УДК 658.7

А.Ю. Тюрин, профессор, д-р экон. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
Tyurin A.Yu., professor, D.Sc. (Economy)
(KuzSTU, Kemerovo)

КООРДИНАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ ОПЕРАЦИЙ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

COORDINATION OF TRANSPORT AND STORAGE OPERATIONS IN THE FOOD INDUSTRY

В статье рассматриваются вопросы координации транспортно-складских операций в пищевой промышленности. Предлагается применение методов ABC и XYZ с целью ранжирования товаров по степени важности. С учетом этого формируется хранение продукции на складах, комплектование заказов, отгрузка и доставка в торговую сеть.

The article discusses the issues of coordination of transport and warehouse operations in the food industry. The use of ABC and XYZ methods is proposed in order to rank products by importance. With this in mind, the storage of products in warehouses, order picking, shipment and delivery to the retail network are formed.

Процесс производства и распределения продукции в пищевой промышленности зависит от вида используемого сырья, степени механизации и автоматизации производства, номенклатуры выпускаемой продукции, конфигурации и степени механизации складского хозяйства.

На стадиях поставки сырья и доставки готовой продукции по выбранному каналу распределения используются транспортно-складские операции, характер протекания которых от многих факторов. Например, эффективное выполнение транспортных операций зависит от района обслуживания и специфических особенностей доставки продукции на этой территории [1], срока годности выпускаемой продукции [2] и конфигурации канала распределения товара [3]. Складское обслуживание, в первую очередь, должно быть согласовано с выполнением транспортных операций для снижения общего времени доставки продукции, увеличения оборачиваемости запасов, сокращения затрат по всей цепи доставки продукции. В этой связи могут широко применяться методы и алгоритмы комплектации заказов в обычных [4] и автоматизированных складах [5].

Рассмотрим процесс транспортно-складского обслуживания на примере организации доставки алкогольной продукции с оптового склада. Особенностью организации производства, хранения, комплектации заказов

и доставки алкогольной продукции потребителям является большая номенклатура выпускаемой продукции (50 товарных позиций с различными характеристиками используемой тары, упаковки, стоимости и сроков хранения) и нестабильность спроса на товар со стороны потребителя.

В связи с этим всю произведенную и, в дальнейшем, хранимую продукцию на оптовом складе на первом этапе необходимо разбить на группы с помощью методов ABC и XYZ, которые широко описаны в различных источниках. После этого на втором этапе будут выделены ячейки на складе для хранения каждой товарной позиции. На третьем этапе согласно поступившим заказам на отгрузку продукции осуществляется поиск и комплектация заказов на складе, передача в зону отгрузки, погрузка на автотранспорт и доставка товара по выбранному маршруту.

Применение методов ABC и XYZ к 50 товарным позициям дает следующие результаты (таблица 1).

Таблица 1 – Группировка продукции методами ABC и XYZ

Продукт	ABC	XYZ		Продукт	ABC	XYZ
Товарная позиция 1	A	Y		Товарная позиция 26	C	Y
Товарная позиция 2	A	Z		Товарная позиция 27	C	Z
Товарная позиция 3	A	Y		Товарная позиция 28	C	X
Товарная позиция 4	A	Z		Товарная позиция 29	C	Z
Товарная позиция 5	A	Z		Товарная позиция 30	C	Y
Товарная позиция 6	A	Z		Товарная позиция 31	C	Z
Товарная позиция 7	B	Y		Товарная позиция 32	C	Y
Товарная позиция 8	B	Y		Товарная позиция 33	C	Z
Товарная позиция 9	B	Z		Товарная позиция 34	C	Z
Товарная позиция 10	B	Y		Товарная позиция 35	C	Z
Товарная позиция 11	B	X		Товарная позиция 36	C	Z
Товарная позиция 12	B	Z		Товарная позиция 37	C	Z
Товарная позиция 13	B	Y		Товарная позиция 38	C	Z
Товарная позиция 14	C	Y		Товарная позиция 39	C	Z
Товарная позиция 15	C	Y		Товарная позиция 40	C	Z
Товарная позиция 16	C	Z		Товарная позиция 41	C	Z
Товарная позиция 17	C	Z		Товарная позиция 42	C	Z
Товарная позиция 18	C	Y		Товарная позиция 43	C	X
Товарная позиция 19	C	Z		Товарная позиция 44	C	X
Товарная позиция 20	C	Z		Товарная позиция 45	C	Z
Товарная позиция 21	C	X		Товарная позиция 46	C	X
Товарная позиция 22	C	Z		Товарная позиция 47	C	X
Товарная позиция 23	C	Y		Товарная позиция 48	C	X
Товарная позиция 24	C	Z		Товарная позиция 49	C	X
Товарная позиция 25	C	Y		Товарная позиция 50	C	X

