \min_{F_a^\varepsilon} \text{card}\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p \in P} \quad (2.33)$$

Это выражение означает, что любая точка $p_i \in F_a^\varepsilon(p)$ соответствует вектору q (все векторы $F_a^\varepsilon(p)$ расположены достаточно близко друг к другу). Ниже показано, что подмножества $F_a^\varepsilon(p)$, удовлетворяющие (2.33), являются исходными множествами для более точного разбиения в случае, когда $\varepsilon' > \varepsilon$.

При условии $\varepsilon' > \varepsilon$ для решения поставленной задачи необходимо минимизировать функционал вида [33]:

$$N = \min N(F_a^\varepsilon) \min_{F_a^\varepsilon} \text{card}\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p \in P} + \max_{p \in P} \text{card} F_a^\varepsilon(p) \quad (2.34)$$

В самом общем случае построим целевую функцию для иерархических разбиений с заданным числом уровней кластеризации [33]:

$$N = \min N(F_a^\varepsilon) = \min_{F_a^\varepsilon} \left(\sum_{i=1}^{m-1} \max_{p \in P} \text{card}\{\tilde{F}^i(p)\}_{p \in \tilde{F}^{i-1}(p)} + \max_{p \in P} \text{card} \tilde{F}^b(p) \right) \quad (2.35)$$

где: $F_a^\varepsilon = \tilde{F}^m(\tilde{F}^{m-1}(p)) = \tilde{F}^{m-1} \otimes \tilde{F}^{m-2}(\tilde{F}^{m-3}(p)) = \tilde{F}^m \tilde{F}^{m-1} \dots [\tilde{F}^1(\tilde{F}^0(p))] = \prod_{i=1}^m \tilde{F}^i(\tilde{F}^{i-1}(p))$ —

композиция точечно-множественных отображений \tilde{F}^i , удовлетворяющих (2.31)-(2.33). Благодаря рациональному выбору числа m , иерархий и их уровней иерархии можно надеяться на то, что с помощью минимального времени вычислений можно найти оптимальный эталон для корреляционной классификации. Далее доказано, что подмножество $F^0(p)$ удовлетворяет (2.33). Задача (2.34) — частный случай задачи (2.35). Таким образом, предлагаемая обработка множества

эталонных признаков базируется на поиске точечно-множественного отображения:

$$F_a^\varepsilon = \arg \min N(F_a^\varepsilon)$$

Разбиение с минимальным числом классов. Введем в рассмотрение отношение частичного порядка для системы $\{F_a^\varepsilon\}_{a \in N} : F_{a_1} \prec F_{a_2}$ тогда и только тогда, если $F_{a_1}(p) \subset F_{a_2}(p)$. Используя этот частичный порядок, можно выделить класс максимальных по включению отображений: $\text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, \prec)$.

Ознакомившись с эвристическим алгоритмом разбиений, мы можем убедиться в том, что он является основной процедурой для решения задачи (2.33). В случае, когда алгоритм описывается в терминах множественных и точечных отображений, задача заключается в построении последовательных последовательностей сужения отображений [37].

$$\Phi_\kappa|_{\Gamma_k^j} : \Gamma_k^j \rightarrow \Pi(\Gamma_k^j)$$

Алгоритм 2.1.

$$\text{Шаг 1. } \Phi_\kappa(p) = \bigcup p_i^j, p_i^j = \arg \max_{p_i \in \Gamma^j} \text{card}\{p_i \oplus \varepsilon B^n\}$$

где: \oplus — сумма Минковского,

B^n — единичный шар в \mathbb{R}^n

$$\text{Шаг 2. } \Gamma_k^j = P \setminus \Phi_0(p) \setminus \Phi_1(p) \setminus \dots \setminus \Phi_{\kappa-1}(p);$$

$$\Phi_0(p) = \emptyset, \kappa = \overline{1, K}, K: \Gamma_{K+1}^1 = \emptyset;$$

$$\Gamma_k^{j+1} = p_i^j \oplus \varepsilon B^n \setminus \{p_i^j\}, j = \overline{1, l_k}, l_k: \Gamma_k^{l_k+1} = \emptyset$$

Результаты алгоритма 2.1 — точечно-множественное отображение $F_a^\varepsilon = \bigcup \Phi_\kappa$

Утверждение 2.1. Алгоритм 2.1 генерирует точечно-множественное отображение F_a^ε , принадлежащее $\text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, \prec)$.

Доказательство: После выполнения шагов 1 и 2 получим $F_{a_1}^\varepsilon$. Предположим, что не существует точно-множественного отображения F_a^ε , удовлетворяющего (2.31)-(2.33), и $F_{a_1}^\varepsilon \prec F_a^\varepsilon$. Действительно, в противном случае имеем $F_{a_2}^\varepsilon \neq F_{a_1}^\varepsilon$ и $F_{a_1}^\varepsilon \prec F_{a_2}^\varepsilon$: т.е. $\forall p \in F_{a_1}^\varepsilon (p) \subset F_{a_2}^\varepsilon (p)$ и в то же время $\exists p^*: F_{a_2}^\varepsilon (p^*) \neq F_{a_1}^\varepsilon (p^*)$. Следовательно, класс $F_{a_1}^\varepsilon (p^*)$ является собственным подмножеством $F_{a_2}^\varepsilon (p^*)$. Рассмотрим разность этих классов $\Phi_{a_1 a_2}^\varepsilon (p^*) = F_{a_2}^\varepsilon (p^*) \setminus F_{a_1}^\varepsilon (p^*) = \emptyset$. Следующее свойство справедливо для элементов множества $\Phi_{a_1 a_2}^\varepsilon (p^*)$: $\forall p_1 \in F_{a_1}^\varepsilon (p^*), \forall p_2 \in \Phi_{a_1 a_2}^\varepsilon (p^*)$ имеем $\rho(p_1, p_2) \leq \varepsilon$ поскольку $p_1, p_2 \in F_{a_2}^\varepsilon (p^*)$. Заметим, что все элементы $\Phi_{a_1 a_2}^\varepsilon (p^*)$ не могут быть исключены из рассмотрения на всех шагах процедуры 1 и 2, так как:

$$F_{a_1}^\varepsilon (p^*) \cap \Phi_{a_1 a_2}^\varepsilon (p^*) \neq \emptyset$$

Таким образом, $\Gamma_{K+1}^1 = \emptyset$ что противоречит структуре точно-множественного отображения $F_{a_1}^\varepsilon$, что и требовалось доказать [37].

Проанализируем процедуру генерации максимальных по включению точно-множественных отображений.

Несмотря на то, что на некотором шаге 1 может оказаться, что:

$$\exists p_1, p_2 \in \Gamma_k^j : p_1 \neq p_2,$$

могут быть справедливы и следующие равенства [37]:

$$\text{card}\{p_1 \oplus \varepsilon B^n\} = \text{card}\{p_2 \oplus \varepsilon B^n\} = \max_{p_i \in \Gamma_k^j} \text{card}\{p_i \oplus \varepsilon B^n\}$$

Это значит, что для того, чтобы выбрать оптимальное отображение, необходимо реализовать ветвление процедур 1 и 2 [26, 27].

С другой стороны, рассмотрим такие подмножества, что:

$$F_{a'}^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, \prec), F_{a'}^\varepsilon (p_1) \cap F_{a'}^\varepsilon (p_2) \neq \emptyset$$

но $\rho(p_1, p_2) \leq \varepsilon$.

Тогда очевидно, что существует $\alpha \in N$ такое, что:

$$F_{a'}^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, \prec).$$

и это отображение $F_{a'}^\varepsilon$ может быть определено следующим образом:

$$F_{a'}^\varepsilon(p_1) = F_a^\varepsilon(p_1) \cup \{p_2\};$$

$$F_{a'}^\varepsilon(p_2) = F_a^\varepsilon(p_2) \setminus \{p_2\};$$

$$F_{a'}^\varepsilon(p_3) = F_a^\varepsilon(p_3) \vee (p_2) \notin F_a^\varepsilon(p_1) \cup \{p_2\}.$$

Мы можем обозначить переходную операцию $F_{a'}^\varepsilon$, как ε -включение. В результате этого будет принято решение о том, что существует два множественных и точно-множественных отображения.

$$F_{a_1}^\varepsilon, F_{a_2}^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$$

Если существует определенное количество ε -включений, которые могут переводить и, то они являются ε -эквивалентными. Реализация ε -включений аналогична осуществлению указанного выше ветвления. С другой стороны, из максимального класса $\text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$ нельзя исключить точно-множественные отображения, поскольку они не уменьшают число классов признаков $\text{card}\{F_a^\varepsilon(p)\}_{p \in P}$.

Выберем произвольный элемент $F_a^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$. Для каждого класса признаков мы выполним все возможные ε -включения. Такого рода отображения, которые имеют множество точек и множеств. Класс(p), который имеет максимальную мощность, будет выбран среди всех полученных классов. В заключение рассмотрим, как происходит уменьшение отображения на $P \setminus (p)$. Проведя дальнейшее построение, можно получить все возможные классы с точностью до ε -эквивалентности, которые можно получить в результате использования. Это означает то, что доказано следующее следствие.

По сути дела, правильный выбор направления ветвления в процедурах 1 и 2 из алгоритма 2.1 гарантирует получение всех максимальных по включению множественных отображений, которые будут иметь место при условии, что они соответствуют всем требованиям к точности до ε -эквивалентности [37].

Этот результат позволяет минимизировать (2.34) или в более общем случае (2.35) разбиением $F_a^\varepsilon \in \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, <)$. Пусть $\{F_\beta^\varepsilon\}_{\beta \in N}$ — система всех максимальных точно-множественных отображений. Достаточно ясно, что задачи (2.34) и (2.35) сводятся к конечному числу $\{\beta\}$ следующих задач:

$$\begin{cases} N(F_{\alpha(\beta)}^\varepsilon) \rightarrow \min_{\alpha(\beta) \in \Omega}; \\ \Omega = \{\alpha(\beta) : F_{\alpha(\beta)}^\varepsilon \prec F_\beta^\varepsilon\} \end{cases} \quad (2.36)$$

Иными словами, требуемое отображение определяется выражением:

$$F_a^\varepsilon := \arg \min_{\beta} N(\arg \min_{\alpha(\beta) \in \Omega} N(F_{\alpha(\beta)}^\varepsilon))$$

Тем самым показано, что требуемое точечно-множественное отображение F^ε можно искать лишь на подмножестве максимальных по включению отображений:

$$\{F_\lambda^\varepsilon\}_{\lambda \in N} \subset \{F_\beta^\varepsilon\}_{\beta \in N} \subset \text{Max}(\{F_a^\varepsilon\}, \prec).$$

Теперь обратимся к процедуре планирования портфеля заказов. Данные в плановой задаче управления, как правило, описываются случайным вектором ξ , который находится в пространстве Z с распределением F . Тогда эффект плана x - это функция, имеющая параметр и зависящая от параметров ξ и $\varphi(x, \xi)$. Приведем в качестве примера, что значение $\varphi(x, \xi)$ не зависит от момента осуществления фиксации плана и не влияет на план x . В данном случае, детерминированный план формируется по результатам выполнения определенных условий [72]:

$$x = \{x | E\varphi(x, \xi) = \max\}$$

Вероятный план получим, если использовать принцип доживания:

$$x(\xi) = \{x(\xi) | \varphi(x, \xi) = \max\}$$

В таком варианте ожидания результата от оптимального плана не превосходят (или же они находятся в пределах допустимого) ожидания эффекта от вероятного оптимального плана.

$$\max E\varphi(x, \xi) \leq E \max \varphi(x, \xi),$$

причем предполагается, что максимумы и ожидания φ существуют [72].

Если не будет дополнительной информации, то экономически выгодным будет медленное выполнение плана до момента получения дополнительных данных. Несмотря на это, отсутствие некоторых запланированных показателей является экономическим недостатком. Это следует из динамической взаимосвязи экономических процессов: вероятность осуществления более поздних действий зависит от того, насколько успешно осуществлялась предыдущая деятельность.

В связи с этим встает вопрос о том, какие показатели следует фиксировать в качестве плановых на текущий период и какие следует прогнозировать. Отдельная задача оптимизации, которая требует взвешивать выгоду и убыточность каждого показателя плана. Это является самым простым и доступным способом для решения данной проблемы. Для этого нам нужно провести разграничение показателей во времени. Мы можем использовать следующие термины и обозначения для общей характеристики макроэкономической динамической задачи, которая имеет отношение к вероятностному планированию [72].

Весь период, охватываемый функцией $\varphi(x, \xi)$, назовем периодом учета и обозначим через R . Период учета делится на интервалы (например, на годы): $R = \{1, \dots, w\}$, где w — число интервалов. Весь плановый период разобьем на 2 под-периода (стадии): ранний период определенного плана $R_I = \{1, \dots, t\}$, где $t < w$, и поздний период вероятного плана $R_{II} = \{t + 1, \dots, m\}$.

Соответственно этому разобьем множество параметров плановой задачи:

$$\xi = \{\xi_I, \xi_{II}\}; \text{ при } x = \{x_I, x_{II}\}.$$

Допустим, что поздний вероятный план не оказывает влияния на эффект раннего определенного плана. Теперь эффект всего планового периода R можно записать таким образом:

$$\varphi(x, \xi) = \varphi_I(x_I, \xi_I) + \varphi_{II}(x_{II}, \xi_{II}, x_I, \xi_I),$$

на основе чего задача определенно-вероятностного планирования принимает форму:

$$\max_{x_I} E_{\xi_I} \left[\varphi_I(x_I, \xi_I) + \max_{x_{II}} E_{\xi_{II}} \varphi_{II}(x_{II}, \xi_{II}, x_I, \xi_I) \right], \quad (2.37)$$

где E_{ξ_I} и $E_{\xi_{II}}$ - операторы ожидания по ξ_I и ξ_{II} .

Это — двухстадийная задача стохастической оптимизации, где $x_I = f_I(x)$, а решение x_{II} второй стадии относительно ξ_I является условным: $x_{II} = x_{II}(\xi_I)$.

Теперь можно утверждать, что справедливо следующее утверждение:

В предположении, что максимум и ожидания функций φ существуют, определенно-вероятный план преобладает над определенным планом:

$$\max_{x_1} E_{\xi_1} \left[\varphi_1 + \max_{x_{II}} E_{\xi_{II}} \varphi_{II} \right] \geq \max_x E \varphi(x, \xi).$$

В итоге, следует рассматривать задачи планирования как вероятностно-определенные и более гибкие. Это дает возможность учитывать изменения в информации и принимать во внимание влияние последних решений на будущие планы.

Это детерминированные варианты задач стохастического программирования, которые используются для проведения анализа [26, 29, 72]. Таким образом, можно предположить, что стохастическая задача может быть решена прямо, с помощью детерминированной аппроксимации. В данной модели случайные величины были аппроксимированы с помощью их средних значений и дисперсий [27, 72].

Например, имеем мы линейную целевую функцию, которая направлена на вектор плановых показателей и при этом происходит ее максимизация с помощью математического ожидания. Задача имеет ограничения, которые основаны на математических ожиданиях и дисперсиях балансовых уравнений производства и потребления. Также в векторе планируемых действий помимо текущего производства и инвестирования имеются показатели, которые характеризуют гибкость вероятного плана и запасы, которые указывают на степень стабильности предполагаемого плана. У этих действий есть отрицательные множители в системе ограничения на дисперсии, что означает их как «антистохастические» действия [28, 72].

Весь плановый период разобьем на две части:

I—ранний подпериод определенного плана,

II — поздний подпериод вероятного плана.

В обоих подпериодах различаем $i \in M \{1, \dots, m\}$, где M — множество номеров ресурсов.

Обозначим вектор определенного плана для первого подпериода через $x_1 = (x_j^I)$, $j \in N = \{1, \dots, n\}$, и вектор вероятного плана для второго подпериода через $(\bar{x}_{II}, \sigma_{II}^2) = \left((x_j^{II}), (\sigma_{jII}^2) \right)$, $j = 1, \dots, n$.

Здесь \bar{x}_j^{II} — среднее значение вероятного планового показателя j и σ_{IIj}^2 — планируемая дисперсия вероятного планового показателя j .

Они обязаны поддерживать баланс между отклонениями, которые имеют место быть из-за случайности тех параметров первого подпериода, которые влияют на план второго периода. Таким образом, это отклонения в основных фондах и запасах из первого периода второго подпериода, которые должны быть компенсированы планом второго периода.

Согласно изложенному, следует решить следующую простую задачу:

найти неотрицательные x_j^I , \bar{x}_j^{II} и σ_{jII}^2 такие, что:

$$\sum_j (c_j^I x_j^I + \bar{c}_j^{II} \bar{x}_j^{II}) = \max \quad (2.38)$$

при условиях:

$$\sum_j a_{ij}^I x_j^I \geq b_i^I \quad (2.39)$$

$$\sum_j (a_{ij}^{I,II} x_j^I + \bar{a}_{ij}^{II} \bar{x}_j^{II} + a_{ij}^{II} \sigma_{jII}^2) \geq \bar{b}_i^{II}; \quad (2.40)$$

$$\sum_j (\sigma_{ijI}^2 (x_j^I)^2 + \sigma_{biI}^2) \leq d_i^I; \quad (2.41)$$

$$\sum_j [\sigma_{ijII}^2 (x_j^I)^2 + \sigma_{ijII}^2 (\bar{x}_j^{II})^2 + \sigma_{jII}^2 (a_{ij}^{II})^2] + \sigma_{biII}^2 \leq d_i^{II} \quad (2.42)$$

где: $\bar{c}_j, \bar{a}_{ij}, a_{ij}, b_i$ — средние значения случайных независимых параметров;
 σ_{ij}^2 и σ_{bi}^2 — дисперсии параметров;
 d_i — заданные ограничения.

