

ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАКАЗА ИМПОРТНОМУ ПОСТАВЩИКУ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ AS IS – TO BE

Николаева В.М., Кузнецова О.А.

*Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П. Королева,
Российская Федерация, г. Самара*

Аннотация. В работе проанализирован процесс закупок, который включает в себя консолидацию грузов в контейнерных перевозках на основе модели AS IS – TO BE. Для решения проблемы неэффективной загрузки контейнеров были адаптированы алгоритмы решения задачи 3D Bin Packing с учетом специфики B2B-закупок и ограничений: габариты контейнера, грузоподъемность, допустимые ориентации коробов и требования к устойчивости размещения. Разработана математическая модель с целевой функцией, максимизирующей загрузку по объему, весу и количеству размещенных мест.

Ключевые слова: оптимизация бизнес-процессов, консолидация грузов, трехмерная упаковка, математическая модель.

Введение

Анализ практики российских компаний-импортеров показывает наличие системных проблем в процессе консолидации груза. По данным из информационной системы одной из компаний [1] отрасли, коэффициент загрузки по массе существенно варьируется, показывая неоднородность в данных товаров при перевозке. Средний показатель загрузки составляет 0,52, что свидетельствует о значительных недогрузках.

Анализ отдела закупок

Для выявления узких мест в процессе закупки была разработана модель AS IS в нотации BPMN 2.0. Процесс включает следующих участников: отдел закупок/снабжения, поставщик, информационная система 1С:ERP. Анализ проводился методами работы с документацией (регламенты, приказы, спецификации), интервьюирования сотрудников и наблюдения за работой специалистов.

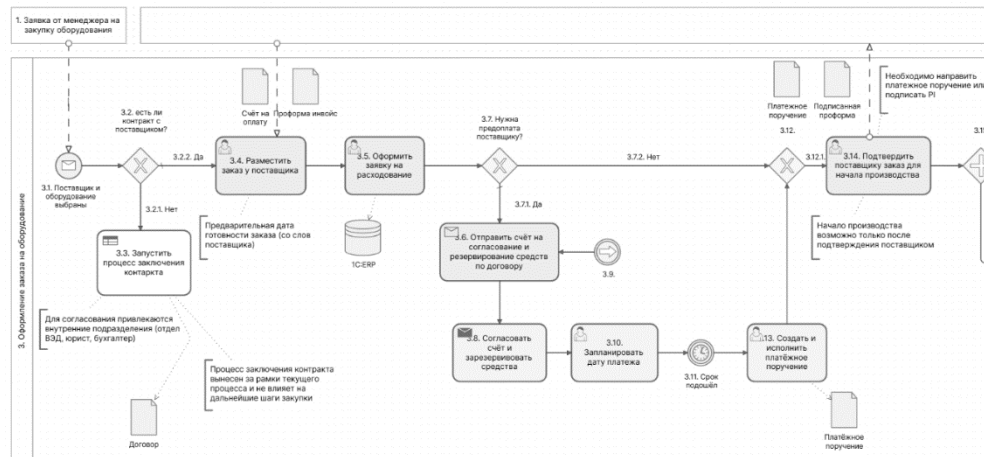


Рисунок 7 – BPMN-диаграмма процесса закупок AS IS (часть 1)