Анализ данных таблицы 1 показывает, что товары группы А относятся по методу XYZ группе Z или Y. Следовательно, для товаров группы Z должна производиться гибкая политика закупок и сбыта, а для товаров группы Y – доставка оптимальными партиями на склад.

Товары группы А размешаются на складе ближе к зоне отгрузки с целью минимизации времени комплектации заказов. За ними располагаются товары группы В, а затем товары группы С.

Рассмотрим методику комплектации и отправки товаров в торговые сети Бегемаг, Бристоль, Мария-Ра и Магнит. Заказ на отгрузку потребителям указан в таблице 2.

Таблица 2 – Заказ на отгрузку

	Товарная позиция 1		
Торговая сеть Бегемаг			
1	Волгоградская улица, 32	22	ящ.
2	Инициативная улица, 95	22	ящ.
3	Молодёжный проспект, 10а	22	ящ.
4	Сибиряков-Гвардейцев улица, 16	21	ящ.
5	Строителей бульвар, 25	22	ящ.
6	Сухово, Сиреневый бульвар 4-й проезд, 1а	32	ящ.
	**********		
	Товарная позиция 2	Кол-во	
Торговая сеть Бристоль			
1	Ленина проспект, 130/1	35	ящ.
2	Московский проспект, 11	34	ящ.
3	Сибиряков-Гвардейцев улица, 277	35	ящ.
	**********		
	Товарная позиция 7		
Торговая сеть Мария-Ра			
1	Свободы, 19в	18	ящ.
2	Московский проспект, 4	20	ящ.
3	Ленинградский проспект, 21	19	ящ.
	**********		
	Товарная позиция 9		
Торговая сеть Магнит			
1	Греческая деревня улица, 57а	6	ящ.
2	Пионер, 13а	6	ящ.
3	Шахтёров проспект, 48а	6	ящ.
4	Нахимова, 34	6	ящ.
	**********		
	Товарная позиция 23		
Торговая сеть Магнит			
1	Березовский (Березовский городской округ), Карбышева улица, 13	4	ящ.
2	Металлистов, 1а/1	4	ящ.
3	Ракитянского улица, 1а	4	ящ.
	**********		
	Товарная позиция 27		
Торговая сеть Бристоль			
1	Ленина проспект, 136	18	ящ.
2	Московский проспект, 11	17	ящ.
3	Сибиряков-Гвардейцев улица, 16	17	ящ.
	**********		

Продолжение таблицы 2

	Товарная позиция 38		
Торговая сеть Бристоль			
1	Ленина проспект, 130/1	1	ящ.
2	Патриотов улица, 33	1	ящ.
	**********		
	Товарная позиция 42		
Торговая сеть Бристоль			
1	Ленина проспект, 130/1	1	ящ.
2	Московский проспект, 11	1	ящ.
3	Шахтёров проспект, 74Б	1	ящ.

На основе заказа отмечаются на планограмме склада ячейки для отбора товара (указаны синим цветом) (рисунок 1). Розовым цветом указана точка выхода и возврата комплектовщика в зону отгрузки. Отбор товаров для комплектации начинается с первых ячеек размещения товара на складе. Комплектация ведется сразу для всех товарных позиций и потребителей, указанных в таблице 2.