Ограничения (2.32) и (2.33), которые касаются средних значений балансов производства-потребления, были наложены на значения баланса производства-покупки. Это ограничение (2.34) позволяет уменьшить отклонения результатов, которые отражают балансовые результаты, от средних за первый период периода. Принято разделять два подпериода, в которых ограничение (2.35) играет ту же роль. В этот период также учитываются отклонения, которые возникли в первом подпериоде.

Принято считать, что решение задачи затруднено из-за квадратичных ограничений (2.34) и (2.35), но в действительности она легко поддается анализу с помощью методов декомпозиции.

Существует два аспекта, которые имеют отношение к анализу разложения определенно-вероятностных задач на составляющие оптимального планирования.

Первое, стохастические задачи оптимизации имеют крупные размеры и часто имеют в своем составе блоки, что указывает на то, что они могут быть успешно решены при помощи методов декомпозиции.

Во-вторых, интерпретация способов объединения этих задач может помочь прояснить проблемы, касающиеся функционирования планирующей системы в условиях стохастичности, а также решить проблемы, связанные с оптимальным функционированием экономики, которая базируется на принципах централизации [72].

В случае, когда координация подзадач (задач единиц) осуществляется при помощи цен, можно рассмотреть решение задачи (2.31) — (2.35), используя метод декомпозиции. Для того чтобы разложить задачу, каждое действие, которое было выполнено в первый и второй периоды, принимаем за условно-автономную единицу. Для каждой единицы разработан условный оптимальный план, цель которого заключается в том, чтобы максимизировать разницу между поступлениями и расходами средств, которая формируется в ценах, которые определены

центром. На все средства, которые были включены в первоначальную задачу, центр устанавливает цены.

Существует два вида ограничений в исходной задаче. Вторым видом представляет собой среднее значение потребления и производства, а первым - их рассеивание (дисперсию). Если рассматривать цены, которые имеют ограничения первого вида как цену за стандартный товар или услугу при их покупке и продаже, то это будет выглядеть как обычные цены. Цены, которые используются для ограничения второго вида, являются ценами за риск. Для того чтобы получить положительный результат в плане, необходимо заплатить определенную цену за риск, которая определена центром. Данная цена предоставляет единицу в распоряжение, так сказать, свободу действий в пределах определенного периода времени. Центр, в свою очередь, использует полученный доход для того, чтобы создать запасы, которые необходимы в связи с предоставлением единицам свободы действий. Запасы и вероятные планы, которые являются действиями, возмещающими рассеивание, получают доход от этого благодаря установлению цен за риск, которые устанавливает центр. Эти расходы являются частью приобретения необходимых средств [26, 27, 29, 72].

Далее единицы, используя условные планы, передают информацию в центр. Он использует ее для того, чтобы изменять цены, приближая их к тем же самым ценам, которые были определены изначально. Проведение новой итерации будет основано на исправлении цен [72].

Для корректировки цен центру нужны не только условные планы единиц, но и соответствующие результаты производства-потребления. Допустим, что случайная величина a_{ij} — параметр производства-потребления средства i единицей j . Тогда при плане по средству i результат будет $a_{ij}x_j$. Итог является случайным, даже если он определен и вероятен. В результате, единицы, составляющие определенно-вероятностные планы, сообщают центру только возможные результаты, и в этом аспекте между ними нет разницы [72].

Допустим, что планирование отклонений по потребленным деньгам всегда требует затрат (отрицательная дисперсия) и при произведенных средствах возможны различные варианты в зависимости от того, относится ли единица к определенному или вероятному периоду. Стимулирование уменьшения или увеличения дисперсии в первом случае приводит к уменьшению рассеивания продукции, а во втором – к ее увеличению. По сути дела, проблема состоит в следующем. В случае осуществления определенных планов, центр заинтересован в том, чтобы производственный процесс единицы не отклонялся от запланированного значения, а также был способен обеспечить его соответствие с намеченной нормой. Не смотря на это, в предположительном плане центр заинтересован в том, чтобы единица имела возможность достаточно широких вариаций объема производимой продукции. Во втором случае более значительные отклонения могут привести к увеличению запасов, а в первом случае – к их снижению. Безусловно, для того чтобы производить различные объемы продукции, необходимо иметь запасные мощности. Следовательно, когда разрабатывается вероятный план, по сути происходит стимулирование создания запасов ресурсов [72].

По мере развития реальной планирующей системы, охватывающей большое количество хозяйственных единиц в качестве приближения, следует заменить среднее значение и дисперсию на доверительный отрезок времени и соответственно изменять правила координации. Дело в том, что случайный результат $U_{ij} = a_{ij}x_j$ производства-потребления приблизительно может быть описан соответствующим доверительным отрезком $\bar{U} = [U_{ij}, U_{ij}]$, где $U_{ij} \geq U_{ij}$ — концевые точки доверительного отрезка. Оценка значений последних сравнительно удобна [27, 29, 72].

На основе данных единиц центр может сделать выводы о средних значениях и дисперсиях, а также проверить выполнение ограничений исходной задачи. В центре происходит процесс координации, в ходе которого единицам сообщают о ценах на средства, которые используются на показавшихся им отрезках, и о ценах за риск, который может быть использован для оценки рисков [72].

В представленных предписаниях координации единицы $j \in N$ передают в центр вероятные структуры производства - потребления $v_j = (v_{ij})$, $i \in M$. Так как последние случайны, то возникает проблема предотвратить в этих сообщениях искажения ($U_j \neq a_j x_j$) и стимулировать неискаженные сообщения $U_j = a_j x_j$. Для обеспечения достоверности передаваемых данных их необходимо считать планами единиц и тем самым учитывать в стимулировании результатов работы единиц. Обозначим реализацию структуры производства - потребления единицы j через $y_j = (y_{ij})$, $i \in M$. Теперь функция стимулирования единицы j должна включать в себя два аргумента - y_j и U_j . Одну из функций стимулирования можно наглядно описать на примере интервальной координации [72]. Пусть имеется функция стимулирования единицы продукции j по средству производства i :

$$s_{ij}(y_{ij}, U_{ij}) = \lambda_i y_{ij} - (U_{ij} - U_{ij}^*) \eta_i - \begin{cases} p_i, & y_{ij} \notin U_{ij} \\ 0, & y_{ij} \in U_{ij} \end{cases}$$

Пусть по всем средствам производства функция стимулирования будет $s_j = \sum_i s_{ij}$. Параметры этой функции истолкуем так: λ_i — цена на средство i , y_{ij} — производство ($y_{ij} > 0$) или потребление ($y_{ij} \leq 0$) средства i единицей j , η_i — цена за риск и p_i — штраф за искажение.

Допустим, что по мнению руководителя единицы j , U_{ij} является доверительным интервалом. Нетрудно видеть, что при подходящих η_i , и p_i руководителю единицы лучше планировать промежуток U_{ij} чем какой-либо другой промежуток U_{ij} , так как [72]:

$$Es_{ij}(U_{ij}, U_{ij}) \geq Es_{ij}(U_{ij}, U_{ij}^*).$$

На самом деле, если выбрать между широким и узким интервалом, то цена за риск возрастает, а при узком интервале можно ожидать более высоких штрафов за искажение.

Таким образом, разработана модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК, позволяющая снизить риск манипулирования информацией структурными единицами за счет предварительной кластеризации продукции и использования моделей определенно-вероятностного планирования.

2.3. Выводы

В результате синтеза моделей управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения получены следующие результаты:

1. Получена информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, позволяющая существенно повысить вероятность выполнения производственной программы в срок за счет использования вероятностно-автоматного моделирования и агрегирования.

2. Разработана модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК, позволяющая снизить риск манипулирования информацией структурными единицами за счет предварительной кластеризации продукции и использования моделей определенно-вероятностного планирования.

ГЛАВА 3. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ВПК В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

3.1. Алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК

Задачи разработки и осуществления производственной программы предприятия ВПК, в случае выпуска нестандартной продукции с не до конца определенными объемами производства требуют провести планирование загрузки определяющих узкие места групп оборудования и распределение программы производства по периодам года в группе взаимосвязанных агентов, как правило, имеют большую размерность. Их структура имеет многоуровневую структуру, а также они часто имеют более сложные уровни. Предполагается использование имитационного подхода для их решения. Он основан на параметризации нескольких правил предпочтения, которые вытекают из требований производства [73].

Математическая постановка сформулированных задач следующая. Задано некоторое конечное множество D элементов $p_i, i=1, \dots, N$ [51, 73, 104]

Предположим, что элементу p_i поставлены в соответствии векторы:

$$\begin{aligned}\bar{t}_i &= (t_{i1}, \dots, t_{ij}, \dots, t_{iJ}), \\ \bar{\varphi}_i &= (\varphi_{i1}, \dots, \varphi_{ij}, \dots, \varphi_{iJ}), \\ \bar{d}_i &= (d_{i1}, \dots, d_{ij}, \dots, d_{iL}),\end{aligned}$$

причем компоненты вектора \bar{d}_i - целые неотрицательные числа.

Кроме этого задан вектор $\bar{\varphi} = (\varphi_1, \dots, \varphi_J)$.

Требуется определить компоненты вектора $\bar{x} = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_I)$ при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^I (\varphi_{ij} x_i + a_i t_{ij}) \leq \phi_j, \quad j = 1, \dots, J, \quad (3.1)$$

где:

$$a_i = \begin{cases} 1 & \text{при } x_i > 0, \\ 0 & \text{при } x_i = 0, \end{cases}$$

$$x_i = \left\{ \sum_{k=1}^l d_{ik}, \quad l = 1, \dots, L \right\}, \quad (3.2)$$

$$x_i - \text{целые}. \quad (3.3)$$

К тому же, составляющие вектора \bar{x} должны обеспечить "хорошие", с точки зрения реальных условий труда, значения для тех или иных функций, которые соответствуют задаваемым целям [73, 108].

Рассмотрим алгоритм решения данной задачи [73].

1. В множестве D можно выделить два подмножества: D_1 и D_2 . Начальные элементы множества D_1 и D_2 будут включать в себя элементы p_i , значение которых d_{il} отличалось от нуля.

Рассчитаем компоненты вектора \bar{x} как равные d_{il} .

- В том случае, если условие (3.1) не выполняется, то задачу следует считать несовместимой, так как в силу (3.2) она является неразрешимой. Ограничение (3.3) выполняется как точное равенство, при котором все значения j будут соответствовать. В этом случае вектор \bar{x} является решением задачи.

- Если при всех j не наблюдается точного равенства, необходимо провести проверку на вероятность увеличения численного значения некоторых компонентов вектора \bar{x} до значения $\sum_{k=1}^l d_{ik}$.

Выбор компонента и его численные значения, напрямую влияют на вероятность получения хорошего решения и вероятности использования целевых функций. Определяющим фактором является выбор компонентов, которые будут использоваться для решения задачи. Именно от этого зависит возможность получения "хорошего" результата и численные значения целевых функций [73].

2. Проведем перестановку натуральных чисел натурального ряда от 1 до N и предположим, что натуральное число n , находящееся в данном случае на позиции с номером m , есть элемент множества D_1 .

При увеличении номера m и проверке на соответствие формуле (3.3) можно узнать, есть ли среди элементов множества D_1 такой, что при изменении соответствующего ему вектора \bar{x} на другой компонент $\sum_{k=1}^l d_{ik}$, ограничение (3.3) будет выполнено.

- В том случае, если такой элемент будет найден, процесс создания вектора решения продолжится.

- В случае если (3.3) не выполняется на всех шагах, которые предшествовали описанному итеративному построению вектора \bar{x} решения или обращается в точное соответствие при всех значениях j , то полученный вектор является вариантом решения нашей задачи, который соответствует заданной исходной последовательности элементов множества D_1 .

- Если будет установлено, что при условии соблюдения ограничения (3.3), которое выполняется и в том случае, когда все компоненты вектора \bar{x} , которые соответствуют элементам множества D_1 , заменяются на $\sum_{k=1}^l d_{ik}$ и такое соответствие возможно не во всех значениях j , можно перейти к рассмотрению элементов множества D_2 .

В итоге мы можем сделать следующий вывод: существует только один вариант решения, который будет соответствовать заданной перестановке элементов множества D .

Согласно этому, существует проблема получения большого количества вариантов, которая состоит в последовательных перестановках элементов множества D_1 и D_2 .

Далее мы перейдем к описанию способа, который позволит осуществить переходы в соответствии с [73]. В нем заложена возможность параметризации правил выбора, которые будут использоваться для двух функций предпочтения, если они имеются.

Пусть функции $F_1(n)$ и $F_2(n)$ будут поставлены в соответствие каждому элементу множества D_1 . При этом они могут зависеть от номера элемента и его векторов $\overline{\varphi_n}, \overline{t_n}, \overline{d_n}$, а также от номера и соответствующих им элементов. Также они имеют возможность задаваться собственными числовыми значениями для каждого из элементов множества D_1 .

С помощью двух целевых функций можно оценить успешное решение проблемы.

Если предположить, что $F_1(n)$ обладает свойством упорядочивать элементы D_1 в соответствии с убыванием $F_1(n)$, то это приводит к тому, что происходит перестановка, которая улучшает значение первой из целевых функций. В функции $F_1(n)$ содержится функция предпочтения [73].

Использование значения функции $F_2(n)$ в качестве признака упорядочения приводит к преобразованию, которое улучшает значение второй целевой функции. Если эти две перестановки будут совпадать, можно считать, что задача оптимизации по двум параметрам выполнена. И на практике случаются случаи, когда эти изменения не согласуются между собой.

Очевидно, что значение функции или критерия, которые отвечают за данную переменную будут отличаться от оптимальных. В то же время просмотр большого количества подобных перестановок дает возможность найти правильное решение для обоих критериев, сопоставляя обе переменные [73].

Теперь рассмотрим алгоритм, благодаря которому можно получить перестановки по каждому из правил [5, 73, 108].

В представленной ситуации, мы можем рассмотреть некоторый не имеющий отрицательного значения параметр δ , $0 \leq \delta \leq \infty$, значение которого влияет на степень упорядочения элементов множества D_1 в соответствии с функциями предпочтения $F_1(n)$ или $F_2(n)$. Предположим, что мы хотим задать произвольное значение параметра $\delta = \delta_1$. Из всех элементов множества D_1 , мы сможем найти тот элемент p_η , который имеет отношение к:

$$F_1(\eta) = \max \{F_1(n)\}. \quad (3.4)$$

Образуем подмножество P_1 таких элементов D_1 , где:

$$F_1(\eta) - F_1(n) \leq \delta_1. \quad (3.5)$$

В результате удаления из D_1 элементов P_1 и выполнения описанной процедуры, можно получить подмножество P_2 , а затем и множество D_1 , в котором не будет обнаружено пустот. Пронумеровав элементы множества P_1 по порядку убывания соответствующих им значений функции $F_2(n)$, мы сформируем последовательность ψ_1 .

После этого мы должны поступить также и с другими частями других множеств [73]. По мере того, как мы получаем последовательности, мы объединяем их таким образом, чтобы сохранить последовательность выделения подмножеств из множества D_1 .

Подобная последовательность представляет собой некоторую перестановку S элементов множества D_1 , в которой порядок расположения элементов зависит от значения параметра δ . Используя термин "неупорядоченность", мы будем обозначать количество пар неупорядоченных элементов в перестановке S .

Неупорядоченная пара двух произвольных элементов p_m и p_k множества D_1 формируется, когда выполняется хотя бы одно из условий:

$$F_1(m) > F_1(k) \quad \text{при} \quad F_2(m) < F_2(k) \quad (3.6)$$

или:

$$F_1(m) < F_1(k) \quad \text{при} \quad F_2(m) > F_2(k) \quad (3.7)$$

С помощью перестановки, которая обеспечивает максимальную эффективность для обоих критериев, можно добиться максимального соответствия между элементами системы. В случае если мера неупорядоченности элементов равна нулю, то упорядочение в соответствии с убыванием значений одной из функций предпочтения $F_1(n)$ или $F_2(n)$ приводит к перестановке, которая способствует максимальному соответствию между ними. По-другому говоря, в данном случае возможны различные изменения, которые можно получить с помощью следующего предложения [73].

Теорема 3.1. При условии, когда степень неупорядоченности элементов множества D_1 является отличной от нуля, можно произвести перестановку S_1 , отличную от S . Для этого нужно поменять параметр δ и применить тот же алгоритм [73].

Доказательство. Пусть для элементов p_m и p_k множества D_1 выполняются соотношения:

$$F_1(m) > F_1(k), \quad F_2(m) < F_2(k). \quad (3.8)$$

Допустим, что l – порядковый номер элемента в перестановке S , и элемент p_m занимает в ней место с номером $l = \mu$, а элемент p_k – место с номером $l = \xi$. При этом могут быть два случая.

Случай 3.1. В случае если $\mu < \xi$ данного, то элементы p_m и p_k являются двумя разными последовательностями, которые сформировали последовательность S [73]. В действительности, если бы они принадлежали к одной такой последовательности, то в силу того, что каждая из них организована по порядку элементов, которые соответствуют убыванию значений функции F_2 и соотношений (3.6), могло возникнуть неравенство $\mu < \xi$.

Мы можем воспользоваться алгоритмом создания перестановки, если определим величину $\delta = \delta_2 = F_1(\eta) - F_1(k)$, где $F_1(\eta) = \max F_1(n)$. Будет получен S_1 .

По причине наличия общего элемента D_1 , элементы p_m и p_k будут относиться к нему как к одному и тому же множеству. Благодаря тому, что (3.1) является следствием упорядочения элементов $\mu = \xi$ данного подмножества в результате (3.1), можно сделать вывод о том, что перестановка S_1 будет отличаться от изначальной перестановки S .

Случай 3.2. Если $\mu > \xi$, то p_m и p_k являются одним и тем же элементом множества D_1 , из которого образовалась последовательность S .