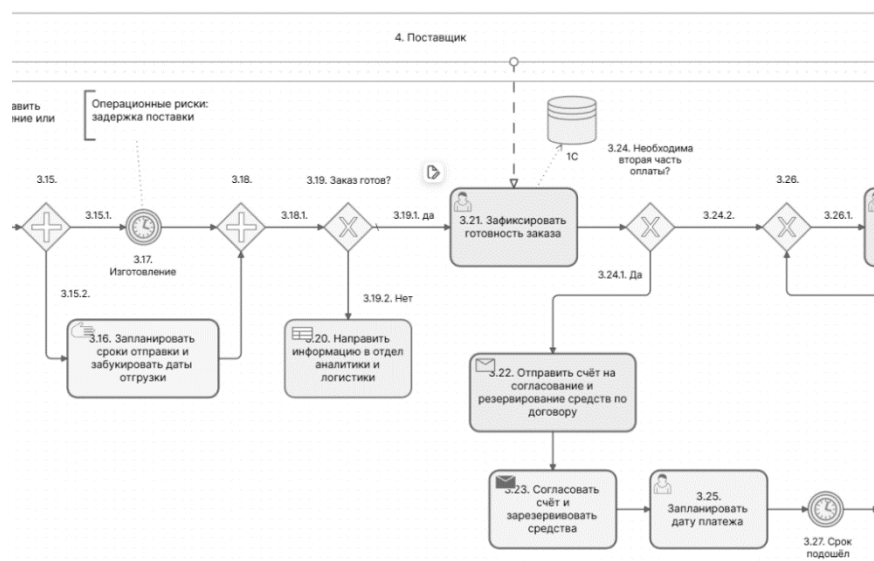


Рисунок 8 – BPMN-диаграмма процесса закупок AS IS (часть 2)

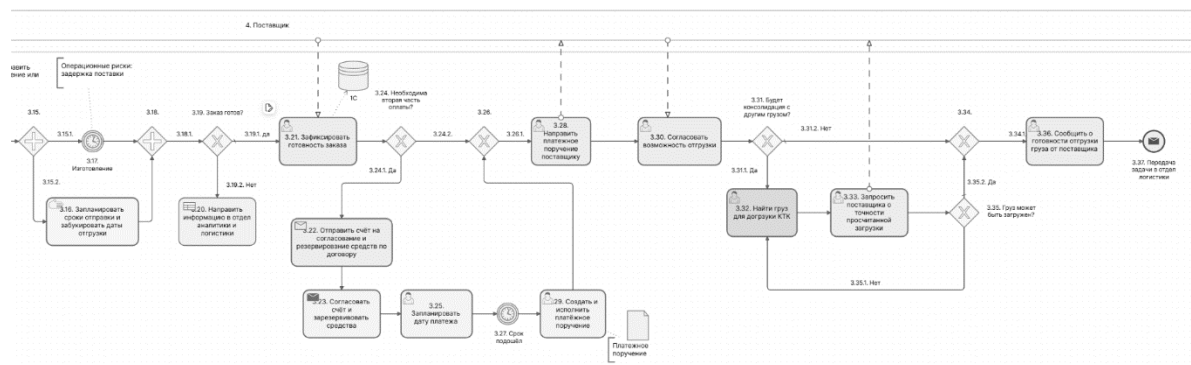


Рисунок 9 – BPMN-диаграмма процесса закупок AS IS (часть 3)

Причиной низкой загрузки является отсутствие формализованного процесса консолидации на одном из этапов размещения заказа поставщику.

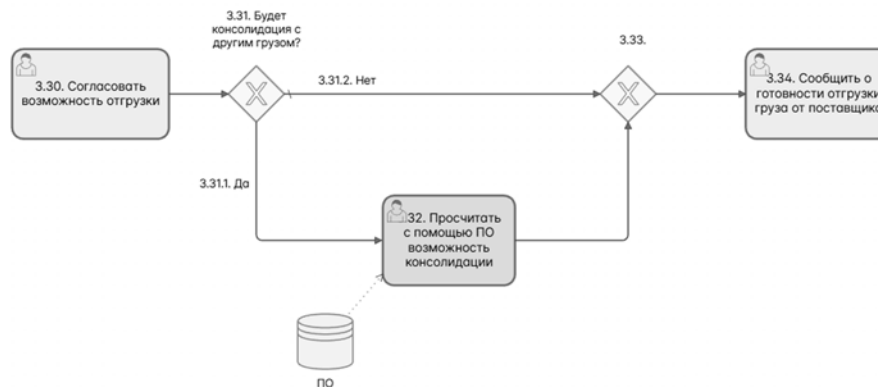


Рисунок 10 – BPMN-диаграмма процесса закупок ТО ВЕ (узкое место)

Ключевым узким местом процесса закупок является ручной подбор грузов для консолидации (рисунок 3). Данный процесс имеет следующие недостатки: высокая трудоемкость (среднее время выполнения задачи составляет 47 минут); субъективность решений менеджера при подборе кандидатов на консолидацию, отсутствие гарантий корректности расчетов со стороны поставщика, риск задержки отгрузки из-за длительного согласования, невозможность оценки альтернативных вариантов консолидации.