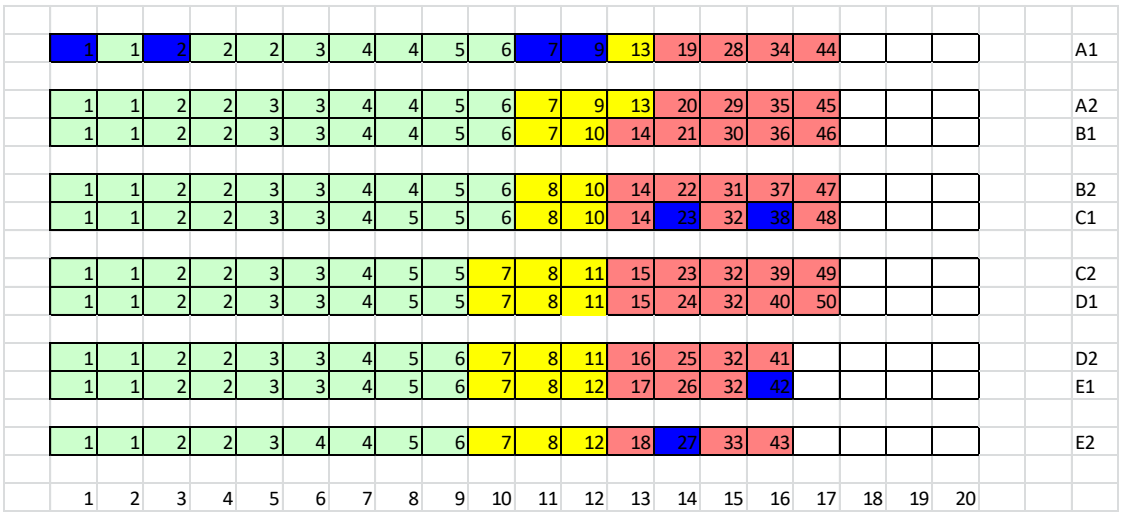

Рисунок 1 – Планограмма склада с указанием секций отбора товаров

Маршрут комплектовщика будем рассматривать в 3 вариантах:

1. «змейка» (S-shape)
2. С возвратом (Return)
3. По центральной линии (Mid-point)

Первый вариант «змейка» (S-shape) предполагает передвижение комплектовщика по проходам между рядами слева направо, начиная с розовой клетки, затем справа налево и так до последнего прохода и после него возврат в исходную точку (розовую клетку). Схема движения по данно-

му варианту представлена на рисунке 2. Общий проход комплектовщика составляет 337 м.

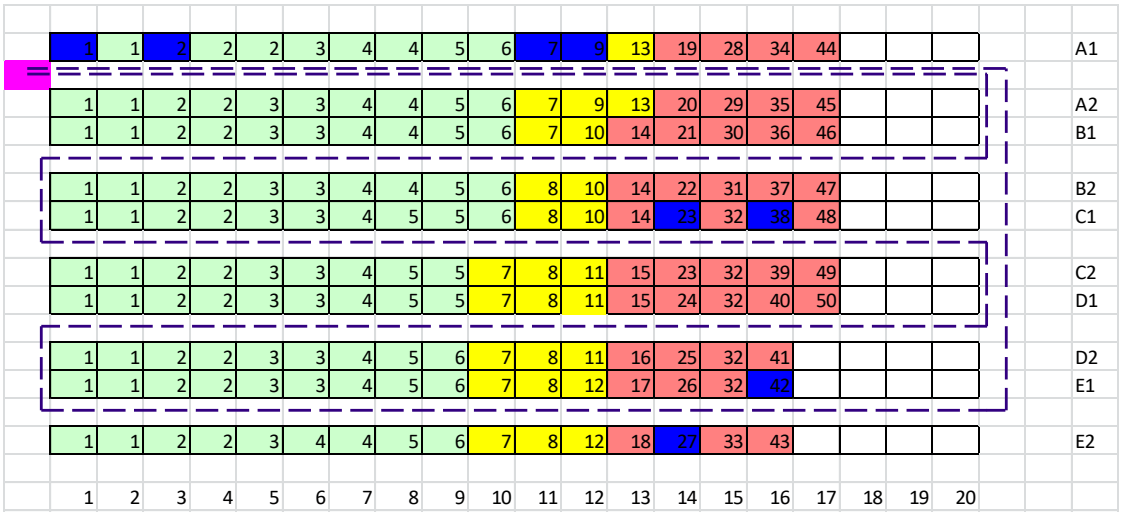

Рисунок 2 – Маршрут комплектовщика по варианту «змейка» (S-shape)

Второй вариант с возвратом (Return) предполагает передвижение комплектовщика по проходам между рядами слева направо, начиная с розовой клетки, и, доходя до последней отмеченной синим цветом секции, возврат в начало ряда, переход на новый ряд и так до последнего прохода и после него возврат в исходную точку (розовую клетку). Схема движения по данному варианту представлена на рисунке 3. Общий проход комплектовщика в этом случае составляет 286 м.