Мы можем доказать, что они были частью разных последовательностей. Мы можем выбрать произвольной парой ψ_1 и ψ_2 два ряда и из числа элементов,

которые образуют S . В силу правил алгоритма любые значения функции F_1 для каждой из двух последовательностей будут всегда больше, чем значения для других. В соответствии с (3.6) p_m является первой последовательностью ψ_1 , а p_k – второй [73].

Порядок в последовательности S осуществляется по убыванию максимального значения функции F_1 для каждого элемента, который является элементом данной последовательности. По сути дела, все элементы ψ_1 в S будут иметь меньший порядковый номер по сравнению с тем, что и будет меньше, что не соответствует принятым правилам. Значит, p_m и p_k входят в состав последовательности, которая образует S .

К тому же, мы можем построить перестановку S_1 . Существуют два элемента, для которых значения функций F_1 отличаются на величину, превышающую значение алгоритма. Они не могут быть частью одного и того же целого из множества формирующих S_1 . Исходя из этого, следует, что p_m и p_k будут относиться к разным последовательностям. Например, порядковый номер p_m будет меньше номера p_k , а S_1 будет отличаться от S .

Попытка решить проблему получения множественных перестановок привела к выбору определенного ряда значений [73].

Доказательством этого является то, что интервал изменения значений делится на части, в которых не может быть ни одного значения, которому соответствует перестановка, отличная от полученной [73].

Попробуем применить алгоритм получения перестановки, приняв значение равным нулю. Следовательно, очевидно то, что каждое из подмножеств P_1 , множества D_1 будет содержать больше одного элемента только в том случае, если числовые значения функции $F_1(n)$ для них будут одинаковы.

Значит, при значении мы получаем такую комбинацию S_0+D_1 элементов S_0 , где они расположены в порядке убывания соответствующих значений F_1 . В каждом случае для каждого подмножества P_k , P_{k+1} будет вычислена величина,

которая представляет собой разницу значений функции F_1 , для элементов данного подмножеств.

В случае если произойдет переход, то в интервале не будет обнаружено ни одного значения, которое могло бы соответствовать перестановке, отличной от S_1 . Рассмотрим, и применим алгоритм, который позволяет получить перестановки. С учетом того, что существует, в силу алгоритма, каждое из множеств P_i будет содержать больше одного элемента для всех только в том случае, если значения F_1 для них будут совпадать.

Таким образом, синтезирован алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК, позволяющий получить оптимальный вариант портфеля заказов за минимальное число шагов за счет использования параметризации нескольких правил предпочтения, при имитационном моделировании производства с учетом имеющихся компетенций и технологий.

3.2. Таксономический алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК

Рассмотрим основные подходы к оценке качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК исходя из любого набора показателей (факторов), значения которых можно отнести к определенной таксономической группе.

Главным критерием качества оценки деятельности по управлению портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК является достижение установленных показателей [77].

Рассмотрим m объектов рассматриваемой системы, которые характеризуются n признаками x_1, \dots, x_n , за N промежутков времени, т.е. информационный массив $\{x_{ijk}\}$, где x_{ijk} - фактическое значение j -го показателя за промежуток [77] времени k для объекта i .

Аналогично определяется массив $\{x''_{ijk}\}$ где $\{x''_{ijk}\}$ - плановое значение j -го показателя за промежуток времени k для объекта II .

Каждому объекту ставятся в соответствие два вектора его положений в многомерном пространстве

$$\alpha_i = (x_{ijk}), \quad \alpha''_i = (x''_{ijk}), \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, N.$$

В случае использования алгоритма таксономии в пространстве фактических и планируемых значений, можно получить два разных результата при разделении большого количества объектов на таксоны [77]. Средние показатели таксона являются его референтным показателем, поэтому объекты, находящиеся в его составе, имеют близкие характеристики функционирования. Связь между двумя объектами, находящимися в пространстве фактических и плановых значений, будет установлена после их таксономии. Это соответствие будет называться сопряженностью двух типов разбиений. Таксоны двух разделов легко объединяются, что позволяет легко интерпретировать их взаимодействие. В случае если два таксона первого и второго разбиения объединены, то можно наблюдать соответствие между их плановыми и фактическими показателями, что означает, что объекты второго разбиения находятся на более высоком уровне выполнения заданий, которые относятся к таксону первого. При оценке взаимосвязи между сопряженными таксонами, можно воспользоваться коэффициентом Чуприна, который имеет значение [77].

Пусть имеются два разбиения объектов рассматриваемой системы на таксоны: первое – по плановым значениям $\pi_1, \dots, \pi_\xi, \dots$, второе – по фактическим $\alpha_1, \dots, \alpha_n, \dots$, причем таксоны занумерованы так, что у представителя их с меньшим номером меньший резерв функционирования в заданных параметрах, и наоборот [77].

Тогда возможны три варианта [77]:

1) $a_i \in \pi_\xi, a_i \in \varphi_\xi$ и при этом $\xi = \eta$, т.е. качество функционирования объекта системы на среднем уровне;

2) $a_i \in \pi_\xi$, $a_i \in \varphi_\xi$ и $\xi < \eta$ - на низком уровне;

3) $a_i \in \pi_\xi$, $a_i \in \varphi_\xi$ и $\xi > \eta$ - на высоком уровне.

Согласно полученным результатам, в случае если объект системы принадлежит к таксону первого разбиения с таким же номером, как у содержащего его второго таксона, то он может функционировать нормально. Несовпадение номеров таксонов двух разделов может говорить о том, насколько хорошо функционирует система или же ее качество находится на низком уровне. При этом важно отметить, что при переходе от одного раздела к другому необходимо добавить определенное количество квалиметрических единиц для того, чтобы исследовать данный объект системы [77].

Пусть $[0, T]$ промежуток времени, который точками t_k , $k = 0, \dots, N$, разбит на N равных отрезков, и x_{jk} - значение j -го показателя за период k . Для оценки качества функционирования объекта системы необходимо учитывать динамику каждого показателя и взаимосвязь между ними [77]. С помощью метода главных компонент факторного анализа перейдем к ортогональным факторам F_1, \dots, F_n , которые описывают внутренние явления, лежащие в основе любого технологического процесса, и определяют значения исходного множества признаков [3, 77]. Предположим, что признак x_j , линейно связан с факторами, тогда:

$$x_j = \gamma_{j1}F_1 + \dots + \gamma_{jn}F_n + \overline{x_j}, \quad (3.9)$$

где: $\overline{x_j}$ - среднее значение j -го признака; $\gamma_{jp} = \sigma_j a_{jp}$; σ_j - среднеквадратическое отклонение; a_{jp} - факторная нагрузка.

Уравнение связи факторов с признаками:

$$F_p = \sum_{j=1}^n \alpha_{jp} (x_j - \overline{x_j}),$$

где: $\alpha_{jp} = a_{jp} / (\lambda_p \sigma_j)$, $\lambda_p - p - e$ - собственное значение матрицы парных коэффициентов корреляции.

Пусть x_1 — объем работ объекта системы, а признаки x_{n-s}, \dots, x_n характеризуют различные ресурсы объекта [77]. Тогда расчет качества функционирования

нение факторов от оптимальных значений. Величина $\alpha_{jp} [x_{jN}^0 - x_{jN}]$ характеризует влияние j -го показателя на p -й фактор и может быть как положительной, так и отрицательной. Если ее знак противоположен знаку d_{pN} , то отклонение j -го показателя от оптимального значения оказывает положительное воздействие на p -й фактор (т. е. приближает его значение к оптимальному), в противном случае отклонение j -го показателя от оптимального значения влияет на данный фактор отрицательно [3, 77].

Факторная модель системы показателей обладает важным свойством: если оптимальная величина функционирования объекта системы достигается при некотором наборе факторов $\{F_{pN}^0\}$, которому соответствует набор показателей $\{x_{jN}^0\}$, то последний является единственным. Таким образом, когда величина функционирования оптимальна, факторы принимают оптимальные значения, и наоборот. Следовательно, весь ход эксперимента с объектами организационной системы ВПК можно контролировать по одному показателю - качества показателей функционирования [77].

Определим резерв роста x_j :

$$R_{jN} = \frac{x_{jN}^0 - x_{jN}}{x_{jN}} * 100\%,$$

который показывает, на сколько процентов может быть увеличен показатель в сравнении с достигнутым значением.

Найдем минимально возможный показатель \tilde{x}_{1N} . Минимальное значение качества \tilde{x}_{1N} , его фактическое значение x_{1N} , плановое x_{1N}^n , максимально возможное x_{1N}^0 и резерв роста R_{1N} образуют для промежутка времени $[t_{N-1}, t_N]$ своеобразный индикатор показателя x_1 вектор [77]:

$$I_{1N} = (\tilde{x}_{1N}, x_{1N}, x_{1N}^n, z_{1N}^0, R_{1N})$$

Аналогично может быть получен индикатор I_l для $[t_N, t_{N+l}]$. Если $R_{1N} \geq R_{1(N+1)}$, то объект организационной системы ВПК использует имеющиеся резервы роста качества функционирования, при $R_{1N} < R_{1(N+1)}$ необходимо управляющее воздействие для стабилизации технологического процесса, так как в этом

случае наблюдается удаление от оптимума [77].

Экспериментальная реализация предложенных подходов производилась для производства задвижек шибберных газопроводов высокого давления АО КБ «Химавтоматики» в г. Воронеже. Исходная совокупность состояла из 14 объектов (типов задвижек). Для многофакторного анализа взяты основные показатели, оказывающие существенное влияние на качество системы.

Таким образом, в терминах таксономии мы получили 120-мерное признаковое пространство, в котором необходимо выделить таксоны.

В каждом из них можно найти объект, ближе всего расположенный к центру. Такие объекты считают типовыми, т. е. установленные для типового представителя закономерности можно распространить и на все остальные элементы таксона.

В совокупности исследуемых объектов по фактическим и плановым значениям показателей выделено четыре таксона, для каждого из которых однозначно определен типовой представитель (табл. 3.1).

Таблица 3.1 -Характеристика групп, полученных методом таксономии всех изучаемых признаков

Таксоны	1	2	3	4
Состав	$a_1 a_2$ $a_{12} a_{17}$	a_3, a_4, a_7 a_8, a_{13}, a_{15} a_{18}, a_{19}, a_{20}	a_5, a_6 a_{16}	a_9, a_{10} a_{11}, a_{14}
Представитель	a_{12}	a_8	a_{16}	a_{10}

Хотя средние показатели таксона являются его референтной характеристикой, объекта с такими показателями в таксоне может и не быть. Поэтому важно оценить кучность объектов в таксоне, а также отдаленность таксонов друг от друга.

Результаты оценки близости между элементами таксона и таксонами приведены в табл. 3.2 (диагональные элементы соответствуют среднему расстоянию между элементами таксона).

Таблица 3.2 - Мера близости между элементами таксонов и таксонами

Таксоны	1	2	3	4
1	12	48	38	46
2	48	8	41	71
3	38	41	7	45
4	46	71	45	11

После таксономии по плановым значениям признаков было получено четыре таксона, а по фактическим - пять. Сопряженность между таксонами двух разбиений позволила установить (неполное) соответствие между ними:

$$1 \rightarrow 3, 2 \rightarrow 4, 3 \rightarrow 2, 4 \rightarrow 1.$$

Основная часть объектов улучшила показатели качества функционирования на соседние ступени (номера таксонов) и очень редко наблюдался переход сразу через несколько ступеней, что означает, что у большинства объектов отсутствуют особо резкие отклонения между уровнями выполнения плановых и фактических показателей. Объектами с высоким качеством функционирования ($\xi > \eta$), стали - a_1, a_4, a_{10} , а с низким качеством – $a_{11}, a_{13}, a_{15}, a_{16}$. Остальные функционировали на среднем уровне.

Как выявила практическая реализация предложенного подхода, качество моделей значительно улучшается при увеличении перечня используемых показателей с последующим отбором значимых признаков.

Рассмотрим пример практической реализации процессов управления заказами двойного назначения для организационной системы ВПК на примере АО КБ «Химавтоматика» (г. Воронеж).

Применим обобщенный критерий Гурвица для поиска оптимального решения в условиях задачи для оптимистически и пессимистически настроенного ЛПР.

1. Упорядочим платежную матрицу, расположив исходы в порядке неубывания (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Упорядоченная платежная матрица

Сценарий	Риски управления			
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
A ₁	8	12	14	5
A ₂	9	10	11	10
A ₃	12	14	10	1
A ₄	15	6	7	14

2. Найдем максимальное значение y_i :

$$y_1 = \max (x_{11}, x_{21}, x_{31}, x_{41}) = \max (8, 12, 14, 5) = 14$$

$$y_2 = \max (x_{12}, x_{22}, x_{32}, x_{42}) = \max (9, 10, 11, 10) = 11$$

$$y_3 = \max (x_{13}, x_{23}, x_{33}, x_{43}) = \max (12, 14, 10, 1) = 14$$

$$y_4 = \max (x_{14}, x_{24}, x_{34}, x_{44}) = \max (15, 6, 7, 14) = 15$$

3. Найдем минимальное значение y_i :

$$y_1 = \min (x_{11}, x_{21}, x_{31}, x_{41}) = \min (8, 12, 14, 5) = 5$$

$$y_2 = \min (x_{12}, x_{22}, x_{32}, x_{42}) = \min (9, 10, 11, 10) = 9$$

$$y_3 = \min (x_{13}, x_{23}, x_{33}, x_{43}) = \min (12, 14, 10, 1) = 1$$

$$y_4 = \min (x_{14}, x_{24}, x_{34}, x_{44}) = \min (15, 6, 7, 14) = 6$$

Введем некоторый коэффициент α , который назовем коэффициентом доверия. Этот коэффициент можно интерпретировать как вероятность с которой произойдет наилучший для А исход. Примем коэффициент доверия $\alpha=0,7$.

4. Подставим значения в 3.10.

$$v = \max_i [\alpha \max_j a_{ij} + (1-\alpha) \min_j a_{ij}],$$

$$V = \max_i [0,7 * 14 + (1-0,7) * 5] = 11,3$$

$$V = \max_i [0,7 * 11 + (1-0,7) * 9] = 10,4$$

$$V = \max_i [0,7 * 14 + (1-0,7) * 1] = 10,1$$

$$V = \max_i [0,7 * 15 + (1-0,7) * 6] = 12,3$$

По критерию Гурвица оптимальным решением является решение A_4

На предприятие поступает заказ с различной номенклатурой (табл. 3.4)

Таблица 3.4 – Состав заказа ПАО «Газпром»

№	Наименование	Кол-во, %
1	Задвижки шиберные с пастовым пакетом уплотнений	14,6
2	Задвижки с гидравлически и пневматическим приводом	20,4
3	Дроссели нерегулируемые типа ДН	36,9
4	Двухфланцевая колонная головка с тройным уплотнением	10,7
5	Клапаны устьевые обратные (резьба (D), дюйм от 2 до 6)	17,5
Итого		100

Типичная номенклатура-заводские задвижки шиберные с пастовым пакетом уплотнений, задвижки с гидравлически и пневматическим приводом.

Модернизированная- двухфланцевая колонная головка с тройным уплотнением, клапаны устьевые обратные (резьба (D), дюйм от 2 до 6).

Инновационная-дроссели нерегулируемые типа ДН.

Определим процентное содержание типов номенклатуры для заказа:

$$1) \frac{(15+21)*100}{103} = 35 \% \text{ - типичная номенклатура}$$

$$2) \frac{(18+1)*100}{103} = 28,2 \% \text{ - модернизированная номенклатура}$$

$$3) \frac{38 \cdot 100}{103} = 36,9 \% \text{ – инновационная номенклатура}$$

Построим диаграмму содержания заказа в процентном соотношении (рис.3.1).

Рис. 3.1. Содержание заказа по типу номенклатуры

Можно сделать вывод, что процентное соотношение различной номенклатуры в примерно одинаковом процентном соотношении. Выберем сценарий, подходящий для выполнения заказа [104], используя блок-схему (рис.3.2).

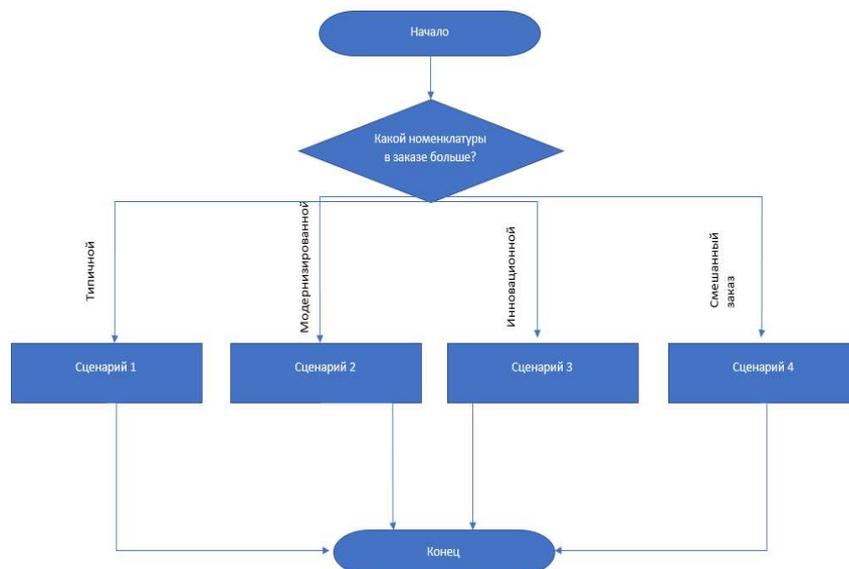


Рис. 3.2. Блок-схема сценариев

Данный заказ смешенного типа, значит для его выполнения необходимо использовать четвертый сценарий.

Рассмотрим систему срабатывания сценария с помощью сети Петри.

