

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий национальный технический университет»

На правах рукописи

Дмитрюк Татьяна Григорьевна



УДК 004:303.732.4:663.4

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ
ПРЕДПРИЯТИЯ**

Специальность 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации,
статистика (технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Донецк - 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк.

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
ЗОРИ Сергей Анатольевич
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», (г. Донецк), заведующий кафедрой «Программная инженерия» им. Л.П. Фельдмана

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент
ШЕВНИНА Юлия Сергеевна
Институт Системной и программной инженерии и информационных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Москва, г. Зеленоград), профессор

доктор технических наук, профессор
ГАЙДУК Анатолий Романович
Институт радиотехнических систем и управления федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» (г. Таганрог), профессор кафедры «Системы автоматического управления»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта» (г. Донецк)

Защита состоится «12» марта 2026 года в 12:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.491.03 при ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» по адресу: 283001, г. Донецк, ул. Артёма, 58, I учебный корпус, аудитория 1.203.

Тел. факс: +7(856) 301-07-69, e-mail: donntu.info@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «ДонНТУ» по адресу: 283001, г. Донецк, ул. Артёма, 58, II учебный корпус и на сайте <http://donntu.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2025 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета 24.2.491.03
доктор технических наук, профессор

А. О. Новиков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Производственно-хозяйственная деятельность предприятий третьего уровня производственной иерархии характеризуется случайным характером заказов на производимую продукцию, влияющим на объёмы её выпуска и реализации. Случайные колебания определяются сезонным и социальным изменениями спроса и, соответственно, покупательной способности населения. Удалённость потребителей продукции и существующие условия транспортировки также определяют возникновение флуктуаций в логистической деятельности предприятия при реализации продукции. Все это приводит к дефициту оборотных средств и значительным объёмам нереализованной продукции, зачастую превышающие срок её годности. Кроме того, отсутствие системы оптимального планирования логистических операций приводит к значительным нарушениям экономического взаимодействия между производителем и потребителем, низким показателям, характеризующим сбыт готовой продукции.

Одним из главных и эффективных путей решения указанных проблем является применение методов системного анализа, включающих комплекс математического и алгоритмического инструментария принятия решений в сфере планирования и управления производственной и логистической деятельностью предприятия.

В этой связи тема работы является актуальной, имеющей отраслевое значение.

Степень разработанности темы исследования. Основные положения теории системного анализа изложены в работах Н. Д. Панкратовой и В. М. Томашевского. Большой вклад в постановку и формализацию задачи оптимального управления внёс А. А. Фельдбаум. Основные идеи параметрической идентификации математических моделей сформулированы в работах П. Эйкхоффа. Статистические принципы и концепции прогнозирования временных рядов с практической реализацией на языке R, охватывающие области анализа данных и финансового прогнозирования, рассмотрены в работах Джеймса Г., Уиттона Д., Хасты Т., Тибширани Р., Хайндмана Р. и Атанасопулоса Дж. Вместе с тем, до сих пор не разработан достаточно эффективный и универсальный математический инструментарий на основе статических статистических моделей прогноза и планирования для управления производственно-логистической деятельностью предприятия третьего уровня производственной иерархии, позволяющий учитывать случайный характер поступления заказов на производство и сбыт продукции.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена в соответствии с тематическими планами ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» и является частью исследований, в которых автор принимала участие как исполнитель: НИР Н-2020-14 «Усовершенствование средств инженерии программного обеспечения для актуальных классов IT-приложений», НИР Н-2022-15 «Модели, методы,

алгоритмы, технологии и инструментальные средства создания программных и интеллектуальных систем».

Цели и задачи исследования. Целью исследования является повышение эффективности управления производственно-логистической деятельностью торгово-промышленного предприятия на основании разработки моделей и алгоритмов управления и принятия оптимальных решений.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи.

1. Выполнить системный анализ технико-экономических характеристик производственно-логистической деятельности предприятия третьего уровня производственной иерархии, осуществить их классификацию и формализацию показателей, проанализировать закономерности их изменений и взаимосвязи.

2. Разработать и исследовать статические статистические модели прогноза показателей производственных и логистических процессов и доходов торгово-промышленного предприятия, провести идентификацию параметров моделей и проверку их адекватности по обучающей выборке.

3. Осуществить физическую постановку и оценку эффективности решения задач системного анализа, обеспечивающих оптимальное управление производством и логистическими операциями предприятия, формализовать целевые функции управления.

4. Разработать и исследовать алгоритмы системного анализа, определяющие функционирование системы принятия решений по управлению производственно-логистической деятельностью предприятия.

5. Выполнить экспериментальное исследование алгоритмов принятия решений для подтверждения их адекватности и эффективности по контрольной выборке, полученной в результате испытаний.

