

УДК 658.7

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Ю. Тюрин, д-р экон. наук, доцент, профессор

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева,  
г. Кемерово

Организация доставки готовой продукции потребителям пищевой промышленности является ключевой функцией взаимодействия поставщиков и потребителей. Продвижение товара к потребителю возможно через распределительные центры и напрямую от поставщика собственным и наемным транспортом [1-3].

Для предприятий пивоалкогольной промышленности доставка грузов может осуществляться в различных транспортных модулях: в кегах, представляющих собой бочки для доставки продукции со сроком хранения до 1 месяца, в стеклобутылке и ПЭТ в укрупненных грузовых единицах (упаковках) для доставки продукции со сроком хранения до 2-3 месяцев для пива и до 5 месяцев для безалкогольной продукции.

Рассмотрим процесс формирования рейсов на примере ООО «ТД «Золотая сова». Для доставки готовой продукции потребителям будут использоваться автомобили-рефрижераторы Hino грузоподъемностью 7 и 10 т. Для осуществления маршрутизации перевозок была выбрана группа из 32 потребителей, отраженная на рисунке 1.

Каждый потребитель должен быть обслужен разное количество раз за временной интервал, например, за неделю. На рисунке 1 отмечены потребители, которые обслуживаются 1 раз за неделю, 2 раза за неделю и ежедневно. В связи с этим возникает задача построения маршрутов с периодической доставкой, которая минимизирует общий пробег, время доставки или общую стоимость перевозок всей продукции потребителям задействованным подвижным составом за неделю.

Данный класс задач маршрутизации был рассмотрен, например, в [4-6]. Для решения задачи будем использовать Sweep алгоритм и эвристики улучшения маршрутов 2-opt [7]. Sweep алгоритм применяется к задачам маршрутизации, когда известны координаты пунктов. Возможные кластеры первоначально формируются путем вращения луча с центром у поставщика. Затем маршрут транспортного средства получается для каждого кластера путем решения задачи коммивояжера. Несколько известно, первые упоминания об этом типе метода встречаются в [8], но sweep алгоритм обычно приписывают авторам в работе [9], которые его популяризовали. Простая реализация это-

го метода заключается в следующем. Предположим, что каждая вершина  $i$  представлена ее полярными координатами  $(\theta_i, \rho_i)$ , где  $\theta_i$  - угол, а  $\rho_i$  - длина луча. Необходимо присвоить значение  $\theta_i^* = 0$  произвольной вершине  $i^*$  и вычислить оставшиеся углы с центром в 0 от начального луча  $(0, i^*)$  (см. рисунок 2). Затем ранжировать вершины в порядке возрастания их  $\theta_i$ .