Сеть Петри формально определяется как четверка вида:

$$S = \langle P, T, E, M_0 \rangle \quad (3.11)$$

где: P — конечное множество позиций;

T — конечное множество переходов (событий);

E — конечное множество дуг;

M_0 — начальная маркировка (разметка),

С помощью представления сети Петри в виде двудольного графа (рис. 3.3) можно задать структуру сети Петри, не изменяя ее динамически. Динамику в модель можно внести посредством изменения маркировки (разметки) позиций и соглашения о правилах осуществления переходов.

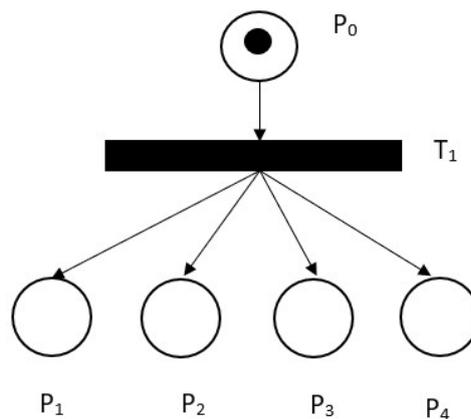


Рис. 3.3. Сеть Петри

Маркеры передвигаются в сети Петри с помощью ее переходов, которые срабатывают. Результатом действия становится то, что в результате срабатывания из всех входных позиций сработавшего перехода изымается по одному маркеру и добавляется в каждую его выходную позицию по одному маркеру. Для четвертого сценария необходимо определить момент, когда произойдет срабатывание (рис. 3.4).

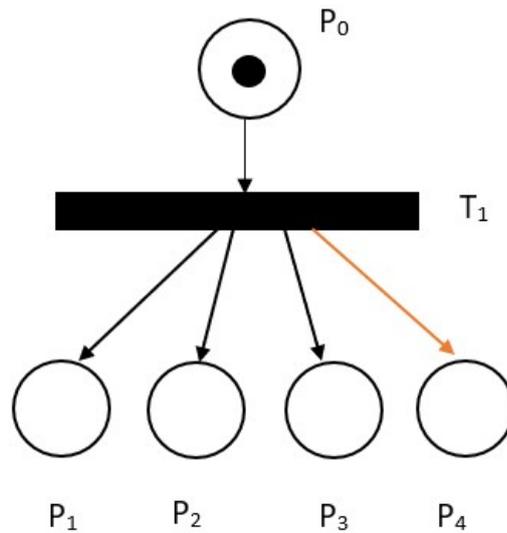


Рис. 3.4. Срабатывание перехода для четвертого сценария

При срабатывании какого-либо возбуждения перехода, в общем, происходит смена маркировки сети Петри. Помимо этого, изменения могут коснуться только маркировки входных и выходных позиций возбужденного перехода. После завершения действия перехода, маркировка всех позиций, которые являются одновременно входными и выходными для данного перехода, не изменяется (рис. 3.5).

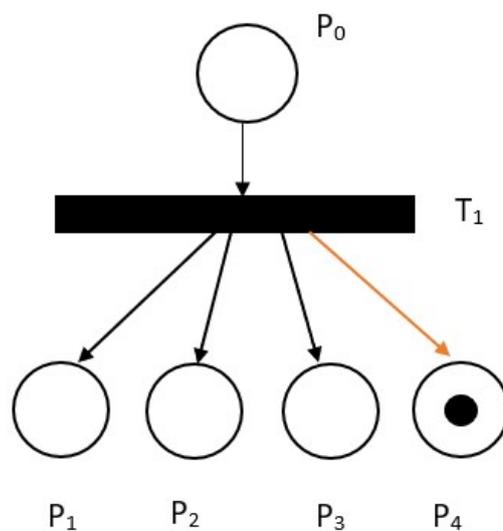


Рис. 3.5. Срабатывание четвертого сценария

Текущая маркировка сети Петри может пониматься как состояние сети Петри в данный момент времени.

Срабатывание возбужденного перехода, являющееся локальным актом, в общем случае ведет к изменению маркировки сети, а, следовательно, ее глобального (полного) состояния.

Для выполнения четвертого сценария необходимо определить последовательность выполнения каждой позиции заказа. Для определения очереди воспользуемся расчетами риск-менеджмента.

Рассмотрим матрицу «сожалений» Сэвиджа (табл.3.5) и определим оптимальную очередь выполнения заказа с минимальными рисками и транзакционными издержками.

где: X_1 – пускаем производство изделия в любой очереди;

X_2 – пускаем производство изделия в определённой очереди.

X_3 – пускаем производство изделия отдельной очередью;

При стратегиях природы:

J_1 – типичный заказ;

J_2 – заказ, требующий модернизации;

J_3 – инновационный заказ.

Таблица 3.5 - Матрица сожалений R

Альтернативы	Состояние природы			Мах сожаление S_i
	J_1	J_2	J_3	
X_1	0,35	0	0,5	0,35
X_2	0	0,45	0,25	0,45
X_3	0,15	0,22	0,26	0,26
Y_j	0,55	0,70	0,45	

Оптимальным решением для данного заказа будет выпуск типичной номенклатуры в любой очереди, изделий, требующих модернизации в определенной очереди и инновационной продукции отдельной очередью.

Описание выполнения заказа по четвертому сценарию:

После утверждения технического задания на производство отправляются задвижки с гидравлически и пневматическим приводом.

В это время главный инженер занимается обоснованием формирования технического задания для дросселя нерегулируемого типа ДН, двухфланцевой колонной головки с тройным уплотнением и клапана устьевое обратного (резьба (D), дюйм от 2 до 6).

Дальнейшие действия работы, с номенклатурой которая требует модернизации показаны на рис. 3.6.

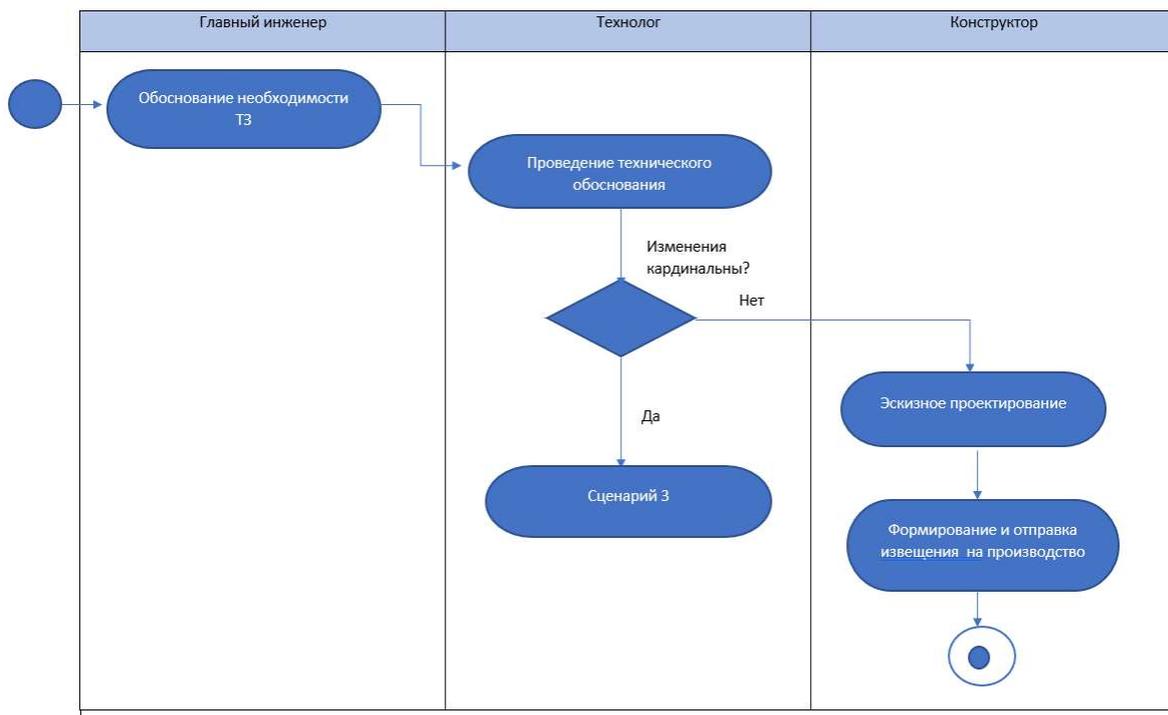


Рис. 3.6. Порядок действий для модернизированной продукции

Работа с дросселем нерегулируемого типа ДН показана на рисунке 3.7.

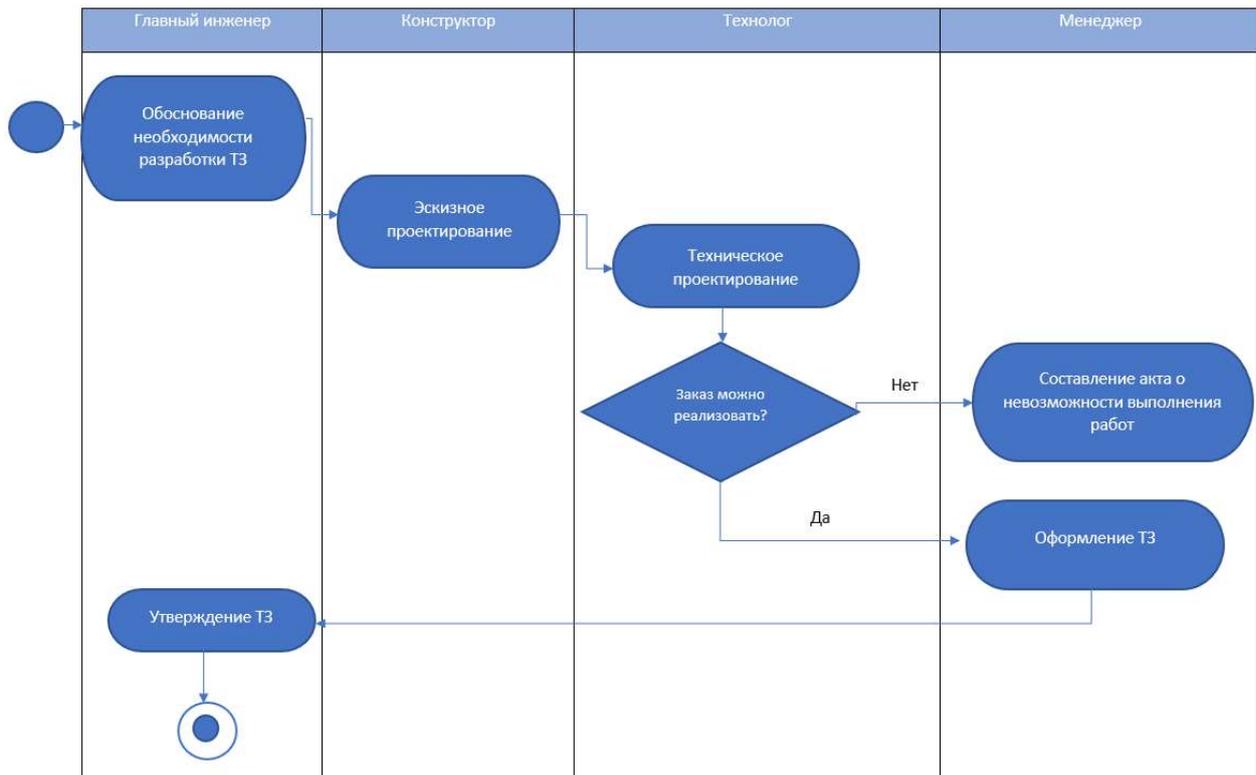


Рис. 3.7. Алгоритм для инновационного продукта

После выпуска задвижки с гидравлически и пневматическим приводом, приступаем к выпуску клапана и головки. Параллельно с этим процессом проектируется дроссель нерегулируемого типа ДН. На данном этапе проводится эскизное и техническое проектирование, выпускается пробная партия для проверки, после чего формируется техническое задание для производства. Далее, после завершения работ с модернизационной продукцией, изготавливается изделие инновационной номенклатуры. Завершающий этап становится выпуск задвижки с пастовым пакетом уплотнений. Все изделия проходят контроль качества, упаковываются и отправляются заказчику.

Таким образом, *получен алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК, позволяющий выбирать наименее рискованные по критерию Сэвиджа корректирующие действия для должностных лиц, обеспечивающие безусловное выполнение плана за счет использования методов численной таксономии.*

3.3. Выводы

В результате разработки интеллектуализации процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения сформированы следующие результаты:

1. Синтезирован алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе ВПК, позволяющий получить оптимальный вариант портфеля заказов за минимальное число шагов за счет использования параметризации нескольких правил предпочтения, при имитационном моделировании производства с учетом имеющихся компетенций и технологий.

2. Разработан алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК, позволяющий выбирать наименее рискованные по критерию Сэвиджа корректирующие действия для должностных лиц, обеспечивающие безусловное выполнение плана за счет использования методов численной таксономии.

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ИНФОРМАЦИОННОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ВПК В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

4.1. Имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения

Рассмотрим гипотезу о том, что все составляющие элементы информационной системы обеспечения функционирования процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода к производству продукции двойного назначения, которая имеет структуру и факторы воздействия внешней среды, имеют математическую природу. Они могут быть абстрактными объектами или же структурами, которые имеют свойства объекта. В таком случае система должна быть имитацией, которая создается средствами моделирования. Элементами для описания подобных систем являются алгебраические дифференциальные уравнения, цепи Маркова или аналогичные им. Имитационное моделирование придает понятию сложности рассматриваемой более глубокий смысл благодаря использованию в качестве элементов для описания системы алгебраических дифференциальных уравнений и цепей Маркова. В качестве примера можно привести, что из двух моделей более сложной является та, в которой для описания системы с поддержкой определенного алгоритмического языка требуется больше символов уникада. Совершенно очевидно, что такое определение понятия сложности системы зависит от выбора алгоритмического языка, который является избыточным. При условии, что эти системы имеют отличия в природе, например, математическая или информационная, то такую систему будем именовать математической моделью информационной системы [68].

Существуют случаи когда расчеты, проводимые с помощью имитационного моделирования, могут привести к существенным ошибкам. В основе лежит недостаточная точность данных, которые используются в расчетах, и то, что простейший алгоритм, который используется для проведения вычислений, не учитывает некоторые закономерности, которые имеют место быть в действительности. В том случае, если данные, которые были получены с допущенными ошибками, будут приняты за истинные и использованы при конструировании информационной системы, система будет функционировать не идеально. Из-за этого некоторые из узлов сети будут работать с повышенной нагрузкой, а другие - с недостаточной. Чтобы усовершенствовать систему, снова потребуются количественные расчеты. Однако их выполнение также не может быть выполнено идеально. Установка вновь начнет свою работу с начала, и в результате система постепенно придет к тому режиму функционирования и к такой структуре, которые в данной ситуации будут способны обеспечить ее эффективную работу [68, 70].

Описываемый процесс можно определить как процесс регулирования системы, который осуществляется в ходе проведения натурального эксперимента. Это очень дорогое мероприятие, которое требует проведения натуральных экспериментов. Возможно, что она будет продолжаться довольно длительное время. В этот период система может оказаться в убыточном состоянии. К тому же, в некоторых ситуациях проведение натурального эксперимента невозможно (например, когда он может привести к катастрофическим последствиям или человеческим потерям).

По этой причине, было бы целесообразным провести эксперимент не непосредственно над системой, а на другой аналогичной ей системе, которая будет иметь сходства с ней и такой, в ходе эксперимента, который не будет иметь ощутимых издержек [68, 70].

Попробуем рассмотреть простейшие случаи синтеза имитационных моделей информационных взаимодействий агентов сложных комбинированных систем управления, основанных на моделировании случайных воздействий. Она является неотъемлемой частью метода моделирования, которая необходима

практически во всех статистических данных для создания правильных датасетов и последующего их машинного обучения [68].

Система, которая является моделью, подвержена воздействию случайных факторов. У них может быть различный характер: от отдельных не связанных между собой величин до взаимосвязанных и бесконечно малых или какого-либо произвольного процесса (например, цепи Маркова). Прежде всего, при конструировании автоматических моделей, необходимо учитывать первый из всех рассмотренных случаев. Есть несколько способов, позволяющих имитировать совокупность взаимосвязанных случайных величин. Это может быть воспроизведение их значений по матричной системе и поиск сходственных элементов [68].

Ознакомимся с методами и механизмами получения случайных чисел, которые имеют определенный закон распределения. Вероятное распределение этих числовых последовательностей имеет некоторые отличия от определенного теоретического распределения, так как они являются эмпирическими [68].

Согласно правилам теории вероятностей, все случайные величины в ней можно разделить на дискретные, непрерывные и смешанные. При определенных условиях дискретные величины могут быть получены только в отдельных случаях. Некогда существовать множеству допустимых значений дискретной случайной величины, которая может быть или бесконечной, или счетной. Несомненно, случаются ситуации, когда случайная величина принимает только целочисленные значения. Одно из значений слова "двоичный" - это случайная величина, имеющая два значения: 0 и 1.

Дискретная случайная величина задается с помощью распределения вероятностей p_k ($k = 0, 1, 2, \dots$) того, что она примет значение, равное k .

Перечислим некоторые наиболее распространенные типы распределений дискретных случайных величин.

1. Распределение Бернулли (для двоичной случайной величины):

$$p_0 = 1 - p; p_1 = p; p_k = 0 \text{ при } k > 1.$$

Здесь через p обозначен единственный в данном случае параметр распределения ($0 \leq p \leq 1$).

2. Распределение Пуассона:

$$p_k = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \quad (0 < \lambda < +\infty; k = 0, 1, 2, \dots).$$

3. Биномиальное распределение:

$$p_k = C_n^k p^k (1-p)^{n-k-1}$$

при $k = \overline{0, n}$, и $p_k = 0$ при $k > n$ ($0 < p < 1$; n — целое число).