Объект исследования. Процесс принятия оптимальных решений в управлении производственными и логистическими операциями на предприятиях третьего уровня производственной иерархии.

Предмет исследования. Методы системного анализа, модели и алгоритмы принятия оптимальных решений по управлению производственной и логистической деятельностью предприятия.

Научная новизна полученных результатов.

1. Впервые разработаны статические статистические модели для планирования производственной и сбытовой деятельности, а также доходов торгово-промышленного предприятия, которые, в отличие от существующих моделей, описывают связь между различными показателями технико-экономической деятельности предприятия третьего уровня производственной иерархии. Особенности формирования предварительных заказов объёмов производства продукции по видам и её фасовки по видам тары, а также логистики доставки произведенной продукции конечным потребителям по согласованным маршрутам, отраженные в работе, позволяют учитывать случайный характер процессов изготовления и сбыта продукции предприятия.

2. Получили дальнейшее развитие методы обработки информации в функциональных задачах принятия решений на основе выполненного системного анализа, а именно, выполнена физическая и формальная постановка оптимизационных задач управления, разработаны алгоритмы поиска решений в задачах управления, реализация которых предусматривает учёт отраслевого баланса производства и распределения готовой продукции предприятия третьего уровня производственной иерархии. Показано, что это позволяет увеличить доходы предприятий за счёт оптимального соотношения заявок дистрибьюторов и рекомендованных возможных решений по доставке потребителям заявленной продукции.

3. Получила дальнейшее развитие методика системного анализа для многоэтапной декомпозиции задач принятия решений в планировании производственно-сбытовой деятельности предприятия, дополненная учётом взаимосвязей производственных показателей с технологическими ограничениями. При этом решения системы управления с идентификатором в контуре управления определяют экономическую эффективность согласования объёмов заказанной и реализованной продукции дистрибьюторами.

Теоретическая значимость работы заключается в методике применения методов системного анализа для разработки комплекса математического и алгоритмического инструментария принятия решений в сфере планирования и управления производственной и логистической деятельностью предприятия третьего уровня производственной иерархии.

Практическая значимость работы.

1. Предложен инструментарий принятия решений на основе статических статистических математических моделей для прогноза производственной деятельности, который реализован в виде системы с идентификатором в контуре управления, что позволяет адаптировать алгоритм системы управления к случайным изменениям численных значений показателей в период их сезонных колебаний.

2. Применение представленных в работе функционалов целей управления и сопутствующих им ограничений показали увеличение доходов предприятия в период опытно-промышленных испытаний на 5%. Предложенная методика многоэтапной декомпозиции задач принятия решений в управлении хозяйственно-экономической деятельностью предприятия позволила сократить ненормативные объёмы запасов предприятия готовой продукции до 7%.

3. Разработанное специальное программное обеспечение систем поддержки принятия решений успешно использовано при опытно-промышленной эксплуатации как проблемно-ориентированная система оптимального управления в решении задач перепланирования, возникающих в непредвиденных обстоятельствах, и может быть адаптировано к условиям предприятий аналогичной структуры.

Практическая ценность работы подтверждается документами о внедрении результатов исследований:

– в производственно-логистическую деятельность ООО «ДПЗ» (Донецкий пивоваренный завод) (акт опытно-промышленной эксплуатации от 22.02.2022 г.);

– в учебный процесс ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» (справка № 30-12/58 от 19.09.2023 г.);

– в научно-исследовательскую деятельность ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» (справка № 0614-431 от 20.09.2023 г.).

Методология и методы исследования. Предлагаемый в работе инструментарий обработки информации основан на принципах и методах системного и структурно-функционального анализов, математического моделирования, статистического анализа, прогнозирования и идентификации. Связи между показателями, характеризующими производство и сбыт продукции, описаны с помощью методов дискретной математики. Формализация задачи оптимального управления выполнена с использованием методов оптимизации и исследования операций. В разработке специального информационного обеспечения системы управления производственно-сбытовой деятельностью предприятия использовались методы структурного синтеза.

Положения, выносимые на защиту.

1. В результате выполненного системного анализа проблемы установлено, что предложенная функциональная структура системы оптимального управления производственно-логистической деятельностью предприятия третьего уровня производственной иерархии представляет собой составную часть технического проекта на создание системы поддержки принятия решений предприятия с дополнениями, отражающими специфику объекта управления, и может быть использована при создании систем управления предприятий аналогичной структуры.

