

Алгоритмическое обеспечение СППР оптимального планирования производственно-логистической деятельности предприятия

Т. Г. Дмитрюк

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

tnauka@lenta.ru

Аннотация

В статье осуществлена разработка структурной модели системы оптимального планирования СППР и на её основе — алгоритмов, позволяющих определять оптимальные значения корректировок показателей производственной и логистической деятельности предприятия. Разработанная функциональная структура системы управления производственно-логистической деятельностью ООО «Донецкий пивоваренный завод», согласно методике структурного синтеза, представляет собой составную часть технического проекта на создание СППР предприятия и может быть использована при создании системы управления предприятиями аналогичной структуры.

Введение

Приоритетной задачей управления современным предприятием, осуществляющим производственную и торговую деятельность, является повышение эффективности функционирования его логистической системы за счёт движения сырья (и вспомогательных материалов) и произведенной продукции. В потреблении ресурсов предприятия, как одного из объектов множества промышленных предприятий третьего уровня производственной иерархии, руководствуются объемами продукции, заказываемой через дистрибьютора потребителями. Применение алгоритма системы поддержки принятия решений (СППР) при планировании производства и логистики распределения продукции ведёт к сокращению ненормативных объёмов складированных запасов, что позволяет избежать дефицита оборотных средств при полном удовлетворении заказов на продукцию.

Постановка проблемы. В связи с тем, что для планирования хозяйственно-экономической деятельности торгово-промышленного предприятия третьего уровня производственной иерархии требуется использование информационного обеспечения СППР оптимального управления предприятием, адаптированного к решению конкретных производственных задач и учитывающего специфику исследуемой предметной области, существует объективная необходимость разработки технического проекта на создание и внедрение указанного выше информационного обеспечения. Разработка функциональной структуры СППР, как базовой компоненты технического проекта, позволит повысить эффективность управления производством и движением сырья и продукции в логистической

системе предприятия.

Цель исследования – выполнить разработку функциональной структуры (как части информационного обеспечения) СППР оптимального планирования производственно-логистической деятельности предприятия.

Постановка задачи исследования

В связи с изложенной проблемой и поставленной целью исследования, в настоящей работе представляется возможным поставить и решить следующую **задачу**: выполнить разработку алгоритмического обеспечения СППР для задач расчёта оптимальных плановых значений деятельности предприятия, используемых для принятия решений при осуществлении его производственной и логистической деятельности, как основы информационного обеспечения декомпозированной СППР.

Основное содержание и результаты работы

Согласно обобщённым сведениям результатов системного анализа управления производственно-логистическими процессами на торгово-промышленном предприятии, а именно:

– полученным в работах [1-4] аналитическим и логико-формальным моделям (разработанным на основе положений методик разработки математических моделей в системах управления производствами и технологическими процессами [5, 6]), характеризующим системные связи между заказчиками, производителем и потребителями, с учётом особенностей технико-экономических характеристик деятельности предприятия;

– поставленной и формализованной задаче

определения оптимальных решений при планировании производственно-логистической деятельности предприятия [7, 8, 9]; в соответствии с методикой проведения структурного синтеза представляется возможным графически формализовать структурные модели представления системы управления бизнес-процессами на предприятии [10]. Такие модели регламентируют деятельность исследуемого объекта управления посредством

инструментария программного обеспечения «Ramus Educational 1.1.1» [11] в соответствии с правилами синтаксиса методологии IDEF0. Укрупнённая структурная модель системного представления этапов разработки СППР оптимального управления процессами предприятия на примере ООО «Донецкий пивоваренный завод» (ООО «ДПЗ») представлена на рис. 1.