4. Геометрическое распределение:

$$p_k = (1-p)^{n-k-1} \quad (k = 0, 1, 2, \dots; 0 < p < 1).$$

5. Дискретное равномерное распределение:

$$p_k = \frac{1}{n}$$

при $k = \overline{1, n}$ и $p_k = 0$ при $k > n$ (n — целое число).

Существует возможность принимать значение из бесконечно малого или бесконечно большого промежутка, если это непрерывный случайный интервал. На базе вероятности составляется непрерывная функция распределения. Уровень вероятности случайной величины не должен превышать 0 процентов. При рассмотрении распределения непрерывных случайных величин можно привести следующие примеры [68].

а. Показательное (экспоненциальное) распределение:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0, \\ 1 - e^{-\lambda x} & \text{при } x > 0 \end{cases} \quad (0 < \lambda < +\infty).$$

Случайная величина, распределенная по этому закону, может принимать лишь неотрицательные значения.

б. Нормальное распределение:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(z-a)^2}{2\sigma^2}} dz \quad (-\infty < a < +\infty, \quad \sigma \geq 0).$$

Нормально распределенная случайная величина принимает не только положительные, но и отрицательные значения.

с. Равномерное распределение на отрезке $[a, b]$:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq a, \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{при } a < x \leq b, \\ 1 & \text{при } x > b \end{cases} \quad (-\infty < a < b < +\infty).$$

d. Усеченное нормальное распределение с точками усечения c_1 и c_2 :

$$F(x) = \frac{\Phi(x) - \Phi(c_1)}{\Phi(c_2) - \Phi(c_1)},$$

где $\Phi(x)$ — обычная нормальная функция распределения и $-\infty \leq c_1 < c_2 \leq +\infty$.

При $c_1 = -\infty$ получается одностороннее усечение справа в точке c_2 при $c_2 = +\infty$ — одностороннее усечение слева в точке c_1 .

Если одновременно $c_1 = -\infty$, а $c_2 = +\infty$, то усеченное распределение превращается в не усечённое.

В качестве смешанной случайной величины можно рассматривать такое значение, которое может быть как изолированным от других точек на числовой оси, так и постоянно расположенным в одной из её частей. Обратимся к двум конкретным разновидностям смешанного распределения [68].

Смешанное показательное распределение: с вероятностью p_0 случайная величина принимает значение 0, а с вероятностью $p_0 = 1 - p_0$ — значение, совпадающее с одной из реализаций случайной величины, распределенной по показательному закону.

Смешанное усеченное нормальное распределение: с вероятностью p_0 случайная величина принимает значение 0, а с противоположной вероятностью, $p_0 = 1 - p_0$ — значение, совпадающее с реализацией случайной величины, имеющей усеченное нормальное распределение.

Зачастую мы сталкиваемся с ситуациями, когда случайный результат складывается из нескольких случайных величин. В данном случае речь идет о моделировании не по определенному распределению определенного вида, а скорее о эмпирическом представлении, которое было получено на основе статистических данных [68].

В случае если такие эмпирические распределения имеют произвольный характер (асимметрия, многомодальность и т.д.), они не имеют точной степени

приближения к некоторым известным теоретическим распределениям или являются достаточно беспорядочными, то они могут иметь произвольный характер. Если в машине имеется такое эмпирическое распределение, то оно может быть введено в действие посредством значений ординат плотности распределения через произвольные временные интервалы или же с помощью некоторого уравнения, которое имеет приблизительную информацию о начальном значении данного определения.

Когда требуется получить значение случайной величины, имеющей определенный закон распределения, используют некоторое из множества равноценно распределенных случайных чисел. Исходя из этого, получение на ЭВМ равномерных распределенных случайных чисел имеет большое значение. В настоящее время существует множество способов, которые помогут решить проблему имитации с помощью ЭВМ неравномерно распределенных случайных величин. В работе можно увидеть результаты, которые заслуживают особого внимания [68, 70]. В другой ситуации, можно воспользоваться следующим способом: ввести в память ЭВМ таблицы с равномерно распределёнными случайными числами и затем считывать их по ходу решения. Благодаря использованию таблиц с равномерным распределением чисел, которые записываются во внешней памяти машины, обращение к устройствам, которые работают медленно, может значительно снизить скорость работы ЭВМ. Это ведет к увеличению сложности программы и снижению надёжности решения. При решении больших задач зачастую требуется множество сотен тысяч и миллионов случайных чисел, что значительно превышает объем имеющихся на данный момент таблиц с одинаковым распределением случайных чисел [68, 70].

Благодаря генераторам случайных чисел, появилась возможность получения свободно распределенных случайных чисел. С помощью этих устройств можно получить результаты какого-то неизвестного, случайно выполняющегося физического процесса в последовательности двоичных разрядов машины и использовать их для получения различных значений. В случае систематического

применения метода статистических испытаний на данной вычислительной машине, возможно понадобится создание датчика случайных чисел. При отсутствии иных вариантов, разумнее будет использовать так называемые псевдослучайные последовательности, которые создаются при помощи особых программ, которые используются в электронной вычислительной машине.

В наше время данный метод является довольно распространенным. Он заключается в следующем. Программистский алгоритм, позволяющий получить произвольные числа в ЭВМ, использует некоторое рекуррентное соотношение: последовательность последовательных чисел формируется из предыдущего (или группы предыдущих) при помощи использования алгоритма, состоящего из логических и арифметических операций. Если рассматривать пример с простым арифметическим расчетом, предложенным Нейманом, то можно отметить, что берется произвольное число, состоящее из двоичных цифр и возводится к квадрату, равному одному [68]. В результате мы получили число, состоящее из букв и цифр. После каждого следующего номера выбрасывается одна цифра с обеих сторон (остается «середина произведения»). С вновь данной последовательностью действий, начиная от возведения в квадрат и отбрасывания цифр, процесс повторяется много раз. Получаемые таким образом "середины квадратов" - это идеально распределенные промежутки (частицы случайного происхождения), которые являются частями последовательностей случайных чисел. На практике в большинстве случаев применяются более сложные алгоритмы, которые дают возможность распределения лучшего качества и учитывают специфику ЭВМ. На каждую последовательность чисел можно найти соответствие с известным набором признаков случайной природы, несмотря на то что они взаимно зависимы между собой [68].

У данного способа есть свои недостатки. В самом начале следует отметить, что созданные с помощью особых программ последовательности случайных чисел имеют периодичность, в связи с этим даже очень длинные их комбинации не

будут случайными. В случае необходимости увеличения периода последовательности, это может привести к снижению скорости работы машины. Также, в большинстве случаев распределение случайных чисел, которые были созданы программным способом, не отличается от того, которое было принято на теоретическом уровне. В случае, когда расхождение между двумя точками имеет незначительные размеры в одномерном случае, оно начинает влиять на формирование из последовательности последовательно распределенных чисел разнообразных многомерных вычислений [68].

Не смотря на все недостатки метода Монте-Карло, метод псевдослучайных чисел стал широко использоваться исследователями. Установим вероятность того, что будут получены псевдослучайные числа в равном количестве на одном отрезке. Исходными данными для получения равномерно распределенных на отрезке $[0,1]$ псевдослучайных чисел служат два положительных целых числа p и g , причем p должно быть простым и представляемым в виде $p = 2p_1 + 1$, где p_1 - также некоторое положительное простое число.

При этом g должно быть близким к половине числа p и допускать представление в виде $g = p - 3m$, где m - некоторое положительное целое [68].

Если с помощью фигурных скобок обозначить операцию взятия дробной части числа, а с помощью квадратных - операцию выделения целой части, то последовательность равномерно распределенных на отрезке $[0,1]$ случайных чисел $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$ может быть получена по рекуррентным формулам:

$$\begin{aligned} R_k &= r_{k-1}g, \xi_k = \{R_k/p\}, \\ r_k &= R_k - p \left[R_k/p \right] \quad (k = 1, 2, 3, \dots), \end{aligned} \quad (4.1)$$

где R_k и r_k — промежуточные последовательности и $r_0 = 1$.

Полученные таким образом псевдослучайные числа повторяются с периодом $p - 1$.

Числа p и g , служащие исходными данными для работы подпрограммы, выбираются так, чтобы заведомо избежать повторения в ходе решения всей задачи [68].

При помощи метода, основанного на приближенной имитации условий, при которых центральная предельная теорема теории вероятностей оказывается справедливой, можно получить последовательность псевдослучайных чисел, которые распределены в порядке, который соответствует параметрам i . При выполнении некоторых общих условий, суммы большого числа случайных слагаемых имеют асимптотически нормальное распределение. Это происходит в силу центральной предельной теоремы. Поэтому для приближенного моделирования можно воспользоваться суммированием чисел исходной совокупности, равномерно распределённых на отрезке $[0,1]$.

Пусть $\xi_i (i = 1, 2, \dots)$ - псевдослучайные числа, равномерно распределенные на отрезке $[0,1]$ с математическим ожиданием $0,5$ и средним квадратическим отклонением $\frac{1}{2\sqrt{3}}$ [68].

Тогда при достаточно больших m сумма $\eta = \sum_{i=1}^m \xi_i$ распределена асимптотически нормально с параметрами $a' = \frac{m}{2}$; $\sigma' = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{m}{3}}$, а псевдослучайные числа, распределенные нормально с заданными параметрами a и σ , могут быть найдены по формуле:

$$\eta_k = \frac{\sum_{i=1}^m \xi_i - \frac{m}{2}}{\frac{1}{2}\sqrt{\frac{m}{3}}} \sigma + a = \left(\frac{2}{\sqrt{m}} \sum_{i=1}^m \xi_i - \sqrt{m} \right) \sigma \sqrt{3} + a. \quad (4.2)$$

Для получения последовательности псевдослучайных чисел, соответствующих показательному закону распределения, используется формула:

$$x = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - \xi_i),$$

где: λ — параметр распределения;

ξ_i — последовательность случайных чисел, равномерно распределенных на отрезке.

Этот способ [68] широко применяется на практике, так как не приводит к загрузке оперативной памяти машины.

Для того чтобы решать конкретные задачи, часто приходится пользоваться случайными значениями, которые распределены по определенным законам. При реализации отдельных моделей, приведенные ниже распределения могут быть полезны.

1. Смешанное усеченное нормальное распределение: случайная величина ξ с вероятностью p_0 ($0 \leq p_0 \leq 1$) принимает значение 0, а с вероятностью $(1 - p_0)$ — значение, совпадающее с одной из реализаций случайной величины η , распределенной по усеченному нормальному закону:

$$F(x) = P\{\eta \leq x\} = \begin{cases} 0 & \text{при } x < c_1, \\ \frac{\Phi(x) - \Phi(c_1)}{\Phi(c_2) - \Phi(c_1)} & \text{при } c_1 \leq x < c_2, \\ 1 & \text{при } x \geq c_2 \end{cases} \quad (4.3)$$

где: $\Phi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx$ - функция обычного (неусеченного) нормального распределения с математическим ожиданием a ($-\infty < a < +\infty$) и дисперсией σ^2 ($0 \leq \sigma < +\infty$);

c_1 и c_2 — соответственно левая и правая точки усечения.

Таким образом, смешанное усеченное нормальное распределение определяется с помощью пяти параметров: p_0, c_1, c_2, a, σ .

В частном случае, когда распределение не является смешанным, следует положить $p_0 = 0$.

В других частных случаях, когда усечение является односторонним слева, справа или вообще отсутствует, надо принять соответственно [68]:

$$c_2 = k_2, c_1 = k_1, \begin{cases} c_1 = k_1 \\ c_2 = k_2 \end{cases}, \quad (4.4)$$

где в качестве k_1 берется некоторая достаточно большая по абсолютной величине отрицательная константа, k_2 — достаточно большая положительная константа.

Конкретный выбор k_1 и k_2 осуществляется исходя из разрядности ЭВМ.

2. Смешанное показательное распределение: случайная величина ξ с вероятностью p_0 ($0 \leq p_0 \leq 1$) принимает значение 0, а с вероятностью $(1 - p_0)$ совпадает с одной из реализаций случайной величины η , распределенной по показательному закону:

$$G(x) = P\{\eta \leq x\} = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0, \\ 1 - e^{-\lambda} & \text{при } x > 0 \end{cases} \quad (0 \leq \lambda < +\infty). \quad (4.5)$$

Параметрами смешанного показательного распределения являются два числа: p_0 и λ . Частный случай, когда распределение не является смешанным, осуществляется аналогично изложенному выше.

3. Конечное дискретное распределение: определяется с помощью вероятностей $p_k = P\{\xi = k\}$ ($k = \overline{0, n}$; n - некоторое фиксированное положительное целое; $0 \leq p_k \leq 1$; $\sum_{k=0}^n p_k = 1$). Задание этого распределения в общем случае осуществляется с помощью $n + 1$ числа p_k ($k = \overline{0, n}$).

Чтобы получить случайные числа, распределенные по одному из трех перечисленных законов, используемых в дальнейшем при решении сложных экономических систем, составляют специальную подпрограмму псевдослучайных чисел [68].

Блок, отвечающий за получение равномерно распределенных на участке $[0, 1]$ случайных чисел, является основным блоком данной подпрограммы. Функции остальных блоков подпрограммы основаны на результатах работы основного блока. Они преобразовывают случайные числа, которые распределены по

определенному порядку, в случайные числа с заданным порядком распределения.

В результате использования центральной предельной теоремы, можно получить псевдослучайные числа, которые распределены по смешанному усеченному нормальному закону.

По этой формуле можно получить псевдослучайные числа, которые распределены по показателю:

$$x = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - \xi_i) \quad (i = 1, 2, \dots). \quad (4.6)$$

Для получения псевдослучайных чисел, распределенных по дискретному закону, использовался метод последовательного сравнения очередной реализации равномерно распределенного на отрезке $[0, 1]$ случайного числа с последовательностью сумм $S_k = \sum_{i=0}^k p_i$ ($k = \overline{0, n}$).

Алгоритм указанного метода можно представить так:

Шаг 1. формирование суммы - $S_0 = p_0$;

Шаг 2. выборка равномерно распределенного на отрезке $[0, 1]$ случайного числа ξ ;

Шаг 3. сравнение ξ со значением текущей суммы S_k . Если $\xi < S_k$, то производится фиксация $\xi = k$ и осуществляется выход из подпрограммы. В противном случае производится формирование очередной суммы $S_{k+1} = S_k + p_{k+1}$ и переход к выполнению шага 2. Так как $\xi \leq 1$ и $\sum_{k=0}^n p_k = 1$, то во всех случаях процесс должен закончиться фиксацией некоторого значения x и выходом из подпрограммы.

Подпрограмма представляет собой последовательность номеров ячеек, которые содержат в себе параметры и номера ячейки для передачи управления на некоторый ее вход. Для того чтобы использовать подпрограмму, необходимо отправить требуемые значения параметров в отведенные для них ячейки, информацию о передаче управления после завершения операции выбора и номера

ячеек.

Следующая функция предназначена для получения случайных чисел. Они используются при моделировании случайной величины процесса, что используется в целях решения многих экономических задач. Кроме вспомогательных и случайных элементов, она даёт возможность конструирования произвольного количества чисел или случайных процессов с помощью моделирования достаточно обширного перечня задач.

В данной статье мы рассмотрим алгоритм, благодаря которому можно получить псевдослучайные числа, распределенные в соответствии с произвольной плотностью вероятностей, которая может быть определена на основе статистических данных [68].

Для функции $f(x)$ как плотности некоторого распределения справедливо соотношение $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1$, поэтому она должна быть или сосредоточенной на конечном промежутке, или асимптотически приближаться к горизонтальной оси для достаточно больших и достаточно малых значений x .

С большей или меньшей погрешностью можно указать такой прямоугольник с вершинами $(a, 0)$, (a, c) , (b, c) , $(b, 0)$, что вся кривая плотности распределения $f(x)$, за исключением, может быть, отбрасываемых близких к горизонтальной оси асимптотических участков, будет заключена внутри этого прямоугольника.

Тогда алгоритм получения случайных чисел может быть представлен в следующей форме:

Шаг 1. Находятся два случайных числа α_1 и α_2 , каждое из которых распределено на отрезке $[0,1]$;

Шаг 2. Найденные случайные числа преобразуются в координаты случайной точки, равномерно распределенной в прямоугольнике с вершинами $(a, 0)$, (a, c) , (b, c) , $(b, 0)$, т. е. $\beta_1 = a + \alpha_1(b - a)$; $\beta_2 = \alpha_2 c$;

Шаг 3. Проверяется положение полученной случайной точки относительно графика функции $f(x)$; если точка расположена выше кривой, т.е. если

где p_i и q_k — такие числа, что $0 \leq p_i \leq 1$; $0 \leq q_k \leq 1$,

$$(i = 0, 1, 2, \dots, k = 0, 1, 2, \dots); \sum_{k=0}^{\infty} p_i = 1 \text{ и } \sum_{k=0}^{\infty} q_k = 1.$$

Задача заключается в построении алгоритма нахождения реализации случайной величины $a(t + 1)$ по известной реализации случайной величины $a(t)$.

Обозначим через ξ и η дискретные взаимно независимые случайные величины, вероятностными распределениями которых служат соответственно последовательности $\{p_i\}$ и $\{q_k\}$. Ввести в машину эти последовательности не составляет трудности.