2. Доказано, что представленные таблично и графически численные решения, рекомендуемые разработанной системой управления, и их сопоставление с фактическими показателями деятельности предприятия за плановые периоды, подтверждает адекватность рассматриваемых показателей, разработанного специального математического обеспечения, моделей и алгоритмов, позволяющих осуществлять оптимальное управление планово-экономической деятельностью торгово-промышленного предприятия. Разработанный инструментарий позволяет сократить ежемесячный объём нереализованной продукции на 8,5%, увеличивая при этом оборачиваемость оборотных средств на 270,3 тыс. рублей и доход предприятия на 742,6 тыс. рублей, полностью удовлетворить запросы потребителей с экономическим эффектом, характеризующим доставку грузов, на 283,2 тыс. рублей.

Степень достоверности и апробация результатов.

В работе приведены оценки адекватности прогнозируемых показателей и результатов управления, подтверждённые результатами опытно-промышленных испытаний.

Полученные результаты, положения и выводы отвечают требованиям паспорта специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки), в частности: п.1 «Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»; п.2 «Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»; п.3 «Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»; п.4 «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»; п.5 «Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта»; п.6 «Методы идентификации систем управления на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации»; п.9 «Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов».

Основные положения диссертационной работы апробированы на следующих конференциях: III Международная научно-практическая конференция «Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2020)», г. Донецк, 2020 г.; Донецкий международный научный круглый стол «Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение (ИИ-2020)» в рамках VI Международного научного форума ДНР «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие», г. Донецк, 2020 г.; IV Республиканская с международным участием научно-практическая конференция «Информационное пространство Донбасса: проблемы и перспективы», г. Донецк, 2021 г.; IV Международная научно-практическая конференция «Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2022)», г. Донецк, 2022 г.; Донецкий международный научный круглый стол «Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение (ИИ-2023)» в рамках IX Международного научного форума ДНР «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие», г. Донецк, 2023 г.

Личный вклад автора. Все научные положения и результаты диссертационной работы, вынесенные на защиту, получены автором самостоятельно. Личный вклад автора заключается в формулировании цели и постановке задач системного анализа, выполнении теоретических и экспериментальных исследований, выборе методов математического моделирования, идентификации и синтеза алгоритмов систем оптимального управления производственными и логистическими операциями, разработке

специального математического и алгоритмического обеспечения процессов производства и сбыта продукции, обосновании и внедрении в опытно-промышленную эксплуатацию полученных результатов диссертационного исследования.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 10 научных работах, в том числе: 5 работ – в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных изданий (по специальности 2.3.1.), в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, и 5 научных работ и тезисов докладов в материалах конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация, общим объёмом машинописного текста 236 страниц, состоит из введения, четырёх разделов с выводами, заключения, списка литературы из 106 источников и трёх приложений. Основной текст, изложенный на 230 страницах, иллюстрируется 91 рисунком и содержит 36 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, отражена научная новизна и личный вклад автора, определены теоретическая и практическая значимости полученных результатов, приведена информация об апробации и внедрении результатов исследований.

В первом разделе «Анализ современных реализаций методов системного анализа в создании систем поддержки принятия решений» проведен системный анализ и выполнена классификация существующего математического и программного обеспечения разработок методов формализации производственных и экономических систем. Это позволило выявить существующие постановки задач управления торгово-промышленными предприятиями и определить типы и виды моделей прогнозов, пригодные для описания производственной и логистической деятельности, учитывая методы поддержания заданной точности прогноза управления. Обзор программного обеспечения систем поддержки принятия решений (СППР) предприятий позволил сформулировать методические аспекты и определить правила, используемые при создании алгоритмов системы управления производственно-логистическими процессами. Такие методики предназначены для расчёта оптимальных плановых решений технологического и экономического характеров. В результате проведенного анализа сформулированы цели и задачи диссертационного исследования.

Во втором разделе «Системный анализ технико-экономических характеристик деятельности предприятия третьего уровня производственной иерархии» исследованы характеристики управления ООО «ДПЗ», выбранного в качестве объекта управления как сложной системы с многообразными внутрисистемными связями между её элементами и внешними связями с другими системами. Методология системного анализа позволила выделить и классифицировать показатели

производственной деятельности предприятия третьего уровня производственной иерархии, сопровождающие формирование заказов на выполнение производственной программы, а также логистических операций, удовлетворяющих спрос потребителей производимой продукцией.

Было установлено, что основное производство продукции завода сосредоточено в следующих службах (рисунок 1).