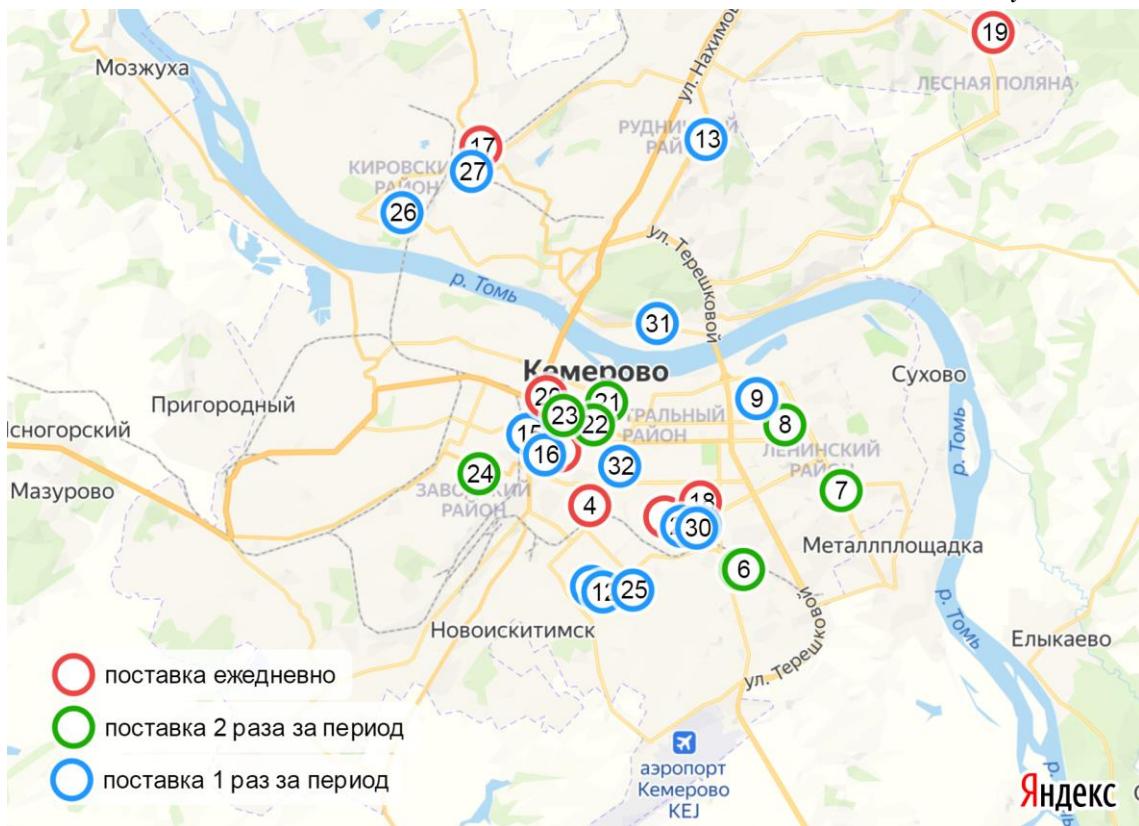


Рисунок 1 – Схема периодической маршрутизации

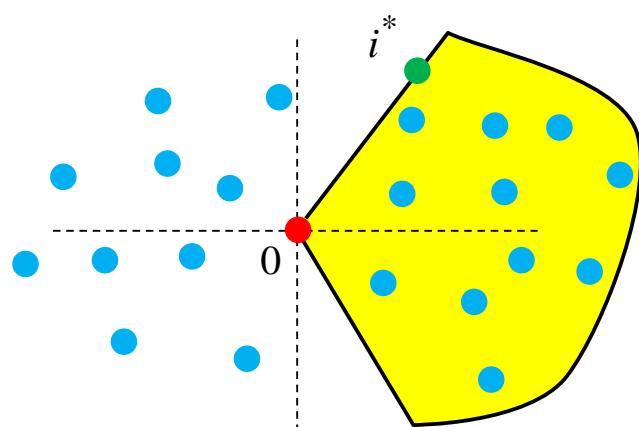


Рисунок 2 – Sweep алгоритм

Общая схема алгоритма выглядит следующим образом.

Шаг 1 (Инициализация маршрута). Выбрать неиспользуемое транспортное средство  $k$ .

**Шаг 2 (Построение маршрута).** Начиная с не проложенной вершины, имеющей наименьший угол, назначить вершины транспортному средству к до тех пор, пока не будет превышена его вместимость или максимальная длина маршрута. Если непроходимые вершины остались, перейти к шагу 1.

**Шаг 3 (Оптимизация маршрута).** Оптимизировать маршрут каждого транспортного средства отдельно, решив соответствующую задачу коммивояжера.

Как было сказано ранее, доставка осуществляется в кегах, стеклотаре и ПЭТ. При этом разброс в заказах потребителей составляет от 0 до 504 кг для кег, от 50 до 200 кг для стеклобутылки и от 60 до 300 кг для ПЭТ. Для составления рейсов разобьем горизонт планирования на 2 периода: с понедельника до четверга и с пятницы до понедельника. В пределах каждого периода построим проектируемые маршруты перевозок и сравним их с фактическими маршрутами. При этом возможны перемещения объектов обслуживания между маршрутами. Например, в фактическом маршруте №1 (таблица 1) присутствовал магазин №16, который в проектируемом маршруте (таблица 2) был заменен на магазин №12, в результате чего повысилась загрузка автомобиля на маршруте №1 с 3386 кг (таблица 1) до 3825 кг (таблица 2).

**Таблица 1 – Объём поставок на фактическом маршруте №1**

№ п/п	Наименование клиента	Кол-во упаковок, шт			Общий вес упаковок, кг			Общий вес груза, кг
		Кеги	Стекло	ПЭТ	Кеги	Стекло	ПЭТ	
1	Магазин №13	2	10	6	126	100	60	286
2	Магазин №4	4	15	10	252	150	100	502
3	Магазин №15	2	6	12	126	60	120	306
4	Магазин №16	0	5	10	0	50	100	150
5	Магазин №9	2	13	25	126	130	250	506
6	Магазин №6	6	16	15	378	160	150	688
7	Магазин №2	3	12	10	189	120	100	409
8	Магазин №8	3	17	18	189	170	180	539
<b>ИТОГО</b>		<b>22</b>	<b>94</b>	<b>106</b>	<b>1386</b>	<b>940</b>	<b>1060</b>	<b>3386</b>

**Таблица 2 – Объём поставок на проектируемом маршруте №1**

№ п/п	Наименование клиента	Кол-во упаковок, шт			Общий вес упаковок, кг			Общий вес груза, кг
		Кеги	Стекло	ПЭТ	Кеги	Стекло	ПЭТ	
1	Магазин №13	2	10	6	126	100	60	286
2	Магазин №4	4	15	10	252	150	100	502
3	Магазин №15	2	6	12	126	60	120	306
4	Магазин №12	3	20	20	189	200	200	589
5	Магазин №9	2	13	25	126	130	250	506
6	Магазин №6	6	16	15	378	160	150	688
7	Магазин №2	3	12	10	189	120	100	409
8	Магазин №8	3	17	18	189	170	180	539
<b>ИТОГО</b>		<b>25</b>	<b>109</b>	<b>116</b>	<b>1575</b>	<b>1090</b>	<b>1160</b>	<b>3825</b>

Технико-эксплуатационные показатели фактических и проектируемых маршрутов представлены в таблицах 3 и 4 соответственно.