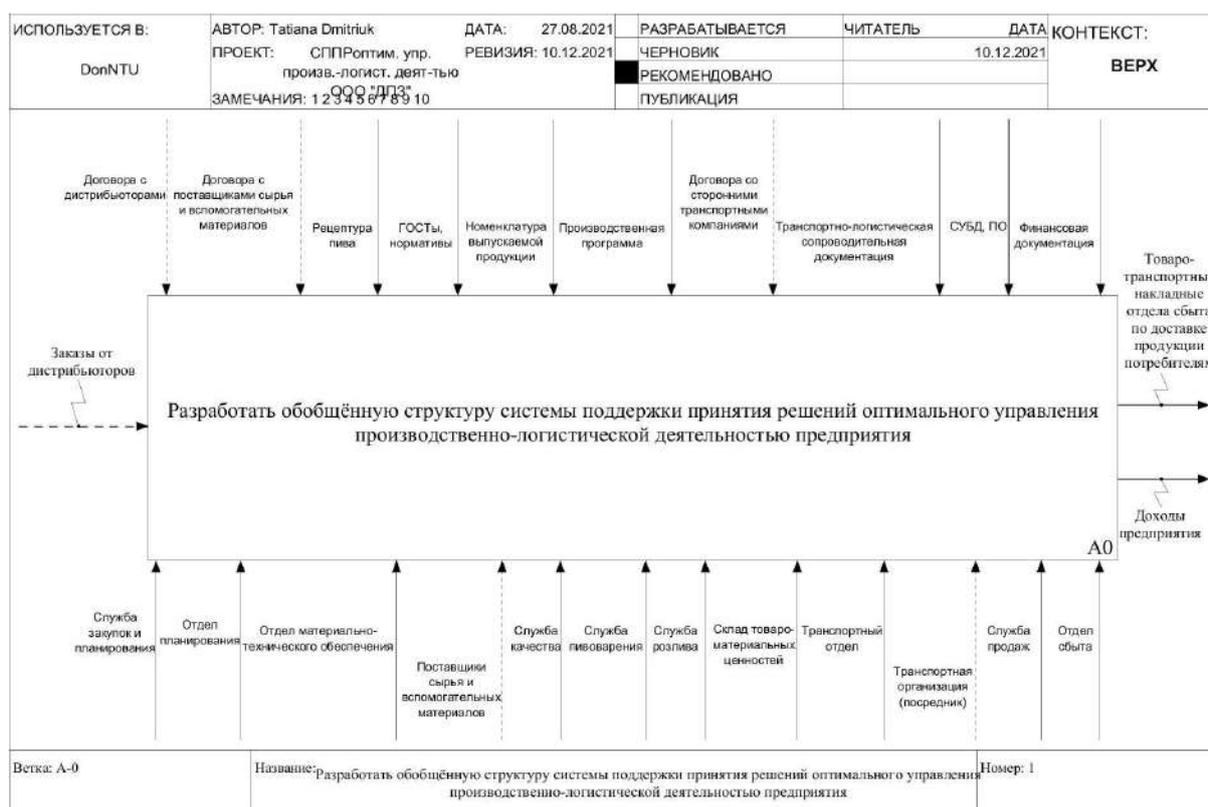


Рисунок 1 — Структура прикладных системных исследований и закономерностей функционирования объектов управления третьего уровня производственной иерархии

Представленная диаграмма отражает типичную схему взаимодействия торгово-промышленного предприятия, занимающегося производством и распределением продукции, с контрагентами (дистрибьюторами, поставщиками сырья и вспомогательных материалов, транспортными компаниями) и потребителями. Основная экономическая деятельность предприятий данного класса осуществляется в тесном сотрудничестве с дистрибьюторами, представляющими на рынке продукцию производителя и занимающимися распространением продукции по ценам производителя.

Согласно договорам дистрибьюторы ежемесячно согласовывают и оплачивают заказы на производство продукции в объёмах, соответствующих планируемым объёмам потребления, и осуществляют оптовую закупку готовой к сбыту продукции. Таким образом, все

механизмы взаимодействий в схеме отображены следующими элементами: функциональный блок исследуемого процесса, вход системы управления процессом, управляющие (преобразующие) воздействия, механизмы, выходы системы. Так как функциональная диаграмма является составной частью технического проекта, в том числе при проведении опытно-промышленных испытаний, то в дальнейшем для удобства восприятия на рисунках будут отображены только непосредственно схемы диаграмм без текста проектов.

Системный анализ задач оптимального планирования хозяйственно-экономической деятельности предприятия позволил выделить и формализовать оптимизационные подзадачи планирования производства и логистики. Принципы функционирования объекта управления (представленные на рис. 1) дают

возможность декомпозировать обобщённую модель на блоки решения задач четырёх этапов и блоки принятия оптимальных решений.

Развёрнутая структурная модель этапов декомпозиции задач представлена функциональной диаграммой (рис. 2).

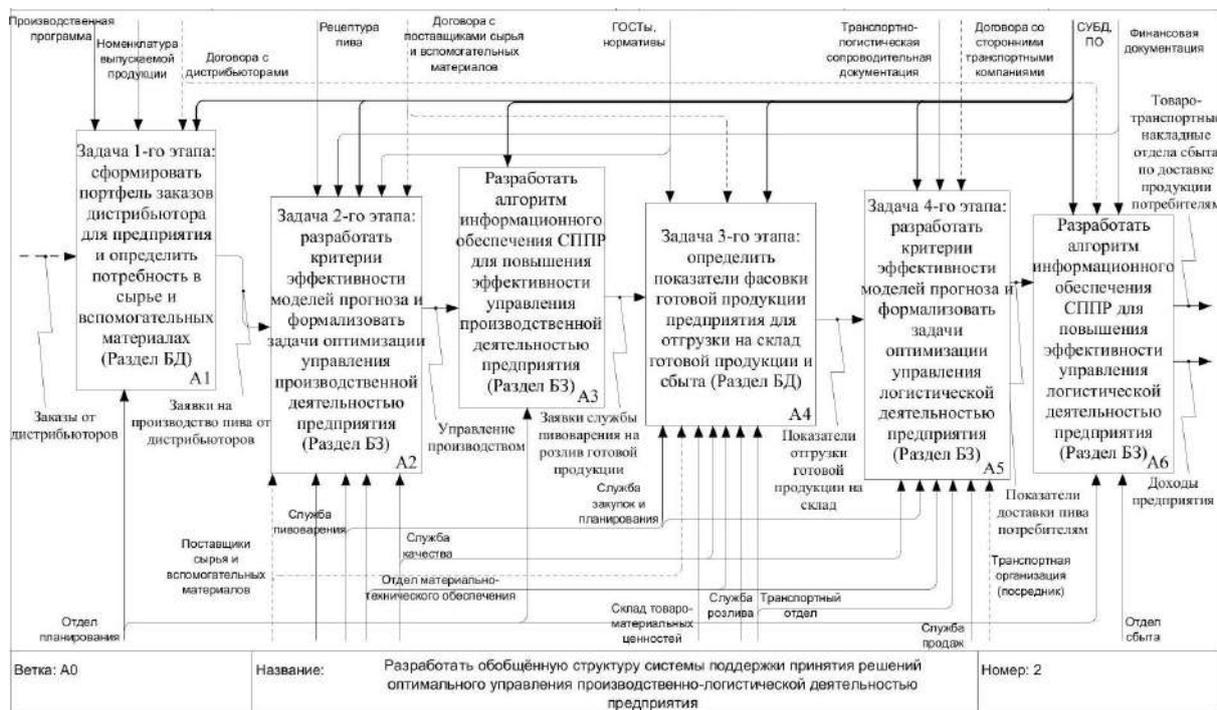


Рисунок 2 — Разработка структурной модели решения декомпозированных оптимизационных задач планирования