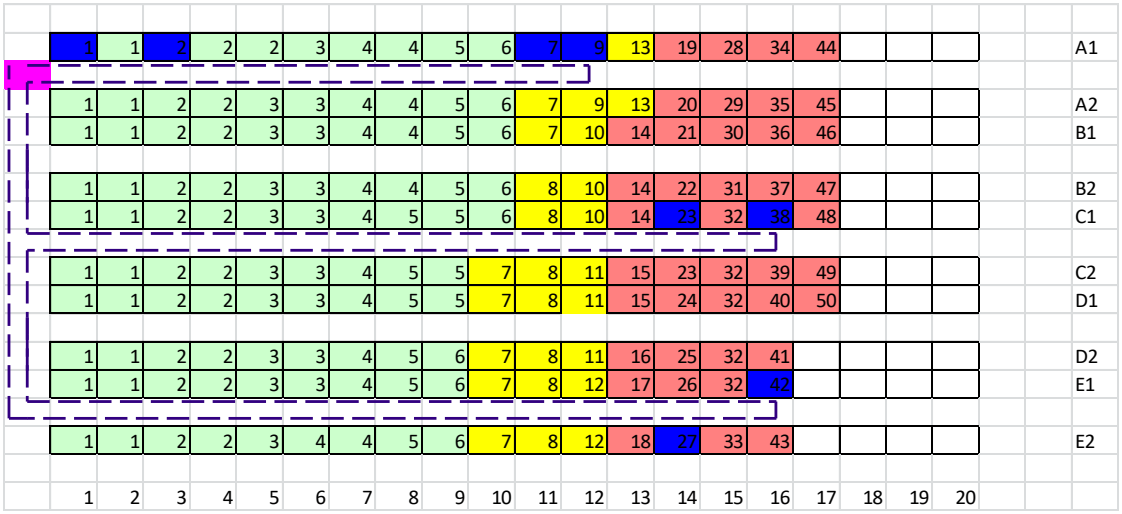

Рисунок 3 – Маршрут комплектовщика по варианту с возвратом (Return)

Третий вариант по центральной линии (Mid-point) предполагает деление склада на 2 зоны – левую и правую, передвижение комплектовщика по первому проходу до конца склада, затем отбор товара из правой зоны склада по варианту с возвратом (Return), переход по последнему проходу

на левую зону склада, затем отбор товара из левой зоны склада по варианту с возвратом (Return) и после этого возврат в исходную точку (розовую клетку). Если в каком-либо проходе (ряду) отсутствуют места отбора, то этот проход игнорируется комплектовщиком, и он сразу перемещается к другому проходу. Схема движения по данному варианту представлена на рисунке 4. Центральная линия (Mid-point) на рисунке 4 обозначена штрихпунктирной линией на границе 10 и 11 секции склад по длине. На данном рисунке показано, что в левой секции склада нет мест отбора, поэтому комплектовщик сразу перемещается с последнего ряда в исходную точку. Общий проход комплектовщика составляет 236 м. Из всех вариантов выбирается тот, который дает наименьшее расстояние перемещения комплектовщика по складу. Следовательно, наилучшим вариантом принимается Mid-point, дающий минимальное расстояние 236 м.