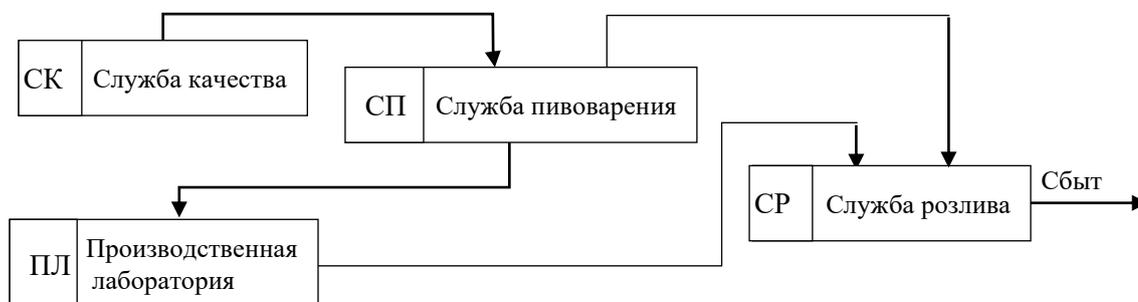


Рисунок 1 — Схема основного производства ООО «ДПЗ»

В соответствии с анализом перечисленных особенностей логистической структуры объекта управления осуществлена детализация показателей, а также проведен анализ маршрутов для планирования грузоперевозок и разработана сетевая структура перемещения грузов ООО «ДПЗ», учитывающая характеристики автотранспортного парка.

Проведенный системный анализ объекта управления показывает, что гарантированные поставки продукции потребителям обеспечиваются согласованными поставками сырья, производства и отгрузки продукции. Это может быть достигнуто путём создания инструментария СППР, учитывающей перечисленные особенности. Исходным материалом для создания инструментария СППР является разработка математических моделей и формализация целей управления, как составных частей алгоритма системы управления.

Третий раздел «Разработка математических моделей прогноза экономических показателей производства и сбыта продукции» посвящён созданию математических моделей, с помощью которых были рассчитаны объёмы производства пива разных сортов, объёмы использования тары и вспомогательных материалов, затрачиваемых на расфасовку произведённой продукции, объёмы и условия распределения готовой продукции, а также доходы от реализации готовых продуктов согласно договорам с дистрибьюторами.

Методология системного анализа определяет разработку моделей, описывающих деятельность торгово-промышленного предприятия как многоуровневой производственной системы, с помощью которых осуществляется прогноз плановых показателей производства и отгрузки пива. Параметрическая идентификация моделей производится по среднемесячным показателям объёмов производства и сбыта продукции по задаваемым уровням потребительского спроса на продукцию завода.

Используя исходные (входные) переменные Π_j , сформирована функция прогноза общего выпуска предприятием пивоваренной продукции вида (1):

$$V = V(\Pi_j), \text{ где } V(\Pi_j) = \sum_{j=1}^5 \Pi_j, \Pi_j = \sum_{j=1}^5 \sum_{i=1}^6 X_j^i, \quad i = \overline{1,6}, j = \overline{1,5}. \quad (1)$$

Обработка статистических данных позволила на этапе каскадно-регрессионного анализа рассчитать модель линейного вида (2), с помощью которой возможно осуществить прогноз объёмов производства всех сортов пива на единицу квантования – месяц:

$$V = -11999,55 + 0,59\Pi_1 + 4,79\Pi_2 + 12,02\Pi_3 + 45,231\Pi_4 + 26,17\Pi_5. \quad (2)$$

В результате регрессионного анализа были получены оценки модели, характеризующие её адекватность. Величина дисперсии остаточной (масштабированной) $S_{1z}^2 = 0,15$ свидетельствует о незначительной ошибке аппроксимации статистических данных (15%).

Аналогично были разработаны модели прогноза производства на месяц по каждому сорту пива, выпускаемому ООО «ДПЗ» (3) – (7):

$$\Pi_1 = -6967,69 + 7,51X_1^1 + 15,59X_1^2 + 79,55X_1^3 + 8,52X_1^4 + 498,08X_1^5 + 0 \cdot X_1^6, \quad (3)$$

$$\Pi_2 = -706,78 + 1,67X_2^1 + 3,83X_2^2 + 8,39X_2^3 - 0,002X_2^4, \quad (4)$$

$$\Pi_3 = -207,35 + 0,94X_3^1 + 1,34X_3^2 + 1,08X_3^4 + 546,16X_3^5, \quad (5)$$

$$\Pi_4 = -63,03 + 1,50X_4^1 + 2,73X_4^2, \quad (6)$$

$$\Pi_5 = -278,85 + 1,03X_5^1 + 4,18X_5^2 + 1,29X_5^4 + 340,37X_5^5. \quad (7)$$

Обработка статистических данных позволила на этапе каскадно-регрессионного анализа рассчитать блок подмоделей линейного вида (8) – (12) для возможности осуществления прогнозов доходов пивоваренного завода от договорной реализации пяти укрупнённых сортов пива на месяц:

$$Dp_1 = -104760,98 + 3,54D_1^1 + 7,48D_1^2 + 27,52D_1^3 + 6,14D_1^4 + 411,92D_1^5 + 0 \cdot D_1^6, \quad (8)$$

$$Dp_2 = -125826,88 + 4,90D_2^1 + 8,01D_2^2 + 28,55D_2^3 + 7,41D_2^4, \quad (9)$$

$$Dp_3 = -77154,65 + 4,86D_3^1 + 1,86D_3^2 + 8,17D_3^4 + 4326,17D_3^5, \quad (10)$$

$$Dp_4 = -12789,39 + 3,97D_4^1 + 7,44D_4^2, \quad (11)$$

$$Dp_5 = -36853,31 + 7,89D_5^1 + 4,68D_5^2 + 11,21D_5^4 + 2712,70D_5^5. \quad (12)$$

Эти подмодели явились основой для расчёта модели линейного вида (13), с помощью которой возможно осуществить прогноз совокупного дохода на месяц:

$$SD = -446256,66 + 7,01Dp_1 + 3,22Dp_2 + 10,66Dp_3 + 41,20Dp_4 + 22,06Dp_5. \quad (13)$$

По роду деятельности торгово-промышленного предприятия производственные операции сменяются логистическими. Именно поэтому в

диссертационной работе на следующем этапе рассматривалось решение задачи разработки математических моделей прогноза распределения пива конечным потребителям.

В четвёртом разделе «Разработка алгоритмов и информационного обеспечения системы поддержки принятия решений по управлению производственно-логистической деятельностью предприятия» поставлены и решены следующие задачи.

1. Постановка и формализация задач оптимального планирования производственно-логистической деятельности предприятия.

2. Разработка алгоритмического обеспечения СППР оптимального планирования производственно-логистической деятельности предприятия.

3. Разработка специального информационного обеспечения СППР.

4. Численное исследование методов идентификации системы управления производственно-логистическими процессами на основе ретроспективной и текущей информации.

5. Проведение опытно-промышленных испытаний и определение экономических показателей эффективности деятельности предприятия.

Методика системного анализа позволяет осуществить физическую постановку задачи оптимального управления производством, сформулированную следующим образом.

Согласно заказам на производство продукции определить такую совокупность технико-экономических показателей деятельности предприятия, при которых доход от сбыта произведенной продукции будет принимать максимальные значения.

Формализация задачи оптимального управления производственной деятельностью представлена в виде функционала (14):

$$J_1^1 = f_j \left(\sum_{j=1}^5 D(\Pi_j) \right) \rightarrow \max_{D(\Pi_j)}, \quad j = \overline{1,5}, \quad (14)$$

где J_1^1 — функционал цели задачи оптимального планирования производственной программы предприятия; $D(\Pi_j)$ — доход от производства укрупнённых видов продукции Π_j .

При постановке задачи (14) учитывается ограниченность объёмов материальных ресурсов (сырья и вспомогательных материалов), соответствующих объемам заказанной продукции. Расход каждого вида ресурса на единицу продукции вида Π_j определяется условием вида (15):

$$\sum_{j=1}^5 \alpha_{rj} \Pi_j \leq W_r(Or), \quad j = \overline{1,5}, \quad (15)$$

где α_{rj} — норма расхода r -го вида ресурса ($r \in N$) на производство единицы продукции j -го вида; $W_r(Or)$ — запасы r -го вида ресурса при суммарном объёме заказа Or .

Решение задачи (14) осуществляется с учётом ограничений, представленных системой уравнений моделей вида (16):

$$\left\{ \begin{array}{l} \Pi_1 = -6967,69 + 7,51X_1^1 + 15,59X_1^2 + 79,55X_1^3 + 8,52X_1^4 + 498,08X_1^5 + \\ \quad + 0 \cdot X_1^6, \\ \Pi_2 = -706,78 + 1,67X_2^1 + 3,83X_2^2 + 8,39X_2^3 - 0,002X_2^4, \\ \Pi_3 = -207,35 + 0,94X_3^1 + 1,34X_3^2 + 1,08X_3^4 + 546,16X_3^5, \\ \Pi_4 = -63,03 + 1,50X_4^1 + 2,73X_4^2, \\ \Pi_5 = -278,85 + 1,03X_5^1 + 4,18X_5^2 + 1,29X_5^4 + 340,37X_5^5, \end{array} \right. \quad (16)$$

где Π_j — объёмы производства продукции по видам j , $j = \overline{1,5}$; X_j^i — объём производства продукции j -го вида, фасованного в тару i -го объёма, $i = \overline{1,6}$.

Условия выполнения поставщиками обязательств по договорам могут быть записаны неравенством (17):

$$b_j \leq \Pi_j \leq B_j, \quad j = \overline{1,5}, \quad (17)$$

где b_j и B_j — соответственно нижняя и верхняя границы производства продукции j -го вида.