Построим следующую (конечную) полную систему логических высказываний и соответствующих этим высказываниям формул (табл. 4.2):

Таблица 4.2 - Система логических высказываний и формул

Высказывание	Формула
$a(t) < 2$	$a(t + 1) = \xi$
$a(t) = 2$	$a(t + 1) = 1$
$a(t) > 2$	$a(t + 1) = \max\{0, a(t) + \eta - 4\}$

Алгоритм нахождения $a(t + 1)$ чрезвычайно прост. Вначале выбирается то из высказываний, которое при данном значении $a(t)$ является истинным. Затем реализация $a(t + 1)$ находится по формуле, соответствующей выбранному высказыванию. Если при этом в выбранной формуле содержится случайная величина, то с помощью уже известных приемов находится реализация этой случайной величины и подставляется в формулу. Чтобы убедиться в правильности предлагаемого алгоритма и понять соображения, на основании которых построены высказывания и формулы, достаточно подставить все возможные значения случайных величин $a(t)$, ξ и η в формулы и сравнить результат с получаемым с помощью матрицы. Применяя данный логический прием, можно имитировать поведение более сложных объектов, чем цепь Маркова. Данная идея является со-

ставной частью идеи автоматического моделирования сложных систем, в которой используется его использование в более сложных ситуациях [68]. Визуально описанный алгоритм выглядит привлекательно, но при более внимательном рассмотрении становится ясно, что его эффективность не всегда оправдана. В качестве характеристики, которая характеризует эффективность, можно привести отношение части площади прямоугольника, которая расположена под кривой, к всей его площади. Из-за того, что такое отношение очень мало, большая часть машинного времени используется для получения случайных точек, которые лежат под кривой и отбрасываются в процессе вычислений. Это следует из того, собственно, что для равномерного распределения данный метод является наиболее эффективным, а для экспоненциального – наименее. Применяя данный метод на практике, стоит стремиться к тому чтобы значение данного показателя превышало 0,3. В определенных ситуациях он может быть использован, даже если это отношение меньше 0,1.

Таким образом, получена имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения, позволяющая существенно повысить точность прогнозируемого поведения системы для стохастических матриц бесконечной размерности за счет использования матрицы вероятностей перехода и системы логических высказываний и формул при генерации случайных чисел любого закона распределения.

4.2. Вариант синтеза организационной системы ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения

Рассмотрим пример практического использования разработанных моделей и алгоритмов для задачи производства задвижек шибберных газопроводов высокого давления на АО КБХА (г. Воронеж). Предприятие изначально занимается

разработкой и производством двигателей для космических аппаратов. Имеющиеся компетенции и технологии позволяют выполнять такие технологические операции как:

- производство корпусов задвижек в литейном цехе;
- комплектование их запорной арматурой;
- покраской;
- всеми видами контроля т.д.

Однако, для выхода на серию необходимо провести ряд модернизаций, переобучения специалистов, закупки необходимого оборудования и т.д. Рассмотрим технологический процесс окраски готовых изделий перед отправкой заказчику.

В ходе анализа установлено, что имеющиеся на предприятии технологии не позволяют в полной мере осуществлять покраску задвижек с требуемыми характеристиками качества, т.к. покрасочно-сушильные камеры рассчитаны на двигатели, имеющие большие габариты, а это не позволяет обеспечить заданные режимы температуры и влажности при проведении работ. Кроме этого, режимы покраски – ручные, а это существенно удорожает готовые изделия, что снижает потенциальные конкурентные возможности предприятия. Поэтому, на основании моделей и алгоритмов, разработанных в диссертации предложены следующие проектные решения:

- процесс покраски перевести в автоматизированный режим;
- управление портфелем заказов выполнять на основе информационной поддержки процессов принятия решений, обеспечивающих реализацию продукции в срок и с заданным качеством.

Рассмотрим последовательно решение указанных задач.

Структурная схема предлагаемой системы управления режимами сушки и окраски изделий представлена на рис. 4.1.

Оборудование, требуемое для данной технологической операции, включает имеющиеся мощности и среднюю модернизацию участка покраски сушки

дополнительной камерой, при этом сокращается персонал, т.к. процесс покраски становится автоматизированным.

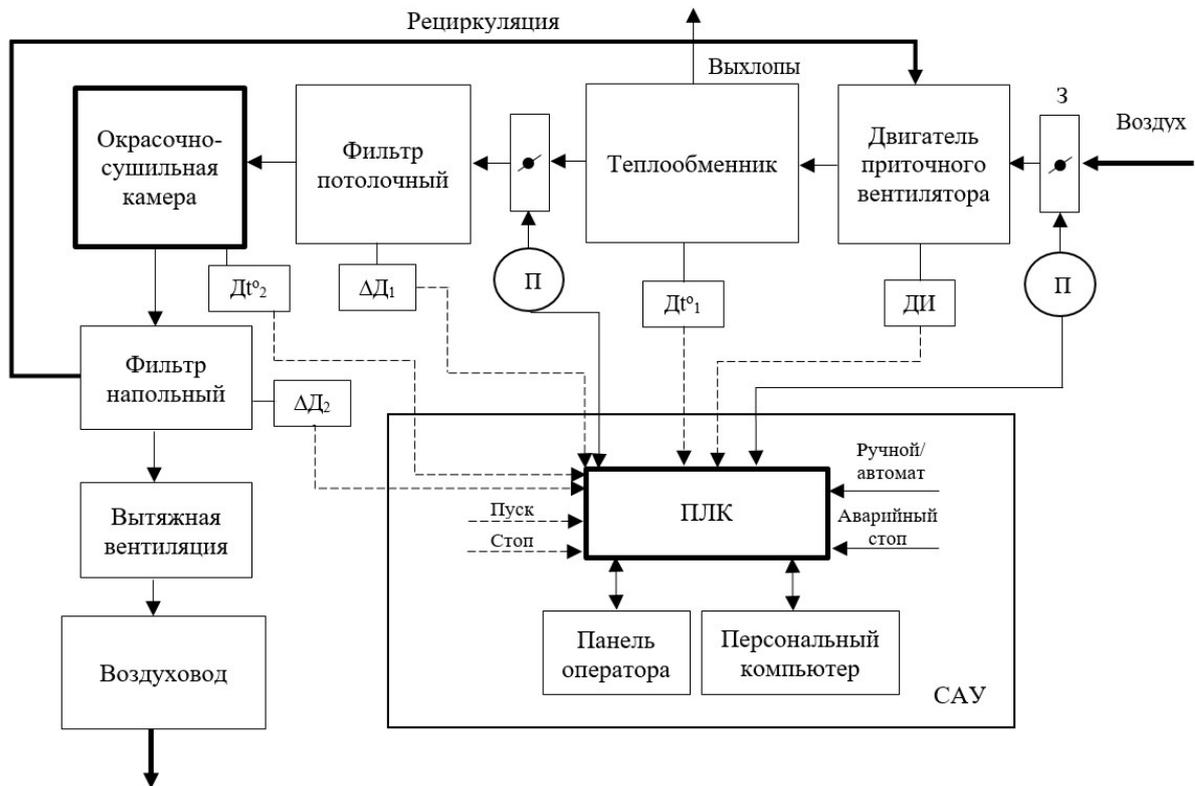


Рис. 4.1. Структурная схема режима сушки для покраски задвижки шиберной газопровода высокого давления на участке покраски АО КБХА

Программное обеспечение TRACE MODE 6 было использовано при создании программируемого логического контроллера. Программное обеспечение фирмы Овен «Конфигуратор СП200» было использовано для работы панели оператора.

Использование визуализации на экране оператора позволяет отображать информацию о ходе технологического процесса. Оборудование, предназначенное для визуализации, используется для осуществления мониторинга и отслеживания. Оно также может использоваться для выполнения более сложных операций, таких как выключение и включение объектов управления или увеличение скорости производства, в зависимости от того, как оно реализовано.

Экраны визуализации являются эффективным способом оптимизации производственного процесса, при котором происходит оцифровка и централизация данных, доступных для пользователя. Используя экраны визуализации, операторы получают возможность видеть важную информацию в виде графиков, диаграмм и цифровых панелей мониторинга. Они могут управлять сигналами тревоги, а также получать доступ к системам SCADA и MES, используя одну консоль.

До этого момента операторы должны были регулярно посещать датчики, расположенные на уровне земли, для того чтобы сверить прогресс с технологией и зафиксировать это в виде записи на бумаге или доске. Сейчас ПЛК могут передавать информацию в реальном времени прямо на экран визуализации, что позволяет решать проблемы с нехваткой информации или ошибками человека. Кроме того, это устраняет необходимость в устаревшей практике передачи информации через интерфейс машинного обучения, что может сократить количество дорогостоящих проблем, которые могут возникнуть из-за отсутствия информации или человеческого фактора.

Инженеры и операторы все чаще прибегают к высокопроизводительному человеко-машинному интерфейсу, способу конструирования системы визуализации, который способствует быстрому и эффективному взаимодействию. Данный метод проектирования позволяет оператору более эффективно использовать возможности интерфейса и принимать более обоснованные решения, если он будет сосредоточен только на наиболее важных или критических показателях. Высокопроизводительные мнемосхемы имеют простые, чистосердечные индикаторы, которые намеренно очищены от любой ненужной графики и элементов управления. Использование дополнительных элементов дизайна, таких как цвет, размер и расположение, может быть использовано для оптимизации пользовательского опыта. Большое количество возможностей по созданию визуализации различных технологических операций предоставлено в программе TRACE

MODE 6. При рассмотрении нашего случая, как задачи управления важным параметром в системе подогрева воздуха в окрасочно-сушильной камере, главный экран оператора представлен на рис. 4.2.

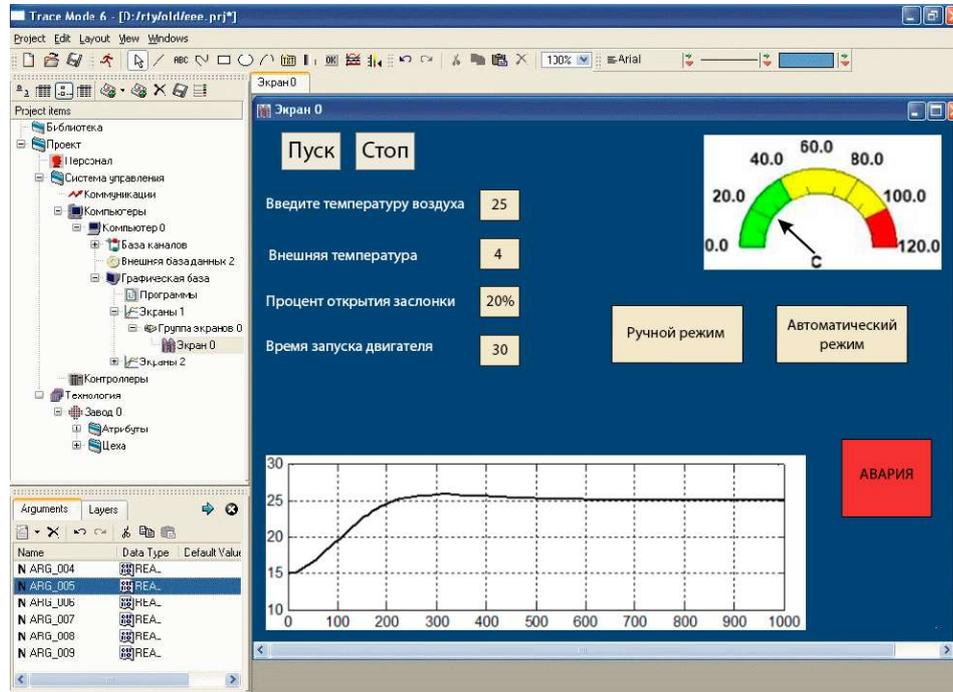


Рис. 4.2. Визуализация системы TRACE MODE 6

Для того, чтобы обеспечить плавное регулирование открывания дроссельной заслонки контроллер должен обеспечивать возможность регулирования уровня ее открытия. Это позволит осуществлять плавное перераспределение воздушного потока по всей камере. Из этого следует, что контроллером необходимо производить корректировку процента открывания заслонки в соответствии с расхождением между установленной установкой температуры в камере и температурой, которая была измерена датчиком, находящимся рядом.

Теперь остановимся на информационной поддержке разработанных в диссертации решений. Информационная система для управления портфелем заказов двойного назначения предприятием ВПК может строиться на основе конфигура- тора 1С.ERP, т.к. он в полной мере отвечает всем требованиям, описанным ранее. Учитывая, что в работе имеются результаты, основанные на базе имитационных

и автоматных моделях, Марковских процессах целесообразно использование системы имитационного моделирования GPSS World (студенческая версия).

Структура информационной поддержки в системе управления процессом управления портфелем заказов двойного назначения в рамках организационных систем ВПК представлена на рис. 4.3.

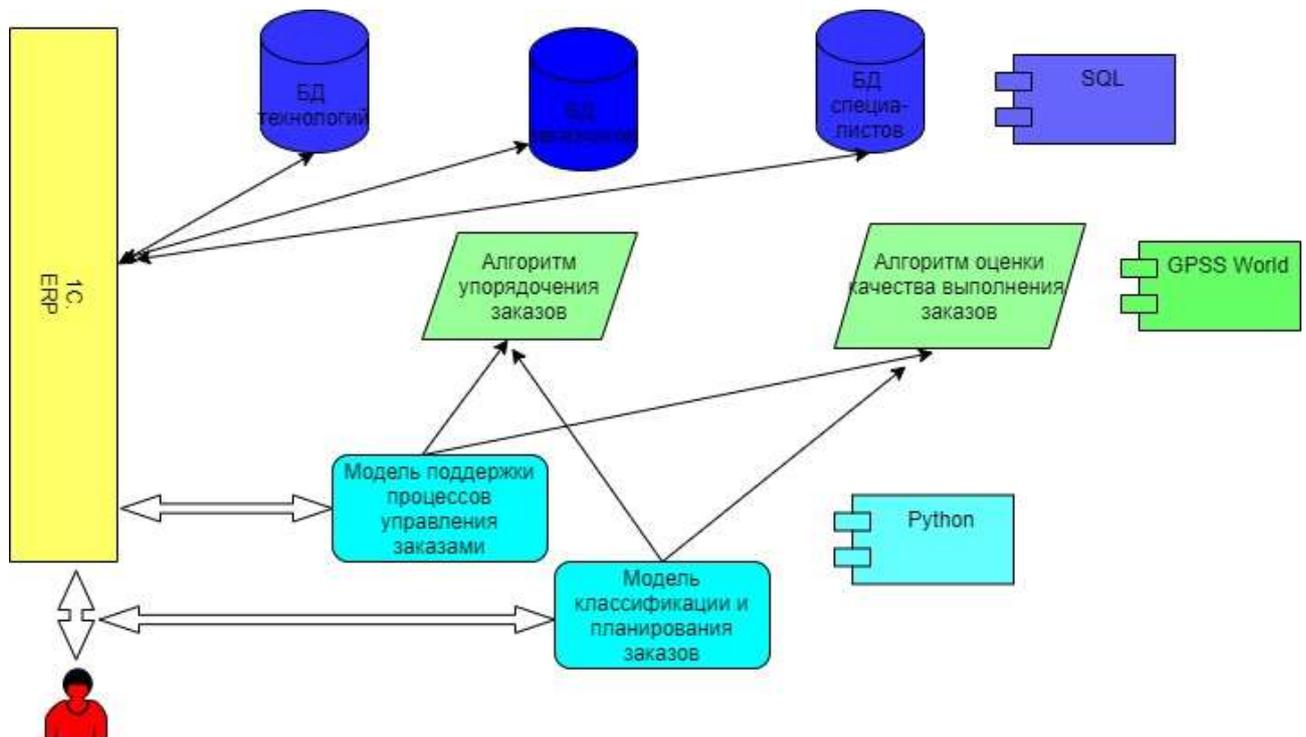


Рис. 4.3. Структура информационной поддержки процессом управления портфелем заказов двойного назначения

Для интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц предприятия, занимающихся управлением портфеля заказов двойного назначения создаются персональные приложения, обеспечивающие возможность получения информации в соответствии с должностными и функциональными потребностями.

Системы управления базами данных содержащих сведения о технологиях, заказчиках и специалистах сформированы на базе отечественной СУБД PostgreSQL.

Информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК синтезирована на базе IDL PyCharm и написана на языке программирования Python с использованием прикладных библиотек. Данные расчетов поступают на АРМ соответствующих ЛПП и обеспечивают решение задачи управления автоматизированным производством с учетом имеющихся компетенций, типа агентов и области компромисса по требованиям заказчика. Обмен информацией осуществляется на основе конфигуратора 1С>ERP.

Модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК синтезирована на базе IDL PyCharm и написана на языке программирования Python с использованием прикладных библиотек. Для решения задач вероятностной классификации применялись технологии кластеризации с использованием алгоритма DB Scan.

Алгоритмы розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов и оценки качества его управления в организационной системе ВПК построена на базе системы имитационного моделирования GPSS World (студенческая версия), что вполне достаточно для решения задач диссертационного исследования, но потребует покупки профессиональной версии в случае внедрения на производство. Как альтернатива, могут быть использованы ансамблевые методы, а именно стекинг, что довольно хорошо сочетается с задачей получения вектора коррекции для базовых моделей и метамоделей.

Имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК построен на базе системы имитационного моделирования GPSS World (студенческая версия), однако целесообразно применить те же подходы, что и в предыдущем случае, только в качестве ансамбля моделей использовать бэггинг.

На рис. 4.4 представлен фрагмент интерфейса процессом формирования заказа по ресурсам для изменённого конфигуратора 1С.ERP.

Номенклатура, Характеристика	Е...	К заказу	Остаток	Минимальный запас	Максимальный запас	Метод обеспечения
Блок ПД173.173.200.00, Без управления	шт	<input checked="" type="checkbox"/> 22,000	0,000	7,000	22,000	Поддержание запаса (min-max)
Блок ПД173.173.200.00, С дистанционным управлением	шт	<input checked="" type="checkbox"/> 22,000	0,000	7,000	22,000	Поддержание запаса (min-max)
Блок ПД173.173.201.00, С дистанционным управлением	шт	<input type="checkbox"/> 0,000	5,000	1,000	1,000	Поддержание запаса (min-max)
Блок ПД173.173.203.00, С дистанционным управлением	шт	<input type="checkbox"/> 0,000	140,000	7,000	7,000	Поддержание запаса (расчет по
Блок ПД173.173.200.00, С ручным управлением	шт	<input checked="" type="checkbox"/> 22,000	0,000	7,000	22,000	Поддержание запаса (min-max)
Блок ПД173.173.201.00, С ручным управлением	шт	<input type="checkbox"/> 0,000	5,000	1,000	1,000	Поддержание запаса (min-max)
Блок ПД173.173.203.00, С ручным управлением	шт	<input type="checkbox"/> 0,000	131,000	7,000	7,000	Поддержание запаса (min-max)

Рис.4.4. Фрагмент интерфейса процессом формирования заказа по ресурсам для изменённого конфигуратора 1С.ERP

4.3 Оценка эффективности

Внедрение нового оборудования снижает время сушки изделий, экономит энергоресурс, понижает вероятности аварийных ситуации.