Диаграмма включает в себя следующие блоки:

– **A1**: согласно методике системного анализа в решении задачи 1-го этапа на предприятии предполагается обработка информации по формированию портфеля заказов дистрибьюторов на производство продукции (в котором заказы сгруппированы по сортам продукции и детализированы по позициям номенклатуры), оформлению договоров для формирования производственной программы и их согласование с отделом планирования. В соответствии с объёмами производства продукции обсуждается потребность в сырье и упаковочно-укупорочных материалах.

– **A2**: из блока A1 на вход поступают заявки от дистрибьюторов на производство продукции. Решение задачи 2-го этапа сводится к разработке критериев эффективности моделей прогноза, выполняется постановка и формализация оптимизационной задачи управления производственной деятельностью предприятия. В данном блоке определяется, какой объём продукции каждого вида необходимо произвести и какие для этого будут затрачены ресурсы, а также какой доход получит предприятие в результате выполнения производственной программы. Разработанное специальное математическое обеспечение прогнозирования выпуска продукции позволяет

осуществить планирование и/или перепланирование объёмов производства на будущий период квантования (месяц).

– **A3**: менеджеры отдела планирования принимают оптимальные решения для эффективного управления доходами от производственной деятельности предприятия по разработанному алгоритму и функционалу цели, представленному формулой (1):

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

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

На базе информационного обеспечения СППР с учётом адаптивной подстройки параметров моделей предлагаются на выбор ЛПР альтернативные решения. После принятия решений и обработки соответствующей информации службой пивоварения передаются заявки на фасовку готовой продукции.

– **A4**: решение задачи 3-го этапа заключается в определении объёмов и осуществлении фасовки произведённой

продукции в подготовленную тару для отгрузки на склад готовой продукции с целью дальнейшего её сбыта. В данном блоке также посредством разработанного специального математического обеспечения может быть составлен прогноз фасовки на будущий период квантования (месяц). Это позволит определить обеспеченность производственных линий соответствующими материалами и своевременно осуществлять контроль и управление запасами сырья, материалов и готовой продукции на складе товаро-материальных ценностей.

– **A5**: после фасовки и складирования готовой продукции от службы продаж в транспортный отдел поступают заявки на погрузку фасованной продукции. Решение задачи 4-го этапа сводится к разработке критериев эффективности моделей прогноза, выполняется постановка и формализация оптимизационной задачи управления логистической деятельностью предприятия. В данном блоке подразумевается выполнение обязательств предприятия перед дистрибьюторами по обслуживанию конечных потребителей, а именно доставки продукции собственными и наёмными транспортными средствами (согласно их техническим характеристикам) по определённым маршрутам в точки сбыта. Служба логистики может использовать разработанное специальное математическое обеспечение при планировании и/или перепланировании грузоперевозок предприятия на будущий период квантования

(месяц).

– **A6**: менеджеры транспортного отдела и службы продаж принимают оптимальные решения для эффективного управления доходами предприятия от логистических операций по разработанному алгоритму и функционалу цели, представленному формулой (2):

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

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 $M_k, k = \overline{1,15}$.

На базе информационного обеспечения СППР с учётом адаптивной подстройки параметров моделей предлагаются на выбор ЛПР альтернативные решения. Отделом сбыта принимаются решения и выполняется обработка информации при формировании базы товарно-транспортных накладных по доставке продукции потребителям. Эффективность управления производственно-логистической системой предприятия оценивается величиной его совокупного дохода.

Элементы структурной модели задачи 1-го этапа планирования представлены на рис. 3.