В условиях анализируемой группы предприятий не предусматривается обратное превращение продукции в сырьё, что отражено в условии (18):

$$\Pi_j \geq 0, \quad j = \overline{1,5}. \quad (18)$$

В соответствии с методикой системного анализа осуществлена физическая постановка задачи оптимального управления логистическими операциями в соответствии с заказами от точек сбыта продукции, которая сформулирована следующим образом.

Определить показатели сбыта готовой продукции предприятия по маршрутам таким образом, чтобы спрос на продукцию был максимально удовлетворён.

Формализация задачи оптимального управления логистическими операциями представлена в виде функционала (19):

$$J_1^2 = f_k^* \left(\sum_{k=1}^{15} f_k(V_k, M_k) \right) \rightarrow \max_{V_k, M_k}, \quad k = \overline{1,15}, \quad (19)$$

где J_1^2 — функционал цели задачи оптимального планирования программы доставки грузов предприятия; V_k — общий объём доставки всех видов продукции по каждому из составленных маршрутов M_k , $k = \overline{1,15}$.

Функционалы целей (14) и (19) предназначены для того, чтобы решение выполнялось с наименьшими отклонениями между показателями загрузки производственных мощностей и отгруженной по соответствующим точкам доставки готовой продукции конечным потребителям, участвующим в формировании заявок на изготовление продукции.

Оценить возможности разработанной СППР при опытно-промышленных испытаниях позволило сравнение результатов планирования деятельности на каждый месяц (плановый период) календарного года по традиционным методикам, используемым на объекте управления, и по предложенным разработанной системой рекомендациям. Сравнительные оценки, отражённые на рисунке 2, были получены по реальным основным

показателям хозяйственно-экономической деятельности предприятия, что позволило получить:

– рост дохода предприятия от выпуска готовой продукции — составил 742,6 тыс. рублей;

– удовлетворение спроса потребителей предприятия с экономическим эффектом, характеризующим доставку грузов, — составило 283,2 тыс. рублей;

– сокращение ежемесячного объёма нереализованной продукции — составило 8,5% с экономическим эффектом 270,3 тыс. рублей.

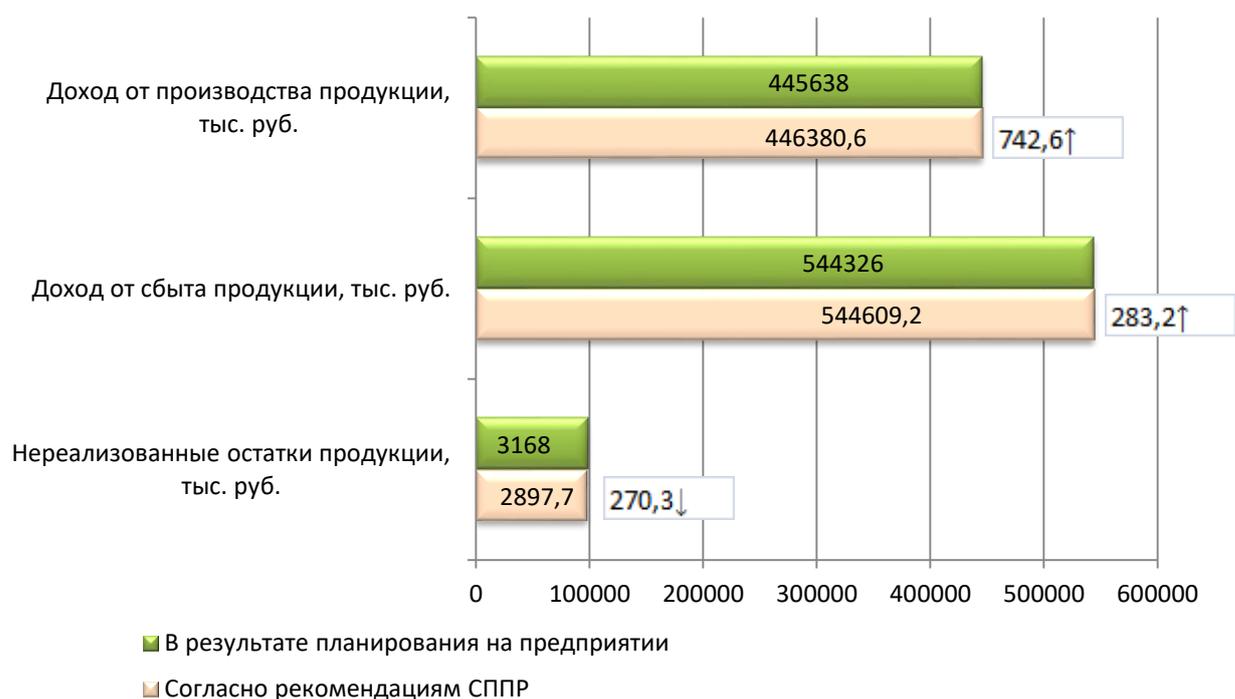


Рисунок 2 — Эффективность планирования деятельности ООО «ДПЗ» с использованием разработанной СППР