При определении объема инвестиций на создание и внедрение системы автоматизации учитываются:

- затраты на приобретение (прямые затраты на материалы) и монтаж комплектующих приборов и средств автоматизации;
- затраты на пуско-наладочные работы;

В ходе расчета сначала определяется категория технической сложности разрабатываемой системы автоматизации. Затем с учетом категории сложности и количества каналов связи формирования входных и выходных сигналов в системе автоматизации находят трудоемкость пуско-наладочных работ ($t_{\text{пн}} = 96$) в человек час.

Общий объем инвестиций на создание и внедрение системы автоматизации ($K_{\text{доп}}$) определяется суммированием всех позиций табл. 4.3.

Таблица 4.3 - Объем инвестиций на создание и внедрение системы автоматизации

Наименование комплектующих элементов	Количество элементов в системе	Затраты, р.	
		Прямые затраты на материалы, р.	Затраты на монтаж/установку р.
1. Прямые затраты на материалы и монтаж			
ОВЕН ПЛК154	1	50 000	1339,3
ИП320 панель оператора	1	19000	376,7
СП270 панель оператора	1	19000	376,7
Модуль аналогового ввода MB110-224.8A	1	10000	209,3
Модуль аналогового вывода МУ110	1	12000	251
Модуль дискретного ввода / вывода МК110- 220.2ДН.4Р	1	11000	519
БП60Б блок питания	1	4080	126
ДТС3xxx датчики температуры	2	2400	318
Частотный преобразователь Hyundai N700E-300HF	1	18500	268
Автоматический выключатель	1	80	42
Кнопки управления	7	156	29
Итого:		146 216	3855
Итого по разделу 1:		150 071	
2. Окрасочно-сушильная камера Atis BASIC		400 000	70 000
Итого по разделу 2:		470 000	
3. Программное обеспечение SCADA		40 000	
4. Затраты на пуско-наладочные работы		7383,2	
Всего		667 454,2	

Основательный подход к энергосбережению при окраске непременно включает в себя переход на современное оборудование которое сокращает время технологических операций и уменьшает энергозатраты. В данный момент молярный участок работает в 3 смены по 8 часов, 5 дней в неделю. Таким образом, экономия складывается из двух составляющих: обогрев камеры дизельным топливом, сокращение времени сушки изделий за счёт внедрения нового ЛКМ.

Дополнительным каналом экономии топлива является системы автоматического слежения за уровнем температуры. За правильной подачей горячего воздуха или порядком ввода и отключения нагрева следит ПЛК.

Основным показателем эффективности использования предложенной системы автоматизации является срок окупаемости капитальных вложений. Зная годовую экономию от внедрения нового оборудования и объем инвестиций на создание и внедрение системы автоматизации, срок окупаемости капиталовложений будет равен:

$$T_{\text{ок}} = \frac{3}{9} = \frac{667\,454,2}{992\,198,4} = 0,6 \text{ лет} \approx 7 \text{ мес.}$$

Результаты технико-экономического расчета эффективности автоматизации обобщаются в сводной таблице показателей (табл. 4.5):

Таблица 4.5 – Сводные технико-экономические показатели

Наименование показателей	Значение показателей	
	До автоматизации	После автоматизации
Объем инвестиций на создание системы автоматизации, р.	-	667 454,2
Время сушки 1 партии изделий, ч.	11	4
Затраты на энергоресурсы, руб/год.	8 928 000	7 935 801,6
Срок окупаемости инвестиций, год.	-	0,6

Таким образом, реализация заказа на производство задвижек шиберных на АО КБХА на основе интеллектуализации процессов принятия решений при управлении организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения позволила снизить риски невыполнения заказов в срок и с надлежащим качеством на 23%.

4.4. Выводы

1. Получена имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на вы-

пуск продукции двойного назначения, позволяющая существенно повысить точность прогнозируемого поведения системы для стохастических матриц бесконечной размерности за счет использования матрицы вероятностей перехода и системы логических высказываний и формул при генерации случайных чисел любого закона распределения.

2. Определены требования к организации информационного обеспечения управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения. Для информационной платформы при построении информационной модели поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК определена система 1С.ERP, модель классификации и планирования портфелей заказов проводилась на платформе Google Colab на основе кластеризации с использованием алгоритма кластеризации DB Scan.

Алгоритм формирования оптимального портфеля заказов в организационной системе ВПК построен на основе модели регрессии в IDE PyCharm. Программные модули управления реализуются на языке Python с соответствующими библиотеками, базы данных синтезированы в СУБД PostgreSQL. Оценка эффективности результатов диссертационных исследований проводилась в виде имитационного вычислительного эксперимента и установлено, что реализация заказа на производство задвижек шиберных на АО КБХА на основе интеллектуализации процессов принятия решений при управлении организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения позволила снизить риски невыполнения заказов в срок и с надлежащим качеством на 23%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты, полученные в диссертационной работе, состоят в следующем:

1. В ходе анализа современных подходов к повышению эффективности управления в организационных системах ВПК при переходе на выпуск продукции двойного назначения установлено следующее:

- В иерархических организационных системах, к которым относятся предприятия ВПК, существующие модели планирования и управления неэффективны, т.к. существует противоречие между задачами центров и агентов и найти области компромисса по их целевым функциям крайне сложно.

- Процессы планирования при формировании портфеля заказов сталкиваются с проблемой манипулирования информацией со стороны агентов при слабой заинтересованности центров.

- Для реализации инноваций предприятиям ВПК необходимо участвовать в федеральных грантах, однако их заинтересованность в подобных проектах крайне мала.

2. Получена информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, позволяющая существенно повысить вероятность выполнения производственной программы в срок за счет использования вероятностно-автоматного моделирования и агрегирования.

3. Разработана модель классификации и планирования портфелей заказов в организационных системах ВПК, позволяющая снизить риск манипулирования информацией структурными единицами за счет предварительной кластеризации продукции и использования моделей определенно-вероятностного планирования.

4. Синтезирован алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов в организационной системе

ВПК, позволяющий получить оптимальный вариант портфеля заказов за минимальное число шагов за счет использования параметризации нескольких правил предпочтения, при имитационном моделировании производства с учетом имеющихся компетенций и технологий.

5. Разработан алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК, позволяющий выбирать наименее рискованные по критерию Сэвиджа корректирующие действия для должностных лиц, обеспечивающие безусловное выполнение плана за счет использования методов численной таксономии.

6. Получена имитационная модель информационного обеспечения процессов управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения, позволяющая существенно повысить точность прогнозируемого поведения системы для стохастических матриц бесконечной размерности за счет использования матрицы вероятностей перехода и системы логических высказываний и формул при генерации случайных чисел любого закона распределения.

7. Определены требования к организации информационного обеспечения управления организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения. Для информационной платформы при построении информационной модели поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК определена система 1С Университет, модель классификации и планирования портфелей заказов проводилась на платформе Google Colab на основе кластеризации с использованием алгоритма кластеризации DBScan.

8. Алгоритм формирования оптимального портфеля заказов в организационной системе ВПК построен на основе модели регрессии в IDE PyCharm. Программные модули управления реализуются на языке Python с соответствующими библиотеками, базы данных синтезированы в СУБД PostgreSQL. Оценка эффективности результатов диссертационных исследований проводилась в виде

имитационного вычислительного эксперимента и установлено, что реализация заказа на производство задвижек шибберных на АО КБХА на основе интеллектуализации процессов принятия решений при управлении организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения позволила снизить риски невыполнения заказов в срок и с надлежащим качеством на 23%.

9. Разработанные алгоритмы и модели управления процессами выполнения заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, обеспечивающих выпуск продукции в установленные сроки и требуемого качества за счет интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц целесообразно использовать для оборонных концернов при определении потенциальных партнеров и номенклатуры продукции. Исследования целесообразно продолжить используя ансамблевые методы, а именно стекинг в задачах алгоритмизации розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения портфеля заказов и оценки качества его управления в организационной системе ВПК, т.к. это позволит повысить точность результатов исследования за счет получения вектора коррекции базовых моделей и метамоделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов, М. В. Управление жизненными циклами организационно-технических систем / М. В. Белов, Д. А. Новиков. – Москва : Ленанд, 2020. – 384 с.
2. Баркалов, С.А. Моделирование инновационного развития фирмы / С. А. Баркалов, И. В. Буркова, П. Н. Курочка, Е. А. Серебрякова // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 2(18). – С. 49-64.
3. Баркалов С.А. Информационное обеспечение определения Парето оптимального решения динамических задач календарного планирования. /Баркалов С.А., Белоусов А.В.// Проектное управление в строительстве. Научный журнал. №1 (28). 2023. – С.102-109.
4. Баркалов, С. А. Исследование систем управления : Учебно-методический комплекс / С. А. Баркалов, П. В. Михин, О. С. Первалова. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2022. – 232 с.
5. Баркалов, С. А. Математические методы обработки групповой экспертизы / С. А. Баркалов, В. П. Морозов, С. И. Моисеев // Математические методы и информационные технологии в моделировании систем : Материалы VI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Воронеж, 11 мая 2022 года. – Воронеж: ООО "Издательство "Научная книга", 2022. – С. 61-67.
6. Баркалов, С.А. Моделирование системы оценки компетенций в управлении профессорско-преподавательским составом вуза / С.А. Баркалов, В.Е. Белоусов, Н.Ю. Калинина, Т.В. Насонова. М.А. Фомина, А.В. Лексашов // XXI Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2018). - Сборник докладов в 2-х томах. - Санкт-Петербург. - СПбГЭТУ «ЛЭТИ». - SCM`2018. - 23-25 мая 2018 г. - Т1. - С. 355 – 358.

7. Баркалов, С. А. Модели и механизмы стимулирования / С. А. Баркалов, П. Н. Курочка // Проектное управление в строительстве. – 2022. – № 1(26). – С. 6-34.
8. Баркалов, С. А. Моделирование процесса принятия решений на основе марковских случайных процессов / С. А. Баркалов, В. П. Морозов, С. И. Моисеев // Математические методы и информационные технологии в моделировании систем : Материалы V Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Воронеж, 29 апреля 2021 года. – Воронеж: Издательство "Научная книга", 2021. – С. 52-59.
9. Белоусов, В.Е. Алгоритм для оперативного определения состояний объектов в многоуровневых технических системах / В.Е. Белоусов, С.А. Кончаков // Экономика и менеджмент систем управления. Изд-во «Научная книга». - № 3.2. (17). - 2015. - С. 227-232.
10. Белоусов, В. Е. Моделирование процессов информационного обеспечения при принятии решений / В. Е. Белоусов, Д. В. Дорофеев, А. М. Котенко // Междисциплинарные исследования экономических систем : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 27 мая 2021 года / Под редакцией А.Н. Бородулина. – Тверь: Тверской государственный технический университет, 2022. – С. 29-35.
11. Белоусов В.Е. Алгоритм идентификации состояний многоуровневой технической системы с использованием расплывчатых категорий модели представления знаний [Текст]/ Белоусов В.Е., Абросимов И.П., Губина О.В.// Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. № 3. 2017. - С. 124-129.
12. Белоусов, В. Е. Алгоритмы формирования и планирования процесса реализации портфеля взаимосвязанных проектов / В. Е. Белоусов, В. П. Морозов, И. С. Никитин // Математические модели современных экономических процессов, методы анализа и синтеза экономических механизмов. Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций в России : Сборник статей XIII

Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 18–20 мая 2020 года / Гл. редактор Д. А. Новиков. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2020.

13. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем. – М.: Наука, 1981.
14. Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К. и др. Большие системы: моделирование организационных механизмов. М.: Наука, 1989. - 245 с.
15. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999. – 128 с.
16. Бурков, В.Н. Механизмы функционирования организационных систем /В.Н. Бурков, В.В. Кондратьев // М.: Наука. - 1981.- 301 с.
17. Бессмертный, И. А. Интеллектуальные системы / И. А. Бессмертный, А. Б. Нугуманова, А. В. Платонов// Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 243 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01042-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт.
18. Болотова, Л. С. Системы поддержки принятия решений в 2 ч. Часть 1. Л.С. Болотова; ответственные редакторы В. Н. Волкова, Э.С. Болотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 257 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8250-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт.
19. Болотова, Л. С. Системы поддержки принятия решений в 2 ч. Часть 2 Л. С. Болотова ; ответственные редакторы В. Н. Волкова, Э. С. Болотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 250 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8251-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт
20. Вентцель, Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. -М.: Высшая школа, 2001. 208 с.
21. Вентцель, Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. -М.: Высшая школа, 2007. 491 с.
22. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. - М.: Высшая школа, 2007. 479 с.

23. Вагнер Г. Основы исследования операций. М.: Мир, 1972. Т. 1 – 3.
24. Воронин Александр Александрович, Губко Михаил Владимирович, Мишин Сергей Петрович, Новиков Дмитрий Александрович. Математические модели организаций: Учебное пособие. — М.: ЛЕНАНД, 2008. — 360 с.
25. Воронов А.А. Исследование операций и управление. М.: Наука, 1970. — 128 с.
26. Воронин А.А., Мишин С.П. Оптимальные иерархические структуры. М.: ИПУ РАН, 2003. — 214 с.
27. Воронина, Валерия Вадимовна Теория и практика машинного обучения : учебное пособие / В. В. Воронина, А. В. Михеев, Н. Г. Ярушкина, К. В. Святов. – Ульяновск : УлГТУ, 2017. – 290 с.
28. Гламаздин Е.С., Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы управления корпоративными программами: информационные системы и математические модели. М.: Спутник+, 2001. — 159 с.
29. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2002. — 156 с.
30. Губко, М.В. Согласование интересов в матричных структурах управления / М.В. Губко, А.П. Караваев // Москва: Автоматика и телемеханика. — 2001. - № 10. - С. 112 – 119.
31. Горелик, А.Л. Методы распознавания /А.Л. Горелик, В.А. Скрипкин// Москва: Высшая школа. — 2004. — 341 с.
32. Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами. М.: Наука, 1976. - 327 с.
33. Дорофеюк, А.А. Классификация динамических объектов в задаче статистического оценивания / А. Л. Чернявский, А. А. Дорофеюк, И. В. Покровская // Труды Института системного анализа Российской академии наук. — 2018. — Т. 68, № 1. — С. 58-62.
34. Дорофеюк, А. А. Интеллектуальные методы экспертно-классифика-

ционного анализа больших массивов слабо формализованных данных / А. А. Дорофеюк, Ю. А. Дорофеюк // Управление развитием крупномасштабных систем MLSLSD'2017 : Материалы Десятой международной конференции: в 2-х томах, Москва, 02–04 октября 2017 года / Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова; Российская академия наук; Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. Том I. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2017. – С. 53-70.

35. Дорофеюк, А. А. Методы построения хорошо интерпретируемых классификаций / А. А. Дорофеюк, Ю. А. Дорофеюк, И. В. Покровская, А. Л. Чернявский // Интеллектуализация обработки информации ИОИ-2016 : тезисы докладов 11-й международной конференции, Москва-Барселона, 10–14 октября 2016 года. – Москва-Барселона: Общество с ограниченной ответственностью "ТОРУС ПРЕСС", 2016. – С. 24-25.

36. Дорофеюк, А. А. Методы интеллектуального анализа данных при исследовании сложных систем управления / Ю. А. Дорофеюк, А. А. Дорофеюк, И. В. Покровская, А. Г. Спиро // Труды Института системного анализа Российской академии наук. – 2016. – Т. 66, № 4. – С. 36-46.

37. Дорофеюк, А. А. Структурно-классификационные методы интеллектуального анализа данных для слабо формализованных систем управления / А. А. Дорофеюк, Ю. А. Дорофеюк, И. В. Покровская, А. Л. Чернявский // Математические методы распознавания образов : тезисы докладов 17-й Всероссийской конференции с международным участием, Светлогорск, 19–25 сентября 2015 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ТОРУС ПРЕСС", 2015. – С. 234-235.

38. Дорофеюк, А. А. Интеллектуальный анализ больших массивов информации на базе алгоритмов стохастической аппроксимации / Ю. А. Дорофеюк, М. Д. Гольдовская, А. А. Дорофеюк, И. В. Покровская // Управление развитием крупномасштабных систем MLSLSD'2015 : Материалы Восьмой международной конференции : В 2 томах , Москва, 29 сентября – 01 2015 года / Институт проблем

управления им. В.А.Трапезникова Российской академии наук; Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. Том II. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2015. – С. 375-377.

39. Дорофеюк, А. А. Рекуррентные алгоритмы структурно-классификационного анализа сложно организованной информации / Е. В. Бауман, Ю. А. Дорофеюк, А. Л. Чернявский, А. А. Дорофеюк // Автоматика и телемеханика. – 2018. – № 10. – С. 143-153.

40. Курочка, П.Н. Распределение ресурсов типа мощности в пространстве с учетом предполагаемых объемов работ / О. Н. Бекирова, Н. Ю. Калинина, П. Н. Курочка, А. М. Ходунов // Системное моделирование социально-экономических процессов : труды 43-ой Международной научной школы- семинара, Воронеж, 13–18 октября 2020 года / Под редакцией В.Г. Гребенникова, И.Н. Щепиной. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2020. – С. 411-416.