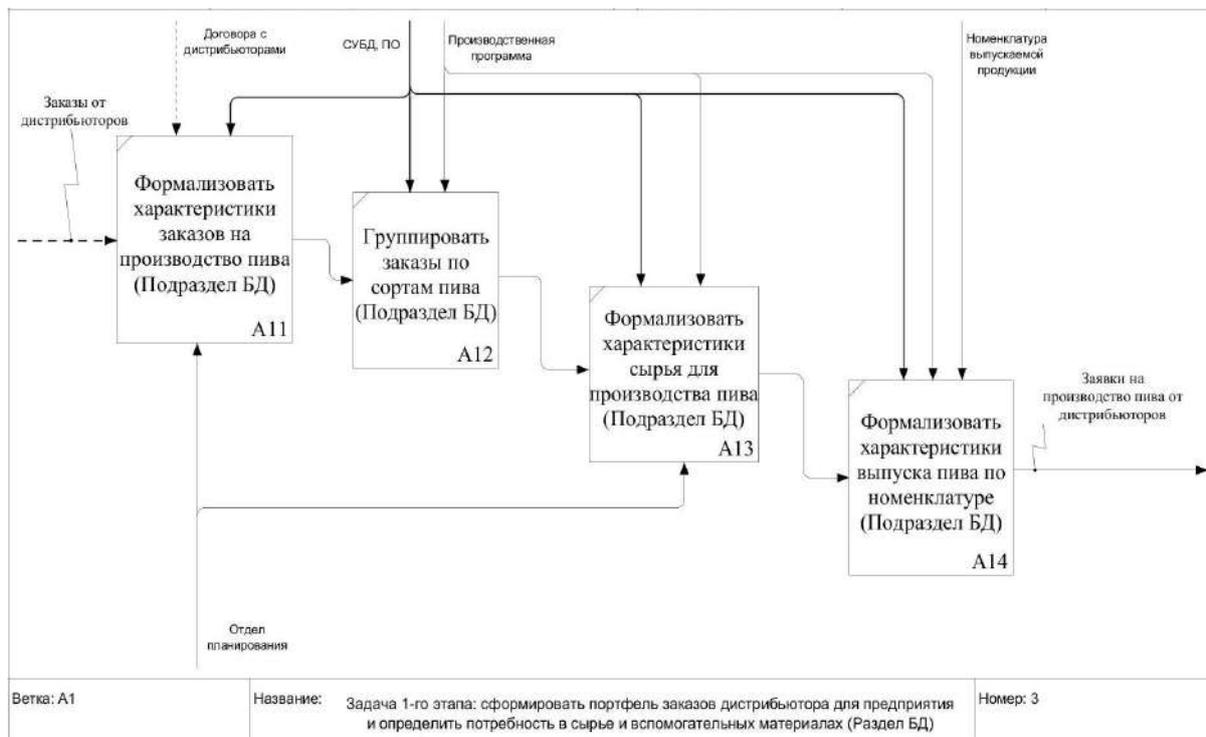


Рисунок 3 — Структурная модель решения задачи 1-го этапа планирования

Диаграмма включает в себя следующую последовательность блоков:

- **A11**: формализовать характеристики заказов Or_j^p на производство продукции.
- **A12**: группировать заказы по видам продукции P_j .
- **A13**: формализовать характеристики сырья для производства продукции.
- **A14**: формализовать характеристики выпуска продукции по номенклатуре.

Выполнение процессов алгоритма модели блока A1 производится после того, как на предприятие поступают заказы на выпуск продукции от дистрибьютора. Результатом исполнения алгоритма являются сформированные отделом планирования заявки на производство продукции от дистрибьюторов.

Элементы структурной модели задачи 2-го этапа планирования представлены на рис. 4.



Рисунок 4 — Структурная модель решения задачи 2-го этапа планирования

Диаграмма включает в себя следующую последовательность блоков:

- **A21**: определить качественный и количественный состав производимой продукции.
- **A22**: определить сырьевую обеспеченность производственной программы выпуска продукции.
- **A23**: определить финансовую обеспеченность производственной программы выпуска продукции.
- **A24**: определить объёмы производства продукции $V(P_j)$ на основании расчётов объёмов произведенной продукции каждого вида j , которое будет расфасовано в тару объёма i .
- **A25**: определить совокупный доход Dp_j от производства продукции по видам, рассчитываемый как сумма произведений цен договорной закупки C_j^i производимой продукции вида j , фасованной в тару i , и объёмов готовой продукции каждого из видов X_j^i номенклатуры предприятия.

- **A26**: формализовать процедуру прогноза показателей производственной программы по моделям в соответствии с функционалом цели J_1^1 и соответствующими критериями максимизации доходов от выпуска продукции.

Принятие управленческого решения по алгоритму модели блока A2 производится в блоке A3 в соответствии со сформулированными заявками на выпуск продукции от дистрибьютора. В результате исполнения алгоритма системой управления производственным процессом на предприятии в блоке A3 принимаются оптимальные для блока A26 решения. Совокупность взаимосвязанных элементов структурных моделей A1, A2 и методы идентификации систем управления на основе ретроспективной и текущей информации позволяют разработать алгоритм информационного обеспечения СППР для повышения эффективности управления производственной деятельностью предприятия (представлен схематично на рис. 5).