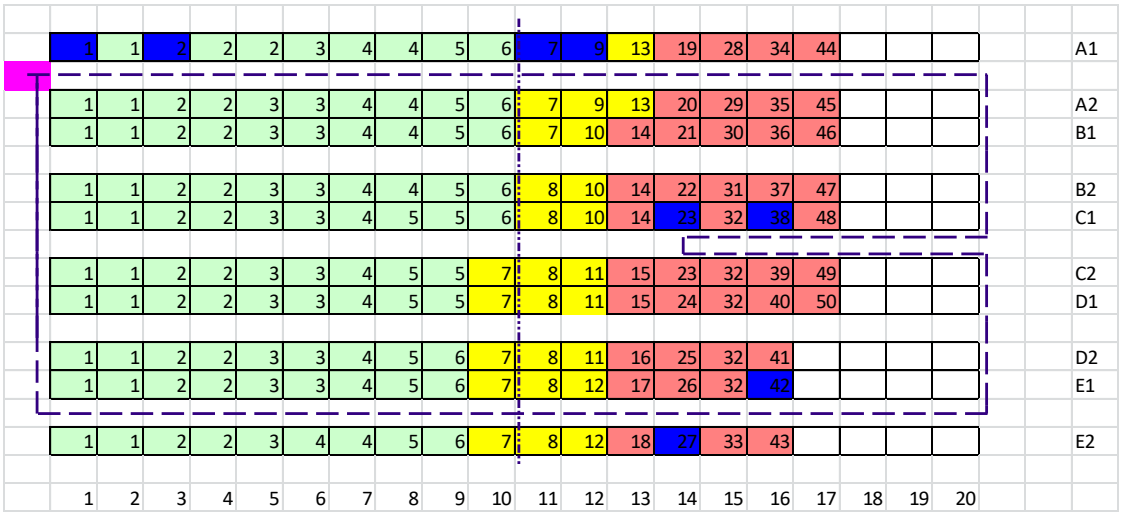

Рисунок 4 – Маршрут комплектовщика по варианту по центральной линии (Mid-point)

На заключительном этапе составляем маршруты перевозок скомплектованных заказов. Для маршрутизации будем использовать алгоритм Кларка и Райта [6]. Рассмотрим решение данной задачи на примере доставки продукции в торговую сеть «Бегемаг» (см. таблицу 2): имеется 6 потребителей груза, потребности завоза которых указаны в первом столбце таблицы 3. Выделено пять автомобилей грузоподъемностью 5 т (253 ящика). Так как потребность указана в ящиках, то и загрузку автомобилей будем учитывать в ящиках.

В каждом столбце P_i (таблица 3) указывают расстояние от i-го пункта до любого другого (P_{i+1}, P_{i+2}...).

Рассчитывают величины, характеризующие выигрыши в расстоянии, которые получают в результате объединения соответствующих маршрутов в один, и заносят их в таблицу 4. Желтые поля в таблице 4 для расчета выигрышей не используются.

Таблица 3 – Расстояния между пунктами

Потр., ящ.	Пункт	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	P0	0	4,7	17,9	3,6	7,2	6,5	7,6
22	P1	5,1	0	14,5	3,5	6,1	1,93	4,3
22	P2	17,7	14,2	0	15,3	11,6	14,3	17,5
22	P3	3,8	3,4	16,2	0	4,6	5,3	6,3
21	P4	7,6	6,3	12,4	5,4	0	7,7	9,8
22	P5	5,8	2	15,6	4,2	7,3	0	3,1
32	P6	7,6	3,8	17,2	6	9,2	3,8	0

Таблица 4 – Выигрыши при объединении пунктов

Потр., ящ.	Пункт	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	P0	0	4,7	18	3,6	7,2	6,5	7,6
22	P1	5,1	0	8,5	5,2	6,2	9,67	8,4
22	P2	18	8,2	0	6	13,3	9,9	7,8
22	P3	3,8	5,1	5,5	0	6,4	5	5,1
21	P4	7,6	6	13,1	5,8	0	6,4	5,4
22	P5	5,8	8,5	8,1	5,2	5,7	0	10,3
32	P6	7,6	8,5	8,3	5,2	5,6	10,3	0

Начинаем объединение пунктов в маршрут с максимального выигрыша. Из таблицы 4 видно, что наибольший выигрыш (13,3 км) достигается при объединении маятниковых маршрутов P_0 - P_2 - P_0 и P_0 - P_4 - P_0 в развозочный P_0 - P_2 - P_4 - P_0. Для развозочного маршрута P_0 - P_2 - P_4 - P_0 требуется автомобиль грузоподъемностью 43 ящ. и более (22 + 21 = 43 ящ.). Такой автомобиль имеется, поэтому объединение возможно.