Автоматизация процесса консолидации грузов позволит сократить время выполнения операций и уменьшить влияние ручных расчетов. Аналогичный эффект описывается и в исследованиях автоматизированных бизнес-процессов авторов Ершовой С.А., Блиновой Е.А., где отмечается, что «при автоматизированном бизнес-процессе время нахождения клиента сокращается». Основные тенденции цифровизации в управлении цепями поставок рассматривали в своей работе Тимофеева Ю.Д., Мазурмович О.Н.

Предлагается использовать математическую модель трехмерной упаковки, которая позволит распределить груз между контейнерами наиболее эффективно, с учётом ограничений по массе и объёму.

Математическая модель трехмерной упаковки

Требуется разместить партию грузовых мест (коробок) разных размеров и веса в контейнеры выбранного типа. Для каждой коробки известны размеры (Д×Ш×В), вес и допустимые ориентации (можно/нельзя кантовать/штабелировать). Контейнер характеризуется внутренними размерами и допустимой грузоподъемностью.

Необходимо определить такое размещение всех коробок внутри контейнера, чтобы ни одна коробка не выходила за границы контейнера, коробки не пересекались, коробки располагались ортогонально (параллельно стенкам контейнера), соблюдалась устойчивость: каждая коробка лежит либо на полу контейнера, либо опирается на верхнюю грань других коробок, суммарный вес не превышал лимит контейнера.

Целевая функция модели

Математическая модель основана на принципе просчета состава контейнера, процента загрузки по объёму и по весу.

$$F = \alpha P_V + \beta P_M + \gamma P_N \rightarrow \max,$$

где F – коэффициент загрузки; P_V – коэффициент загрузки по объёму; P_M – коэффициент загрузки по весу; P_N – доля размещенных мест; α, β, γ – веса.

$$P_V = \frac{\sum_{i \in P} a_i b_i c_i}{LWH}, P_M = \frac{\sum_{i \in P} m_i}{M}, P_N = \frac{|P|}{N},$$

где a, b, c – длина, ширина, высота коробки после поворота, а размещение задается координатами левого нижнего ближнего угла: (x_i, y_i, z_i) ; L, W, H – внутренние размеры контейнера; M – допустимая масса контейнера.

Ограничения модели

Ограничения каждой коробки внутри контейнера:

$$\begin{aligned} x_i + a_i &\leq L, & y_i + b_i &\leq W, & z_i + c_i &\leq H, \\ 0 &\leq x_i, & 0 &\leq y_i, & 0 &\leq z_i. \end{aligned}$$

Ограничения на не пересечение коробок:

$$x_i + a_i \leq x_j \vee x_j + a_j \leq x_i \vee$$

$$y_i + b_i \leq y_j \vee y_j + b_j \leq y_i \vee$$

$$z_i + c_i \leq z_j \vee z_j + c_j \leq z_i.$$

Ортогональность: коробки можно располагать только в допустимых ориентациях: $(a_i, b_i, c_i) \in R_i$.

Ограничения по весу: $\sum_{i \in P} m_i \leq M$, где P – множество коробок, которые программа положила в контейнер.

Далее рассмотрим возможность постановки коробок друг на друга: коробка либо стоит на полу, либо все 4 угла ее нижнего основания опираются на верхние поверхности нижележащих коробок.

Обозначим множество коробок-опор для коробки i : $B(i) = \{j: z_j + c_j = z_i\}$.

Это коробки, чья верхняя грань находится ровно на уровне дна коробки i .

Для коробки i , если она не на полу, должно быть:

$$z_i = 0 \quad \text{или} \quad \forall p \in C_i \quad \exists j \in B(i): p \in \Pi_j$$

где C_i — 4 нижних угла основания коробки i ; Π_j — проекция верхней грани коробки j на плоскость XU .

Каждый из 4 нижних углов должен попадать на верхнюю грань какой-то коробки-опоры.

Нижние углы коробки i : (x_i, y_i) , $(x_i + a_i, y_i)$, $(x_i, y_i + b_i)$, $(x_i + a_i, y_i + b_i)$.