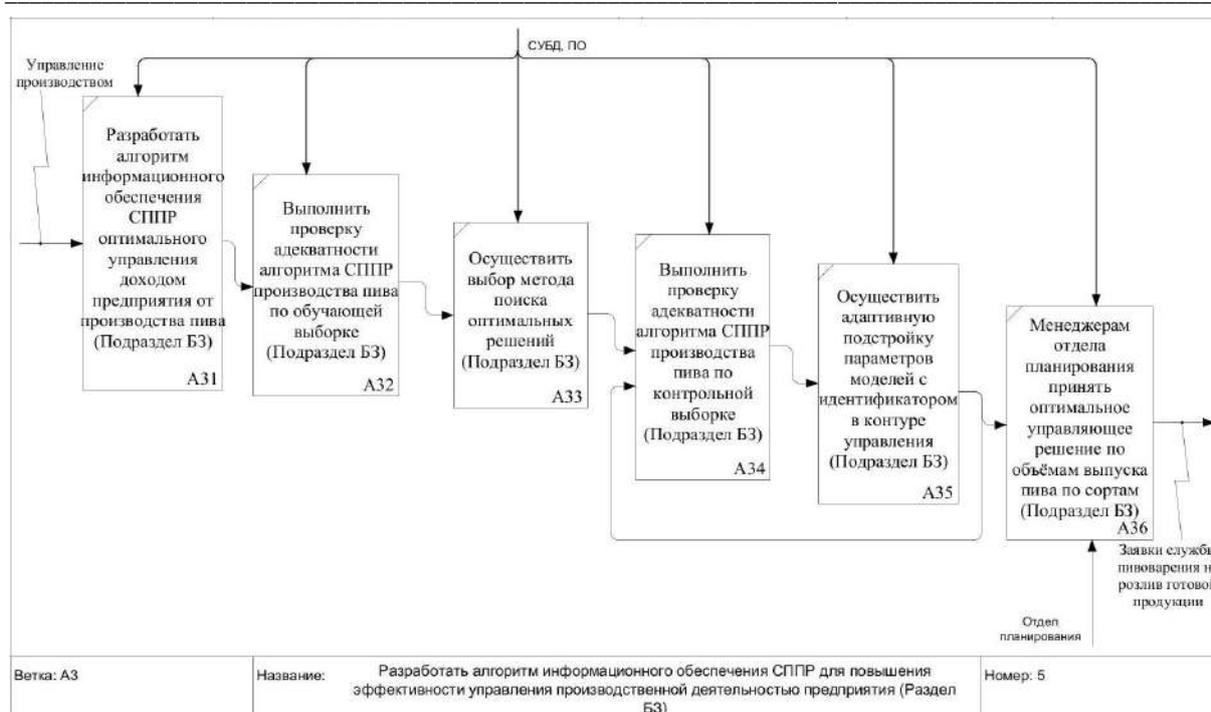


Рисунок 5 — Структурная модель СППР оптимального управления производственной деятельностью

Диаграмма включает в себя решение следующих блоков подзадач:

– **A31**: разработать алгоритм информационного обеспечения СППР оптимального управления доходом предприятия от производства пива.

– **A32**: выполнить проверку адекватности алгоритма СППР производства пива по обучающей выборке, в результате которой оценка моделей по дисперсии остаточной масштабированной не должна превышать 5%.

– **A33**: осуществить выбор метода поиска оптимальных решений и рассчитать по моделям прогнозные показатели доходов предприятия от производства продукции.

– **A34**: выполнить проверку адекватности алгоритма СППР производства пива по контрольной выборке, в результате которой оценка моделей по дисперсии остаточной масштабированной также не должна превышать 5%.

– **A35**: осуществить адаптивную подстройку параметров моделей с идентификатором в контуре управления. Производственный процесс и осуществляемое менеджерами управляющее воздействие в совокупности представляют собой замкнутую систему с обратной связью, т.е. систему, в которой аппарат управления получает информацию о состоянии процесса по каналу обратной связи.

Таким образом, подзадачи блоков A34 и A35 представляют собой некую систему с идентификатором в контуре управления, в котором (в зависимости от возмущений во

внешней среде: сезонность спроса, изменение ценовой политики и пр.) осуществляется подстройка параметров моделей. Поэтому при необходимости следует повторно перейти к выполнению подзадач блоков A34 и A35.

– **A36**: менеджерам отдела планирования принять оптимальное управляющее решение по объемам выпуска продукции по видам на следующий период квантования (месяц).

После исполнения блока A36 предприятие осуществляет выполнение производственной программы выпуска продукции в требуемых объемах. Службой пивоварения, в соответствии с объемами производимой продукции, передаются заявки на фасовку готовой продукции, укупорку и упаковку. Элементы структурной модели задачи 3-го этапа планирования представлены на рис. 6. Диаграмма включает в себя следующую последовательность блоков:

– **A41**: определить количественные характеристики произведенной продукции.

– **A42**: определить обеспеченность укупорочными и упаковочными материалами для фасовки готовой продукции.

– **A43**: формализовать процедуру прогноза показателей фасовки продукции Y_q^i по моделям, т.е. определения необходимого количества тары для фасовки продукции наименования q в тару i -й емкости.

– **A44**: определить объемы фасовки продукции по видам тары T^i на основании расчётов количества требуемой для фасовки продукции наименования q тары объемом i .