41. Курочка, П.Н. Algorithm for building a group incentive system in the implementation of engineering projects / S. A. Barkalov, V. N. Burkov, I. V. Burkova, P. N. Kurochka // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk, 16–18 апреля 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 862. – Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 42036..

42. Курочка, П.Н. Прикладные задачи управления строительными проектами / В. И. Алферов, С. А. Баркалов, В. Н. Бурков [и др.]. – Москва : Ай Пи Эр Медиа, 2021. – 784 с.

43. Кульба, В.В. Методы сценарного планирования в организационном управлении / В. Л. Шульц, В. В. Кульба, А. Б. Шелков // Проблемы управления безопасностью сложных систем : Материалы XXXI международной конференции, Москва, 13 декабря 2023 года. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2023. – С. 32-41.

44. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ / под. ред. И.В. Красикова. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 1296 с.

45. Лимановская, О.В. Основы машинного обучения: учебное пособие / О.В. Лимановская, Т.И. Алферьева; Мин-во науки и высш. образования РФ.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 88 с.
46. Ли Э.Б., Маркус Л. Основы теории оптимального управления. М.: Наука, 1972 – 576 с.
47. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа. М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
48. Лотоцкий В.А. Идентификация структур и параметров систем управления // Измерения. Контроль. Автоматизация. 1991. № 3-4. С.30–38.
49. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования / Ю.П. Лукашин. // - М.: Статистика, 1979. – 121с.
50. Мандель, А. С. Оптимальное управление системами массового обслуживания с переключением каналов обслуживания / А. С. Мандель, В. А. Лаптин // Автоматика и телемеханика. – 2021. – № 10. – С. 110-123.
51. Мандель, А. С. Алгоритмы экспертно-статистической обработки информации в задачах принятия решений / А. С. Мандель // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019: Материалы двенадцатой международной конференции Научное электронное издание, Москва, 01–03 октября 2019 года / Под общей ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2019. – С. 922-924.
52. Мандель, А. С. Модели управляемых систем массового обслуживания для близоруких стратегий переключения каналов / А. С. Мандель, К. Н. Бакулин // Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2017): Материалы Двдцатой международной научной конференции, Москва, 25–29 сентября 2017 года / под общ. ред. В.М. Вишневого. – Москва: Рекламно-издательский центр "ТЕХНОСФЕРА", 2017. – С. 534-542.
53. Мандель, А. С. О выборе критериев в задачах управления запасами в условиях неопределенности / А. С. Мандель // XII всероссийское совещание по

проблемам управления ВСПУ-2014, Москва, 16–19 июля 2014 года / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 4212-4218.

54. Mandel, A. Econometric models of controllable multiple queuing systems / A. Mandel // Communications in Computer and Information Science. – 2016. – Vol. 601. – P. 296-304.

55. Mandel, A. Supply Chain Management Local Model for Unreliable Suppliers / M. A. Vil'ms, A. S. Mandel', I. I. Barladyan, A. B. Tokmakova // Automation and Remote Control. – 2018. – Vol. 79, No. 11. – P. 2090-2101.

56. Mandel, A. Optimization of Inventory Management Process / A. Mandel, S. Granin // 8th International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences, LISS 2018 - Proceeding: 8, Toronto, ON, 03–06 августа 2018 года. – Toronto, ON, 2018. – P. 8593254.

57. Новиков, Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. М.: Фонд «Проблемы управления», 1999. -161 с.

58. Новиков, Д.А. Сетевые структуры и организационные системы. М.: ИПУ РАН, 2003. – 102.

59. Новиков Д.А., Смирнов И.М., Шохина Т.Е. Механизмы управления динамическими активными системами. М.: ИПУ РАН, 2002. – 124 с.

60. Новиков, Д.А. Механизмы гибкого планирования в активных системах с неопределенностью / Д.А. Новиков. //- Автоматика и телемеханика, - 1997. - С. 188-125.

61. Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. М.: СИНТЕГ, 1999. – 108 с.

62. Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы стимулирования в многоэлементных организационных системах. М.: Апрстроф, 2005. – 584 с.

63. Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами. М.: Московский психолого-социальный университет, 2005. – 68 с.

64. Новиков Д.А., Петраков С.Н., Федченко К.А. Децентрализация механизмов планирования в активных системах // Автоматика и Телемеханика. 2000. № 6. С. 120 – 126.
65. Новиков, Д.А. Сетевые структуры и организационные системы. М.: ИПУ РАН, 2003. – 102.
66. Новиков Д.А., Смирнов И.М., Шохина Т.Е. Механизмы управления динамическими активными системами. М.: ИПУ РАН, 2002. – 124 с.
67. Нижегородов, К.С. Информационная модель поддержки процессов управления производственными потоками автоматизированного производства. [Текст] /С.А. Баркалов, В.Е. Белоусов, Д.В. Дорофеев, К.С. Нижегородов, Е.А. Серебрякова// Вестник Южно-Уральского государственного университета. серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. Том 23, № 4 (2023) - С. - 47-57.
68. Нижегородов, К.С. Алгоритмы формирования последовательности псевдослучайных чисел в натурном эксперименте при имитации процессов функционирования сложных информационных систем. [Текст] / Баркалов С.А., Нижегородов К.С., Серебрякова Е.А.// Вестник Южно-Уральского государственного университета. серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. Том 24, № 1 (2024) - С. – 52-62.
69. Нижегородов, К.С. Модель интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в сфере Интернет-маркетинга. [Текст] /Мовсисян Л.К., Кузнецова К.А., Нижегородов К.С.// Вестник Воронежского института ФСИИ России. 2024 г., №1 – С. 53-60.
70. Нижегородов, К.С. Dichotomizing Decomposition Of Criteria For Evaluation Of Complex Organizational And Technical Systems. [Текст]// Barkalov S.A., Nizhegorodov K.S., Polovinkina A.I., Belousov V.E. В сборнике: proceedings - 2020 2nd international conference on control systems, mathematical modeling, automation and energy efficiency, (summa 2020). 2. 2020. С. - 333-336.
71. Нижегородов, К.С. Основные подходы к моделированию процессов

минимизации очередей транзактов в организационных системах массового обслуживания. [Текст] /И.Г. Иванова, Е.А. Серебрякова, К.С. Нижегородов // Проектное управление в строительстве. Выпуск № 2 (29), 2023. С. – 102-109.

72. Нижегородов, К.С. Механизмы стохастического определенно-вероятностного планирования строительного производства. [Текст] /Белоусов В.Е., Нижегородов К.С., Ходунов А.М.// Проектное управление в строительстве. 2020. № 2 (19). С. - 75-84.

73. Нижегородов, К.С. Алгоритмы получения упорядоченных правил предпочтения в задачах принятия решений при планировании производственных программ. [Текст] /Белоусов В.Е., Нижегородов К.С., Соха И.С.// Управление строительством. 2019. № 1 (14). - С. - 105-110.

74. Нижегородов, К.С. Ресурсно-временной анализ в задачах календарного планирования строительных предприятий. [Электронный]/ Белоусов В.Е., Баркалов С.А., Нижегородов К.С.// В сборнике: управление большими системами. материалы XVI всероссийской школы-конференции молодых учёных. 2019.- С. -78-83.

75. Нижегородов К.С. Алгоритмы построения обобщенных сетевых моделей. [Текст] /Абросимов И.П., Белоусов В.Е., Нижегородов К.С.// Управление строительством. 2018. № 2 (11). - С. - 36-43.

76. Нижегородов, К.С. Алгоритм построения иерархической системы обобщенных сетевых моделей. [Текст] / Багно О.П., Белоусов В.Е., Нижегородов К.С.// В сборнике: управление большими системами. сборник трудов XV всероссийской школы-конференции молодых ученых. в 2-х томах. под редакцией С.А. Баркалова. 2018. - С. - 193-199.

77. Нижегородов, К.С. Таксономический алгоритм для оценки качества распределенных информационных систем /Абросимов И.П., Белоусов В.Е., Нижегородов К.С.// Управление строительством. 2017. № 1 (9). - С. - 82-86.

78. Нижегородов, К.С. Алгоритм розыгрыша отдельной реализации стохастического графа для упорядочения списка работ в сложных проектах. [Текст]

/ Курочка П.Н., Карчевский О.Ю., Нижегородов К.С.// Управление строительством. 2017. № 1 (9). - С. 93-98.

79. Основы управления качеством продукции. – М.: Издательство стандартов, 1996.

80. Петров В.Н. Информационные системы СПб. Издательство: - Питер, 2002.-688с.

81. Подлипаев Л.Д. Технология внедрения и постоянное улучшение системы менеджмента качества на предприятии. – М.: Гелиос АРВ, 2004 – 408 с.

82. Петраков С.Н. Децентрализация механизмов планирования в активных системах /Новиков Д.А., Петраков С.Н., Федченко К.А. // Автоматика и телемеханика, Москва. Номер: 6 Год: 2000 – С.143-155.

83. Петров В.Н. Информационные системы СПб. Издательство: - Питер, 2002.-688с.

84. Подлипаев Л.Д. Технология внедрения и постоянное улучшение системы менеджмента качества на предприятии. – М.: Гелиос АРВ, 2004 – 408 с.

85. Райзберг Б.А. Программно-целевое планирование и управление. Учебник /Б.А. Райзберг.//– М.: ИНФА – М, 2002. – 428 с.

86. Розанов Ю.В. Случайные процессы / Ю.В. Розанов.//– М.: НАУКА, 1971. – 287 с.

87. Розен В.В. Цель - оптимальность – решение (математические модели принятия оптимальных решений) / В.В. Розен.//– М.: Радио и связь, 1982. – 168 с.

88. Розанов Ю.В. Случайные процессы / Ю.В. Розанов.//– М.: НАУКА, 1971. – 287 с.

89. Розен В.В. Цель - оптимальность – решение (математические модели принятия оптимальных решений) / В.В. Розен.//– М.: Радио и связь, 1982. – 168 с.

90. Сай В.М. Формирование организационных структур управления. М.: ВИНТИ, 2002. - 437 с.

91. Санталайнен Т. Управление по результатам. М.: Прогресс, 1988.-320

с.

92. Салимова Т.А., История управления качеством. Учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2005 – 256 с.
93. Сыроежин И. М. Планомерность. Планирование. План. (Теоретические очерки). - м.: Экономика, 1986. - 248 с.
94. Сай В.М. Формирование организационных структур управления. М.: ВИНТИ, 2002. - 437 с.
95. Санталайнен Т. Управление по результатам. М.: Прогресс, 1988.- 320с.
96. Система стандартов эргонометрических требований и эргонометрического обеспечения. Методы обработки экспертных систем //– Постановление Государственного комитета по стандартам № 2098. - 1985.-35с.
97. Угольницкий, Г.А. Моделирование взаимодействия ВУЗа и его индустриального партнёра / А. Н. Газанчян, Г. А. Угольницкий, В. Ю. Калачев // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 6(90). – С. 68-76.
98. Угольницкий, Г.А. Иерархические динамические модели распределения ресурсов на сетях и их приложения / М. Т. Агиева, А. С. Попова, Г. А. Угольницкий // Системы управления и информационные технологии. – 2020. – № 3(81). – С. 27-30.
99. Угольницкий, Г.А. Модели дискретной оптимизации кадрового состава факультета / А. С. Жмуров, Г. А. Угольницкий, М. Х. Мальсагов // Системы управления и информационные технологии. – 2020. – № 3(81). – С. 9-13.
100. Угольницкий, Г.А. Динамические модели управления мнениями на сетях и их приложения / М. Т. Агиева, Н. С. Догаев, Г. А. Угольницкий // Системы управления и информационные технологии. – 2020. – № 4(82). – С. 68-72.
101. Угольницкий, Г.А. Методология и прикладные задачи управления устойчивым развитием активных систем / Г. А. Угольницкий // Проблемы управления. – 2019. – № 2. – С. 19-29. Extractive Summarization using Continuous Vector

Space Models / M. Kageback et al. // Proc. 2nd Workshop on Continuous Vector Space Models and their Compositionality (CVSC)@ EACL, 2024. — P. 31–39.

102. Щепкин, А. В. Применение комплексного механизма при финансировании работ проекта / А. В. Щепкин // Управление развитием крупномасштабных систем mlsd'2020 : ТРУДЫ ТРИНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Москва, 28–30 сентября 2020 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2020. – С. 1971-1976. – DOI 10.25728/mlsd.2020.1971.

103. Щепкин, А. В. Комплексный механизм управления развитием организации / В. Н. Бурков, А. В. Щепкин, К. Е. Амелина [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 79-93.

104. Щепкин, А. В. Механизмы экспертной оценки военно-технологических программ / В. Н. Бурков, Б. Н. Коробец, В. А. Минаев, А. В. Щепкин // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Естественные науки. – 2017. – № 2(71). – С. 105-117. – DOI 10.18698/1812-3368-2017-2-105-117.

105. Щепкин, А. В. Имитационный игровой анализ оценивания технических проектов с участием активных экспертов / Б. Н. Коробец, В. А. Минаев, А. В. Щепкин, А. А. Петраков // Вопросы радиоэлектроники. – 2017. – № 11. – С. 99-105.

106. Цыганов, В. В. Обучение дихотомическому ранжированию и управлению в двухуровневой активной системе с советником / В. В. Цыганов // Математическая теория управления и ее приложения: МТУИП-2022: Материалы 15-ой мультikonференции конференции по проблемам управления, Санкт-Петербург, 04–06 октября 2022 года. – Санкт-Петербург: "Концерн "Центральный научно-исследовательский институт "Электроприбор", 2022. – С. 121-124.

107. Цыганов, В. В. Синтез механизма использования производственного потенциала трехуровневой корпорации / В. В. Цыганов // XIV Всероссийская

мультиконференция по проблемам управления МКПУ-2021: материалы XIV мультиконференции : в 4 т., Дивноморское, Геленджик, 27 сентября – 02 2021 года. Том 2. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2021. – С. 187-189.

108. Цыганов, В. В. Информационно-логическая компонента сценарного моделирования / С. А. Савушкин, В. А. Бородин, В. В. Цыганов // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2021. – № 1(17). – С. 70-76.

109. Цыганов, В. В. Механизмы функционирования активных систем в условиях динамики и неопределенности / В. Д. Кондратьев, В. В. Цыганов, А. В. Щепкин // Теория активных систем - 50 лет : материалы международной научно-практической конференции, Москва, 18–19 ноября 2019 года. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2019. – С. 122-137.

110. A Hierarchical Recurrent Encoder-Decoder for Generative Context-Aware Query Suggestion / A. Sordani et al. // Proc. 24th ACM International on Conference on Information and Knowledge Management, New York, NY, USA: ACM, 2020. — P. 553–562.

111. Show, Attend and Tell: Neural Image Caption Generation with Visual Attention / K. Xu et al. // arXiv, 2019, vol. 2, no. 3. — P. 5.

112. Jordan M.I. [Attractor dynamics and parallelism in a connectionist sequential machine]. *The Eighth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 2019, pp. 531-546, (Amherst, MA.)

113. Ballesteros M., Dyer C., Smith N. A. Improved Transition-based Parsing by Modeling Characters instead of Words with LSTMs // Proc. EMNLP 2015, Lisbon, Portugal: ACL, 2015. — P. 349–359.

114. Baroni M., Zamparelli R. Nouns Are Vectors, Adjectives Are Matrices: Representing Adjective-noun Constructions in Semantic Space // Proc. EMNLP 2010, Stroudsburg, PA, USA: ACL, 2020. — P. 1183–1193.

115. Hierarchical Neural Language Models for Joint Representation of Streaming Documents and Their Content / N. Djuric et al. // Proc. 24th WWW, New York, NY, USA: ACM, 2015. — P. 248–255.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,
кандидат техн. наук, доцент

Колосов А.И.

«01» апреля 2024 г.

А К Т

Настоящим подтверждаем, что результаты диссертации **Нижегородова Кирилла Сергеевича «Интеллектуализация процессов принятия решений при управлении организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.4. Управление в организационных системах, а именно:

- Информационная модель поддержки процессов управления портфелями заказов двойного назначения в организационных системах ВПК, позволяющая существенно повысить вероятность выполнения производственной программы в срок за счет использования вероятностно-автоматного моделирования и агрегирования, внедрена практическую подготовку при проведении производственной практики при междисциплинарной подготовки в виде регламента для определения номенклатуры продукции двойного назначения для ПАО «ГАЗПРОМ», что позволило более подробно раскрыть закрепленные за дисциплиной профессиональные компетенции, а также повысить успеваемость студентов, изучающих данный материал.

Декан факультета ЭМиИТ

д.т.н., профессор

С.А. Баркалов

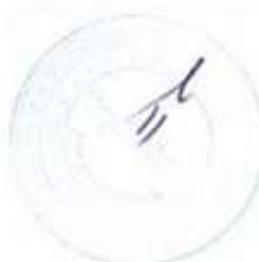
СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

Настоящим подтверждаю, что результаты диссертационного исследования **Нижегорова Кирилла Сергеевича «Интеллектуализация процессов принятия решений при управлении организационными системами ВПК в условиях перехода на выпуск продукции двойного назначения»**, а именно:

- Алгоритм для оценки качества управления портфелем заказов двойного назначения в организационной системе ВПК, позволяющий выбирать наименее рискованные по критерию Сэвиджа корректирующие действия для должностных лиц, обеспечивающие безусловное выполнение плана за счет использования методов численной таксономии, внедрены в практическую деятельность компании ООО «Angels IT» при выполнении сложных IT проектов в составе проектных групп сформированных на основе Agile - методологии в виде регламентов для руководителей структурных подразделений при формировании команды проекта.

Уточненные регламенты позволили снизить процент задержек IT проектов на 16%.

Директор ООО «Angels IT»
Попов



Роман Иванович

«1» марта 2024 г.