**Таблица 3 – Технико-эксплуатационные показатели фактических маршрутов**

№ п/п	Показатель	№ фактического маршрута							
		понед.-четверг				пятница-понед.			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Длина маршрута, км	43	35	74	32	68	69	71	89
2	Объём груза на маршруте, кг	3386	2986	4035	3239	3695	2866	5415	3686
3	Грузоподъёмность ТС, т	7	7	10	7	7	7	10	7
4	Длина нулевого пробега, км	2	3	7	4	4	9	9	2
5	Длина общего пробега, км	45	38	81	36	72	78	80	91
6	Длина пробега с грузом, км	40	31	67	29	63	64	65	82
7	Коэффициент использования пробега	0,89	0,82	0,83	0,81	0,88	0,82	0,81	0,90
8	Коэффициент статического использования грузоподъёмности	0,48	0,43	0,40	0,46	0,53	0,41	0,54	0,53

Анализ результатов таблицы 3 показывает, что за период с понедельника по четверг на всех четырех фактических маршрутах суммарный пробег составил 184 км (в среднем для одного маршрута 46 км), а за период с пятницы до понедельника на всех четырех фактических маршрутах суммарный пробег составил 297 км (в среднем для одного маршрута 74,25 км).

**Таблица 4 – Технико-эксплуатационные показатели проектируемых маршрутов**

№ п/п	Показатель	№ проектируемого маршрута							
		понед.-четверг				пятница-понед.			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Длина маршрута, км	40	27	54	38	68	56	62	62
2	Объём груза на маршруте, кг	3825	2547	4559	2715	3545	3016	5126	3975
3	Грузоподъёмность ТС, т	7	7	10	7	7	7	10	7
4	Длина нулевого пробега, км	5	6	7	4	4	9	9	4
5	Длина общего пробега, км	45	33	61	42	72	65	71	66
6	Длина пробега с грузом, км	33	15	40	22	60	44	54	51
7	Коэффициент использования пробега	0,73	0,45	0,66	0,52	0,83	0,68	0,76	0,77
8	Коэффициент статического использования грузоподъёмности	0,55	0,36	0,46	0,39	0,51	0,43	0,51	0,57

Аналогичный анализ результатов таблицы 4 показывает, что за период с понедельника по четверг на всех четырех проектируемых маршрутах суммарный пробег составил 159 км (в среднем для одного маршрута 39,75 км), а за период с пятницы до понедельника на всех четырех проектируемых маршрутах суммарный пробег составил 248 км (в среднем для одного маршрута 62 км).

На основе полученных данных из вышепредставленных таблиц, можно сделать вывод, что предлагаемые мероприятия позволяют улучшить технико-эксплуатационные показатели транспортных средств на маршрутах, в том числе: уменьшить общий пробег ТС (на 25 км для периода с понедельника по четверг и на 49 км для периода с пятницы по понедельник).

Соответственно, в целом сокращение пробега за неделю составит 74 км и 15,3% от первоначального пробега.

В заключение необходимо отметить, что задача периодической маршрутизации относится к классу трудных задач, в которых с увеличением размерности задачи экспоненциально растет вычислительная сложность. Помимо этого на начальном этапе возможно придется объединить потребителей в различные кластеры, удовлетворяющие дням обслуживания клиентов. Дополнительно потребуется рассмотрение различных вариантов маршрутизации с целью достижения критерия оптимизации. С прикладной точки зрения применение задачи периодической маршрутизации позволяет выровнять загрузку транспортных средств, графики работы водителей, сократить эксплуатационные затраты по обслуживанию потребителей.

#### **Список литературы:**

1. Тюрин, А.Ю. Особенности решения задач транспортной логистики в пищевой промышленности / А.Ю. Тюрин. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2013. – №3. – С.146-148.
2. Тюрин, А.Ю. Особенности выбора схем транспортировки продукции предприятий пищевой промышленности с различными сроками годности // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2010. – № 1. – С. 136-139.
3. Тюрин, А.Ю. Методика планирования маршрутов доставки грузов мелкими партиями на большой сети обслуживания / А.Ю. Тюрин. – Текст : непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – №3. – С.133-136.
4. Baptista S., Oliveira R.C., Zúquete E. A Period Vehicle Routing Case Study // European Journal of Oper. Res. – 2002. – 139. – P. 220-229.
5. Chao I.M., Golden B., Wasil E. An improved heuristic for the period vehicle routing problem // Networks. – 1995. – 26(1). – P. 25-44.
6. Christofides N., Beasley J. The period routing problem // Networks. – 1984. – 14(2). – P. 237-256.
7. Lin S. Computer Solutions of the TSP // Bell Syst. Tech. J. – 1965. – 44. – P. 2245–2269.
8. Wren A., Holliday A. Computer scheduling of vehicles from one or more depots to a number of delivery Points // Oper. Res. Quart.– 1972.– 23, № 3.– P. 333-344.
9. Gillet B. E., Miller L. R. A heuristic algorithm for the vehicle-dispatch problem // Oper. Res. Quart – 1972 – 22, № 2.– P. 340–349.