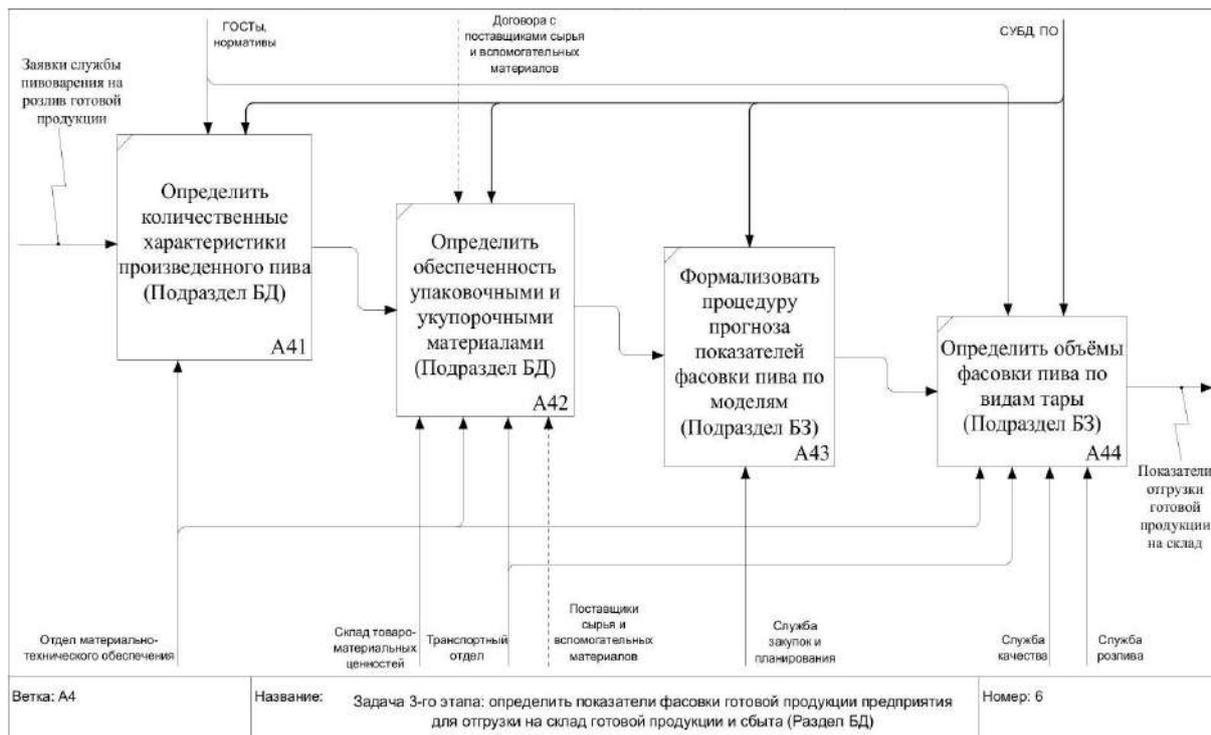


Рисунок 6 — Структурная модель решения задачи 3-го этапа планирования

Фасовка готовой продукции по разработанной модели блока А4 производится в соответствии со сформулированными заявками службы пивоварения. В результате выполнения процесса фасовки на предприятии в блоке А4 формируются показатели отгрузки готовой продукции, которые передаются на склад товароматериальных ценностей и в транспортный отдел, осуществляющий доставку продукции потребителям.

Элементы структурной модели задачи 4-го этапа планирования представлены на рис. 7.

Диаграмма включает в себя следующую последовательность блоков:

– **A51**: определить характеристики произведенной продукции (количество, виды, фасовка) для доставки потребителям точек продаж со склада товароматериальных ценностей.

– **A52**: определить географию точек сбыта продукции a_i ($i=1..28$) и составить маршруты M_k ($k=1..15$) её доставки потребителям.

– **A53**: в соответствии с объемами Z_{jk} и маршрутами M_k перевозок пива определить транспортные характеристики доставки продукции потребителям (количество автомобилей и их грузоподъемность, тип транспорта (собственный или наёмный), а также горюче-смазочные характеристики).

– **A54**: формализовать процедуру прогноза показателей доставки продукции по

маршрутам M_k по разработанным моделям в соответствии с функционалом J_1^2 и соответствующими критериями максимизации доходов от сбыта продукции.

– **A55**: определить совокупный доход Dp_k от сбыта продукции по маршрутам, рассчитываемый как сумма произведений цен договорной реализации C_{jk} продукции вида j , перевозимого по маршруту k , и объемов доставляемой продукции Z_{jk} по каждому из маршрутов.

A56: рассчитать объемы доставки продукции потребителям a_i ($i=1..28$). Принятие управленческого решения по алгоритму модели блока А5 производится в блоке А6 в соответствии со сформулированными заявками на доставку готовой фасованной продукции конечным потребителям, согласно договорам с дистрибьюторами. В результате исполнения алгоритма системой управления логистическими процессами на предприятии в блоке А6 принимаются оптимальные для блоков А55 и А56 решения.

Совокупность взаимосвязанных элементов структурных моделей А4, А5 и методы идентификации систем управления на основе ретроспективной и текущей информации позволяют разработать алгоритм информационного обеспечения СППР для повышения эффективности управления логистической деятельностью предприятия (представлен на рис. 8).