Для сравнения полноты реализации положений портфеля заказов, согласно договорам с дистрибьюторами, за плановый период на предприятии были использованы расчёты, полученные при решении оптимизационной задачи планирования производственной деятельности, с рекомендациями разработанной СППР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации решена актуальная научная задача, заключающаяся в создании инструментария прогноза экономико-производственной деятельности предприятия, функционалов целей и алгоритмов поиска оптимальных решений для решения задач управления производственной и логистической деятельностью предприятий третьего уровня производственной иерархии.

Основные выводы, научные результаты и практическая значимость работы состоят в следующем.

1. Выполнен системный анализ характеристик производственной и логистической составляющих объекта исследования с целью принятия управленческих решений для его эффективной экономической деятельности.

2. Проведён системный анализ структуры производственной деятельности объекта управления, выявлены взаимосвязи её элементов, определены пользователи разрабатываемой системы управления. Исследованы характеристики сырья и вспомогательных материалов, участвующих в производстве пива, а также готовой продукции в производственной деятельности субъекта хозяйствования. Также проведён функциональный анализ логистической системы объекта управления, который позволил исследовать механизмы движения запасов в процессе производства и распределения готовой продукции.

3. В соответствии с особенностями предприятия, выделенными в результате проведенного системного анализа характеристик объекта управления, разработаны математические модели прогнозов производства, фасовки и сбыта пивоваренной продукции, позволившие формализовать цели управления, что в совокупности является составными частями алгоритма системы управления.

4. Осуществлена физическая постановка задачи оптимального планирования производственно-логистической деятельности предприятия и выполнена её декомпозиция. Цели планирования формализованы в виде соответствующих функционалов, для их решения приведены аналитические модели системы ограничений.

5. Разработана структурная модель оптимального планирования СППР и на её основе — алгоритмы и информационное обеспечение, позволяющие определять оптимальные значения корректировок показателей производственной и логистической деятельности предприятия.

6. Функциональная структура системы управления производственно-логистической деятельностью ООО «ДПЗ», согласно методике структурного синтеза, представляет собой составную часть технического проекта на создание СППР предприятия с некоторыми дополнениями, отражающими специфику предприятия, и может быть использована при создании системы управления предприятиями аналогичной структуры.

7. Опытно-промышленные испытания СППР проведены на ООО «ДПЗ». Результаты этих испытаний, а также методика проведения параметрического синтеза, позволили выполнить численные исследования и идентификацию решений, предлагаемых СППР с реальными производственно-логистическими программами. Результаты параметрической идентификации, подтверждённые показателями адекватности, позволяют осуществлять эффективное управление планово-экономической деятельностью торгово-промышленного предприятия.

8. Результаты опытно-промышленной эксплуатации позволили оценить годовой экономический эффект разработанного инструментария СППР следующим образом:

- расчёт производственной программы, подчинённый максимуму дохода от выпускаемой продукции, позволил повысить доход предприятия на 742,6 тыс. рублей;

- решения, предлагаемые разработанной по логистическим операциям реализации продукции СППР, позволили полностью удовлетворить запросы потребителей предприятия с экономическим эффектом, характеризующим доставку грузов на 283,2 тыс. рублей;

- производственная программа, рассчитанная по разработанным в диссертационной работе моделям, позволила сократить ежемесячный объём нереализованной продукции на 8,5% с экономическим эффектом 270,3 тыс. рублей.

9. Созданный инструментарий принятия решений реализован в виде системы с идентификатором в контуре управления, что позволяет корректировать параметры моделей при возникновении случайных флуктуаций в производстве и сбыте готовой продукции. Подобная структура позволяет применять инструментарий для управления объектами подобного класса.

10. Разработанная СППР успешно использовалась на ООО «ДПЗ», как проблемно-ориентированная система управления планированием производственно-логистической деятельности, в том числе в решении задач перепланирования, возникающих в непредвиденных обстоятельствах.

Перспективы дальнейшей разработки темы заключаются в следующем:

– разработка универсальной методики создания и использования специального математического и программного обеспечения оптимальной системы управления производственно-логистической деятельностью предприятия третьего уровня производственной иерархии;

– применение методов искусственного интеллекта как составной части оптимальной системы управления предприятием третьего уровня производственной иерархии.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации.