Так как полученный маршрут соответствует последовательности P_0 - P_2 - P_4 - P_0 , то в дальнейшем надо присоединять пункты либо в начало маршрута, либо в его конец, т. е. до пункта P_2 или после пункта P_4**.** Следующий по убыванию выигрыш дает связь P_1 - P_2 = 8,5 км. Поэтому на следующем этапе объединяют в маршрут P_0 - P_1 - P_2 - P_4 - P_0 маршруты P_0 - P_1 - P_0 и P_0 - P_2 - P_4 - P_0. Загрузка на маршруте составит 43 + 22 = 65 ящ.

На следующем этапе выбираем пару P_5 - P_1 с выигрышем 8,5 км. В этом случае произойдет объединение маршрутов P_0 - P_5 - P_0 и P_0 - P_1 - P_2 - P_4 - P_0 в развозочный P_0 - P_5 - P_1 - P_2 - P_4 - P_0. Объем перевозок на маршруте при этом станет 65 + 22 = 87 ящ.

В дальнейшем максимальному выигрышу (10,3 км) соответствует пара P_6 - P_5. В этом случае произойдет объединение маршрутов P_0 - P_6 - P_0 и P_0 - P_5 - P_1 - P_2 - P_4 - P_0 в развозочный P_0 - P_6 - P_5 - P_1 - P_2 - P_4 - P_0. Объем перевозок на маршруте при этом станет 87 + 32 = 119 ящ.

Остался один нерассмотренный пункт 3. Его необходимо вставить либо перед пунктом 6 или после пункта 4. Максимальный выигрыш (5,8

км) у пары P_4 - P_3. В этом случае произойдет объединение маршрутов P_0 – P_3 - P_0 и P_0 - P_6 - P_5 - P_1 - P_2 - P_4 - P_0 в развозочный P_0 - P_6 - P_5 - P_1 - P_2 - P_4 - P_3 - P_0. Объем перевозок на маршруте при этом станет 119 + 22 = 141 ящ. Для маршрута P_0 - P_6 - P_5 - P_1 - P_2 - P_4 - P_3 - P_0 выделяют автомобиль грузоподъемностью 5 т (253 ящика). Результаты построения маршрута представлены в таблице 5. Аналогично строят маршруты для других торговых сетей.

Таблица 5 – Окончательный маршрут (торговая сеть «Бегемаг»)

№ п/п	Порядок объезда пунктов на маршруте	Объем перевозок, ящ.	Грузоподъемность автомобиля, ящ.
1	P_0 - P_6 - P_5 - P_1 - P_2 - P_4 - P_3 - P_0	141	253

В заключение необходимо отметить, что координация транспортно-складских операций позволит сократить время выполнения заказов потребителей, снизить простои транспорта, упорядочить работу складского персонала. Для реализации такой координации должны быть широко использованы информационные технологии для сбора заказов, своевременной комплектации, распределения транспорта под погрузку и формирование маршрутов доставки товаров потребителям.

Список литературы:

1. Тюрин, А. Ю. Проблемы регионального транспортного обслуживания предприятий пищевой промышленности / А. Ю. Тюрин. – Текст : непосредственный // Региональная экономика: теория и практика. – 2010. – № 28. – С. 61-68.

2. Тюрин, А. Ю. Особенности выбора схем транспортировки продукции предприятий пищевой промышленности с различными сроками годности / А. Ю. Тюрин. – Текст : непосредственный // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2010. – № 1. – С. 136-139.

3. Тюрин, А. Ю. Выбор складской формы товародвижения продукции агропромышленного комплекса в розничной торговле / А. Ю. Тюрин. – Текст : непосредственный // Научное обозрение: теория и практика. – 2024. – Т. 14. Вып. 6 (106). – С. 1101-1114.

4. de Koster R. Efficient orderbatching methods in warehouses / R. de Koster, E. van der Poort, M. Wolters. – Direct text // Int. J. Prod. Res. – 1999. – 37. – P. 1479–1504.

5. Elsayed E. A. Algorithms for optimal material handling in automatic warehousing systems. / E. A. Elsayed. – Direct text // Int. J. Prod. Res. – 1981. – 19. – P. 525–535.

6. Clark G. Scheduling of vehicles from central depot to a number delivery points / G. Clark, J. W. Write. – Direct text // Oper. Res. Quart. – 1964. – 12, № 4. – P. 568-581.