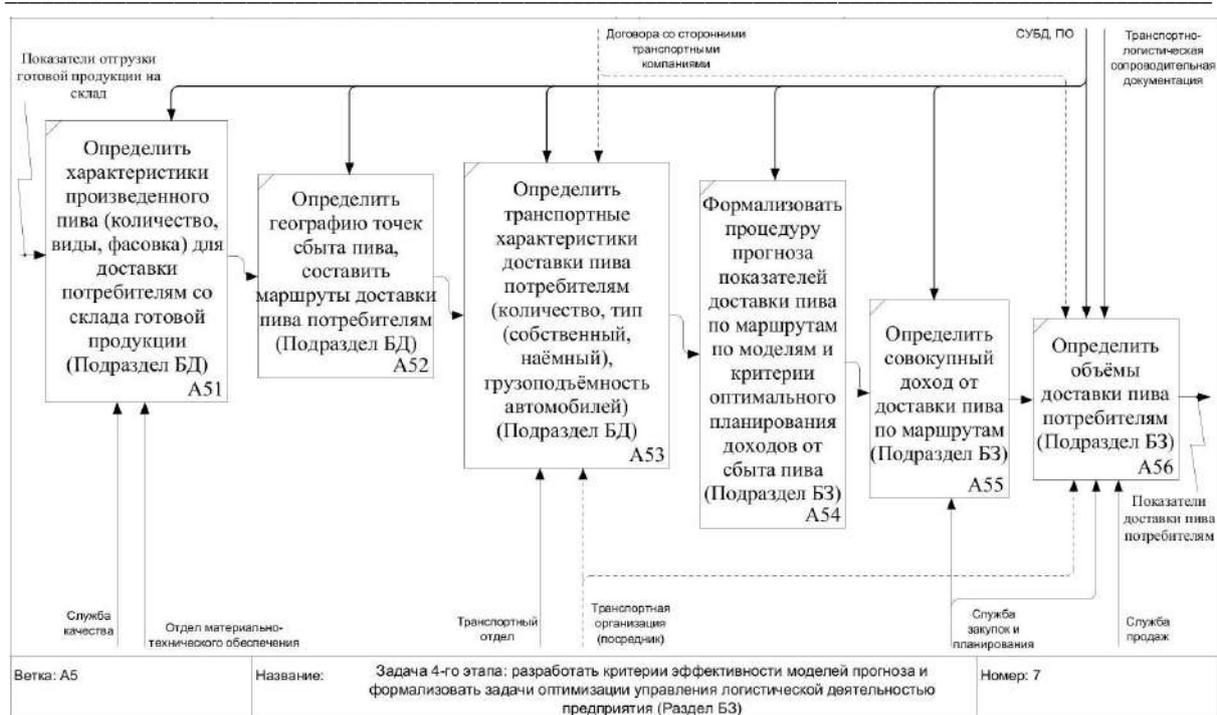


Рисунок 7 — Структурная модель решения задачи 4-го этапа планирования

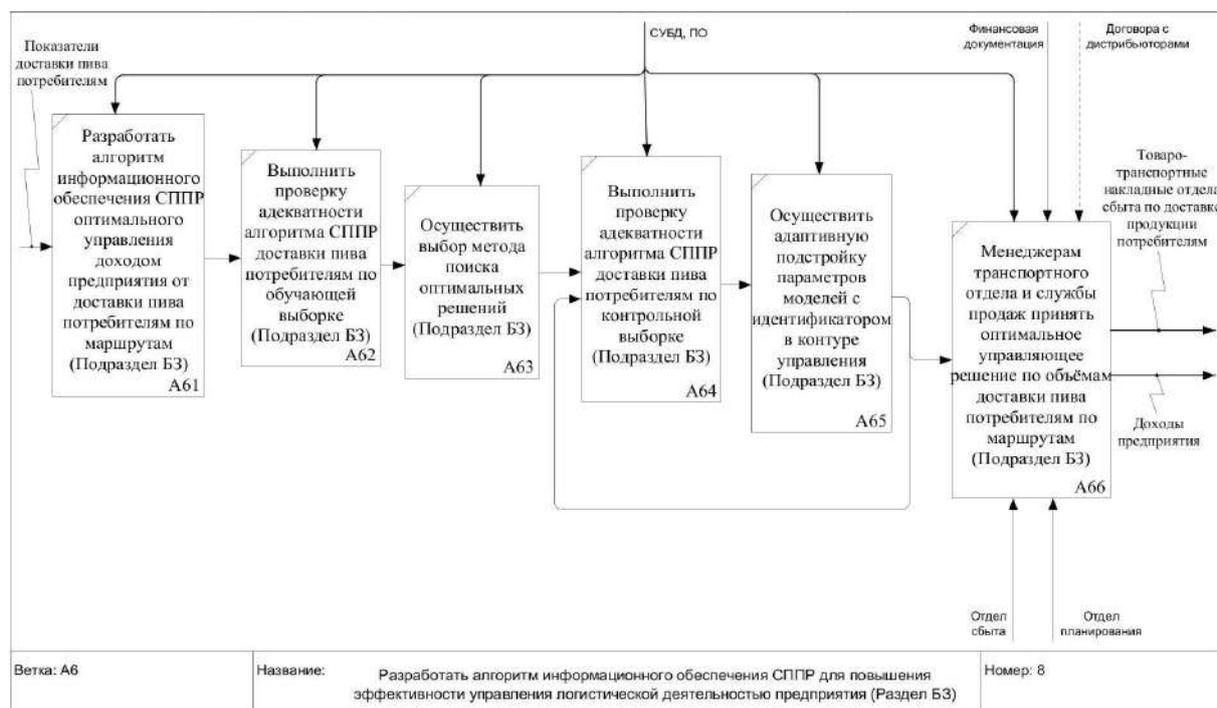


Рисунок 8 — Структурная модель СППР оптимального управления логистической деятельностью

Диаграмма включает в себя решение следующих блоков подзадач:

- **A61**: разработать алгоритм информационного обеспечения СППР оптимального управления доходом предприятия от доставки продукции потребителям по маршрутам M_k .
- **A62**: выполнить проверку адекватности

алгоритма СППР доставки продукции потребителям по обучающей выборке, в результате которой оценка моделей по дисперсии остаточной масштабированной не должна превышать 5%.

- **A63**: осуществить выбор метода поиска оптимальных решений и рассчитать по моделям прогнозные показатели доходов предприятия от

сбыта продукции.

– **A64**: выполнить проверку адекватности алгоритма СППР доставки продукции потребителям по контрольной выборке, в результате которой оценка моделей по дисперсии остаточной масштабированной также не должна превышать 5%.

– **A65**: осуществить адаптивную подстройку параметров моделей с идентификатором в контуре управления (аналогично блоку A35). При необходимости повторно перейти к выполнению подзадач блоков A64 и A65.

– **A66**: менеджерам транспортного отдела в соответствии с товаро-транспортными накладными от перевозчиков принять оптимальное управляющее решение по объемам доставки пива потребителям по маршрутам на следующий период квантования (месяц). Менеджерам службы продаж принять оптимальное управляющее решение по определению совокупного дохода предприятия, который будет получен при сбыте произведенной продукции.