Для каждого такого угла (u, v) должно существовать j , такое что:

$$x_j \leq u \leq x_j + a_j, \quad y_j \leq v \leq y_j + b_j, \quad z_j + c_j = z_i$$

Также в качестве дополнительных метрик необходимо вывести формулу остатка места в контейнере:

$$\text{- по объему: } V_{rest} = LWH - \sum_{i \in P} a_i b_i c_i,$$

- по весу: $M_{rest} = M - \sum_{i \in P} m_i$,
- процент объемной загрузки: $Load_V = 100 \cdot \frac{\sum_{i \in P} a_i b_i c_i}{LWH}$,
- процент весовой загрузки: $Load_M = 100 \cdot \frac{\sum_{i \in P} m_i}{M}$.

Заключение

В работе представлен комплексный подход к оптимизации бизнес-процесса консолидации грузов в контейнерных перевозках, объединяющий моделирование процессов AS IS – TO BE и разработана математическая модель для оптимизации размещения грузов, что позволяет повысить коэффициент загрузки контейнеров, как следствие, снизить затраты на логистику путем автоматизации процесса загрузки.

Список литературы

1. Блинов А. О. Диагностика реинжиниринга бизнес-процессов современных организаций / А. О. Блинов // Вестн. Уфим. гос. ун-та экон. и сервиса Наука. Образование. Экономика. Сер.: Экономика. 2014. - № 2 (8). - С. 44-50.
2. Ершова С.А., Блинова Е.А. Совершенствование бизнес-процесса обслуживания розничных клиентов на конкурентном рынке аптек // Экономика и управление сложными системами : материалы конференции. — Самара : Самарский университет, 2023. — С. 471–472.
3. Луцан М.В., Нужнов Е.В. Решение задачи трехмерной упаковки с палетированием контейнеров // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2019. № 2. С. 31-38. DOI: 10.14489/vkit.2019.02.pp.031-038
4. Панфилов И. А., Шуклин А. В., Липинский Л. В. «Моделирование бизнес-процесса автоматизации внутренней сервисной службы» // В сборнике: «Интеллектуальная инженерная экономика и индустрия 5.0 (ЭКОПРОМ)». Сборник трудов Международной научно-практической конференции. — Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. — С. 695–699.
5. Сергеева Е.В. Управление цифровыми логистическими цепями в условиях развития индустрии 4.0 // Логистика сегодня. 2023. № 5. С. 314-326.
6. Сергеева С. А., Билашенко Н. А., Польских В. П. «Управление закупками в условиях цифровой трансформации» // Инновации и инвестиции. — 2023. — № 4. — С. 99–102.

7. Тимофеева Ю.Д., Мазурмович О.Н. Основные тенденции цифровизации в управлении цепями поставок // XVIII Международная научно-практическая конференция: «Научное сообщество XXI века». — 2021. — С. 41-45.

8. Bowersox D.J., Closs D.J., Cooper M.B. Supply Chain Logistics Management. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2013. 498 p.

9. Martello S., Pisinger D., Vigo D. The Three-Dimensional Bin Packing Problem // Operations Research. 2000. Vol. 48. № 2. P. 256-267. DOI: 10.1287/opre.48.2.256.12386

10. Notteboom T., Rodrigue J.-P. Containerisation, Box Logistics and Global Supply Chains: The Integration of Ports and Liner Shipping Networks // Maritime Economics & Logistics. 2008. Vol. 10. № 1-2. P. 152-174. DOI: 10.1057/palgrave.mel.9100196

OPTIMIZING THE BUSINESS PROCESS OF ORDER PLACEMENT WITH A FOREIGN SUPPLIER USING THE AS-IS – TO-BE MODEL

V.M. Nikolaeva, O.A. Kuznetsova

*Samara University,
Samara, Russian Federation*

Abstract. This paper presents the cargo consolidation process in container shipping modeled through the AS-IS – TO-BE framework. To address the problem of inefficient container utilization, 3D Bin Packing algorithms were adapted to account for the specifics of B2B procurement and the following constraints: container dimensions, load capacity, permissible box orientations, and placement stability requirements. A mathematical model was developed with an objective function that maximizes utilization with respect to volume, weight, and the number of items placed.

Keywords: business process optimization, cargo consolidation, three-dimensional bin packing, mathematical model.