Научные работы, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях:

1. **Дмитрюк, Т.Г.** Системный анализ функциональных особенностей предприятия как объекта управления / Т.Г. Дмитрюк, С.А. Зори // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2024. – № 4. – С. 137-153. – DOI 10.5281/zenodo.14514826. – EDN XAGCPR.

2. **Дмитрюк, Т.Г.** Алгоритмическое обеспечение СППР оптимального планирования производственно-логистической деятельности предприятия /

Т. Г. Дмитриук // Информатика и кибернетика. – 2022. – № 3(29). – С. 28-37. – EDN RCUSTH.

3. Дмитриук, Т.Г. Задачи планирования производственно-логистической деятельности предприятия / Т. Г. Дмитриук, С. А. Зори // Информатика и кибернетика. – 2021. – № 4(26). – С. 33-44. – EDN GLDNBH.

4. Дмитриук, Т.Г. Математическая модель планирования производственной программы предприятия / Т. Г. Дмитриук // Проблемы искусственного интеллекта. – 2020. – № 2(17). – С. 4-19. – EDN OSBWYX.

5. Дмитриук, Т.Г. Анализ структуры производственной деятельности предприятия как объекта управления / Т. Г. Дмитриук, С. А. Зори // Проблемы искусственного интеллекта. – 2020. – № 1(16). – С. 37-53. – EDN QHPUGP.

Научные работы и тезисы докладов в материалах конференций:

6. Дмитриук, Т.Г. Математические модели прогноза производства и логистики пивзавода / Т. Г. Дмитриук // Искусственный интеллект: теоретические аспекты, практическое применение : материалы Донецкого международного научного круглого стола, Донецк, 24 мая 2023 года. – Донецк: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Институт проблем искусственного интеллекта", 2023. – С. 41-48. – EDN KVPRQQ.

7. Дмитриук, Т.Г. Алгоритмическое обеспечение СППР оптимального планирования производственно-логистической деятельности предприятия / Т. Г. Дмитриук // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2022) : Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, Донецк, 29–30 ноября 2022 года. Том 1. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2022. – С. 110. – EDN SFWVAY.

8. Дмитриук, Т.Г. Постановка задач планирования производственно-логистической деятельности предприятия / Т.Г. Дмитриук // Информационное пространство Донбасса: проблемы и перспективы: материалы IV Респ. с междунар. участием науч.-практ. конф., 28 окт. 2021 г. / М-во связи Донец. Нар. Респ., М-во образования и науки Донец. Нар. Респ., Гос. орг. высш. проф. образования «Донец. нац. ун-т экономики и торговли им. М. Туган-Барановского», Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Донец. нац. техн. ун-т»; [коллектив авт.; редкол.: Дрожжина С. В. и др.]. — Донецк: ГО ВПО «ДонНУЭТ», 2021. — С. 171-175.

9. Дмитриук, Т.Г. Анализ характеристик транспортно-логистической системы предприятия / С. А. Зори, Т. Г. Дмитриук // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2020) : сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции, Донецк, 25–26 ноября 2020 года. Том 1. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2020. – С. 93-100. – EDN TYFUUT.

10. Дмитриук, Т.Г. Проблемы прогноза и управления планированием производственной программы предприятия / Т. Г. Дмитриук // Искусственный интеллект: теоретические аспекты, практическое применение : материалы

Донецкого международного научного круглого стола, Донецк, 27 мая 2020 года. – г. Донецк: Государственное учреждение Институт проблем искусственного интеллекта, 2020. – С. 60-65. – EDN SDNННК.

Личный вклад соискателя в публикациях: [1, 5, 9] – проведен системный анализ характеристик производственных и логистических операций на предприятии; [1, 4, 10] – разработаны статические статистические модели, позволяющие прогнозировать плановое выполнение программы производства и сбыта продукции пивоваренного завода; формулирование и решение физической и формальной постановки задач управления производственно-логистической деятельностью предприятия среднего уровня производственной иерархии в обобщённом виде выполнено в [8], а в развёрнутом – в [3]; также в [3] предложена балансовая модель управления ресурсами предприятия, приведены решения оптимизационных задач планирования производства и сбыта продукции потребителям, разработаны алгоритмы системы управления производством и перевозками продукции предприятия, предложены рекомендации по их реализации; [2, 7] – предложена методика и осуществлена разработка структурной модели системы оптимального планирования СППР и на её основе — алгоритмов, позволяющих определять оптимальные значения корректировок показателей производственной и логистической деятельности предприятия; [6] – предложены правила численного исследования методов идентификации системы управления производственно-логистическими процессами на основе ретроспективной и текущей информации.