После исполнения блока A66 предприятие осуществляет выполнение логистической деятельности по сбыту продукции потребителям в заказанных объемах. Службой продаж, в соответствии с объемами отгруженной продукции, заключаются соответствующие договоры с дистрибьюторами о выполнении перед ними обязательств предприятия. Финансово-экономическая служба предприятия осуществляет выполнение финансовых операций.

Таким образом, разработанная функциональная структура СППР оптимального планирования производственно-логистической деятельности предприятия (в диаграммах, изображенных на рис. 1–8) может быть реализована на практике как составная часть технического проекта на создание информационного обеспечения СППР оптимального управления предприятием. Ее использование допускает некоторые дополнения, отражающие специфику предприятия. Внедрение разработки возможно при создании системы управления процессами на предприятиях аналогичной структуры.

Выводы

По выполненным в работе исследованиям можно сформулировать следующие выводы.

Научная новизна статьи заключается в разработке алгоритмического обеспечения СППР оптимального планирования производственной деятельности и логистики на торгово-промышленных предприятиях.

Практическая значимость состоит в том, что представленная функциональная структура

СППР оптимального планирования хозяйственно-экономической деятельности ООО «Донецкий пивоваренный завод» позволит выполнить технический проект при создании информационного обеспечения СППР. В дальнейшем возможна разработка специального информационного обеспечения СППР, как основного инструментария осуществления планирования, с учётом возникающей необходимости перепланирования производственных процессов и логистических операций (при условии, что задание производственной программы и логистики будет выполнено с предложенными корректировками).

Литература

1. Дмитриук, Т. Г., Зори, С. А. Анализ структуры производственной деятельности предприятия как объекта управления / Т. Г. Дмитриук, С. А. Зори // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк: ГУ ИПИИ. – 2020. – №1 (16). – С. 37–52.
2. Дмитриук, Т. Г., Зори, С. А. Анализ характеристик транспортно-логистической системы предприятия / Т. Г. Дмитриук, С. А. Зори // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПНИВС-2020): сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции студенческая секция), Том. 2. 25-26 ноября 2020 г. – Донецк, ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2020. – С. 93–100.
3. Дмитриук, Т. Г. Математическая модель планирования производственной программы предприятия / Т. Г. Дмитриук // Проблемы искусственного интеллекта. – Донецк: ГУ ИПИИ. – 2020. – № 2 (17). – С. 23–38.
4. Дмитриук, Т. Г. Проблемы прогноза и управления планированием производственной программы предприятия / Т. Г. Дмитриук // Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение: материалы Донецкого международного круглого стола. – Донецк: ГУ ИПИИ, 2020. – С. 16–21.
5. Фёдоров, В. П. Прикладные методы теории надежности технических объектов и технологических систем : учебное пособие / В. П. Фёдоров, М. Н. Нагоркин. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-9729-0918-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/123814.html> (дата обращения: 14.09.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
6. Томашевский, В. М. Моделирование систем / В. М. Томашевский. — К.: Издательская группа BHV, 2005. — 352 с.

7. Дмитриук, Т. Г. Постановка задач планирования производственно-логистической деятельности предприятия // Информационное пространство Донбасса: проблемы и перспективы: материалы IV Респ. с междунар. участием науч.-практ. конф., 28 окт. 2019 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.

8. Дмитриук, Т. Г., Зори, С. А. Задачи планирования производственно-логистической

деятельности предприятия / Т. Г. Дмитриук, С. А. Зори // Научный журнал «Информатика и кибернетика». – Донецк: ДонНТУ, 2021. – № 4 (26). – С. 33-44.

9. Згуровский, М. З. Системный анализ: проблемы, методология, приложения / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. – К.: Наук. думка, 2005. – 744 с.

10. Фельдбаум, А. А. Основы теории оптимальных автоматических систем / А. А. Фельдбаум. – М.: Наука, 1966. – 624 с.

11. Ramus Educational download. Accesses, modifies and manages diagrams. [Electronic resource] // URL: <https://ramus-educational.software.informer.com/download/> (Дата обращения 02.01.2022).

Дмитриук Т. Г. Алгоритмическое обеспечение СППР оптимального планирования производственно-логистической деятельности предприятия. В статье осуществлена разработка структурной модели системы оптимального планирования СППР и на её основе — алгоритмов, позволяющих определять оптимальные значения корректировок показателей производственной и логистической деятельности предприятия. Разработанная функциональная структура системы управления производственно-логистической деятельностью ООО «Донецкий пивоваренный завод», согласно методике структурного синтеза, представляет собой составную часть технического проекта на создание СППР предприятия и может быть использована при создании системы управления предприятиями аналогичной структуры.

Ключевые слова: алгоритмическое обеспечение, информационное обеспечение, СППР, функциональная структура, планирование.

Dmitriuk T. Algorithmic support of the DSS for the enterprise production and logistics activities optimal planning. The article develops the optimal planning system structural model of the DSS and, based on it, algorithms that allow determining the optimal values of adjustments to the enterprise production and logistics activities indicators. The developed functional structure of the production and logistics activities management system of Donetsk Brewery LLC, according to the structural synthesis methodology, is an integral part of the technical project for the enterprise's DSS creation and can be used to create an enterprise management system of a similar structure.

Keywords: algorithmic support, information support, DSS, functional structure, planning.

Статья поступила в редакцию 22.11.2022
Рекомендуется к публикации профессором Зори С. А.