

Oper. Res. Society. – 1993. – 44. – P. 289–296.

9. Dueck G., Scheurer T. Threshold accepting: A general purpose optimization algorithm // Journal of Computational Physics. – 1990. – 90. – P. 161-175.

10. Dueck G. New optimization heuristics: The great deluge algorithm and the record-to-record travel // Journal of Computational Physics. – 1993. – 104. – P. 86-92.

11. Barr R.S., Golden B.L., Kelly J.P., Resende M.G.C., Stewart W.R. Jr. Designing and reporting on computational experiments with heuristic methods // Journal of Heuristics. – 1995. – 1. – P. 9-32.

12. Dorigo M., Maniezzo V., Colorni A. Ant system: Optimization by a colony of cooperating agents // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part B. – 1996. – 26. – P. 29-41.

13. Dorigo M., Gambardella L.M. Ant colony system: A cooperative learning approach for the traveling salesman problem // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. – 1997. – 1. – P. 53-66.

14. Costa D., Hertz A. Ants can colour graphs // Journal of the Oper. Res. Society. – 1997. – 48. – P. 275-305.

15. Potvin J.-Y., Duhamel C., Guertin F. A genetic algorithm for vehicle routing with backhauling // Applied Intelligence. – 1996. – 6. – P. 345-355.

16. Potvin J.-Y. Genetic algorithms for the traveling salesman problem // Annals of Oper. Res. – 1996. – 63. – P. 339-370.

17. Rochat Y., Taillard E.D. Probabilistic diversification and intensification in local search for vehicle routing // Journal of Heuristics. – 1995. – 1. – P. 147–167.

18. Xu J., Kelly J.P. A network flow-based tabu search heuristic for the vehicle routing problem // Transp. Sci. – 1996. – 30. – P. 379–393.

□Автор статьи:

Тюрин
Алексей Юрьевич
– канд. экон. наук, доц.
каф. автомобильных перевозок

УДК 656.135.073

А.Ю. Тюрин, Е.Н. Забелин, Е.В. Метелев

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Использование логистического подхода в производственных структурах позволяет сократить общие издержки по всей логистической цепи, повысить конкурентоспособность предприятия, расширить рынки сбыта своей продукции. Особенно это актуально для предприятий пищевой промышленности, в том числе и молочной, так как они имеют обширные связи со многими поставщиками сырья, многоканальную разветвленную сбытовую сеть и производят широкий ассортимент готовой продукции. При этом они постоянно решают транспортные задачи, направленные на снижение транспортной составляющей цены товара, согласуют транспортные и производственные ритмы с целью снижения уровня запасов на складах, выравнивания произ-

водственной мощности. Таким образом, создаются мощные транспортно-логистические системы, которыми необходимо управлять в оперативном режиме.

Особенно остро стоит задача управления такими системами в молочной промышленности, так как весь цикл от поставки сырья до производства, а затем и реализации продукции имеет ограниченный период времени. Помимо этого при разработке схемы доставки сырья и реализации готовой продукции учитываются физико-химические свойства молока и других компонентов, их температурный режим перевозки, неравномерность поставок сырья и готовой продукции во времени и т.д.

Ввиду сложности проблемы рассмотрим только вариант дос-

тавки сырого молока на объекты переработки. В качестве объекта исследования возьмем ОАО «Кемеровский молочный комбинат», который входит в структуру холдинга «Юнимилк».

ОАО «Кемеровский молочный комбинат» известен среди переработчиков как наиболее крупный производитель молочных продуктов – по объему переработки молока предприятие занимает первое место в Кузбассе. На территории Кузбасса предприятие холдинга «Юнимилк» сталкивается с конкуренцией со стороны региональных предприятий, предприятий сопредельных регионов и национальных игроков, среди которых можно выделить таких, как «Скоморошка», «Анжерское молоко», «Юргинский гормолзавод», «Деревенский молочный

завод».

Поставка сырого молока на предприятие осуществляется с 22 молокоприемных пунктов, расположенных от завода на расстоянии от 38 до 295 км. При этом суточный объем вывоза колеблется от 0,5 до 7,8 т. Так как сырье имеет ограниченный температурный режим доставки, используем тепловой баланс для выбора подвижного состава и определения маршрутов перевозки сырого молока.

Теоретически тепловой баланс любой перевозки скропортиящихся грузов определяется следующим образом. При расчете тепла, которое необходимо отвести из автоцистерны или подвести в нее, необходимо учитывать составляющие теплового баланса: количество тепла Q_1 , проходящего через стеки цистерны; количество тепла Q_2 , накапливающегося в теплоустойчивой цистерне; количество тепла Q_3 , накапливающегося в пищевых продуктах; количество тепла Q_4 , накапливающегося в агрегатах (трубах, вентиляторах, крюках и др.) кузова; количество тепла Q_5 , отдываемого продуктом при испарении, брожении, и т.п.; количество тепла W , производимого воздухозаборниками (при их наличии); количество тепла Q , поглощаемого источниками холода или отдываемого источником тепла.

Общее уравнение теплового баланса имеет следующий вид:

$$Q - W = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5. \quad (1)$$

Чтобы упростить выбор подвижного состава в зависимости от различных параметров перевозок скропортиющихся грузов (рода пищевых продуктов, продолжительности перевозки, наружной температуры), применяется упрощенная формула теплового баланса, которая имеет вид:

$$Q = Q_1 + Q_3 + Q_5 + W. \quad (2)$$

В расчете по упрощенной формуле не учитывается тепло, накапливающееся в изоляционном материале автомобиля (Q_2) и в его агрегатах (Q_4), вследст-

вие малых значений этих потерь.

Так как для перевозки сырого молока используются автомобили-цистерны вместимостью 4,8,10 и 12 м³, то формула (2) преобразуется в формулу:

$$Q = Q_1 + Q_3 + Q_5. \quad (3)$$

Для определения температуры молока в конце перевозки по упрощенной формуле необходимо знать, помимо теплоизолирующих свойств цистерны, температурных условий перевозки данного груза и продолжительность его перевозки, температуру продукта при погрузке, чистый вес груза, вес его упаковки, средневзвешенную удельную теплоемкость продукта и удельное количество тепла, отдываемого продуктом при средней внутренней температуре. Согласно ГОСТ Р 52054-2003 температура сырого молока при перевозке должна быть не менее +2, но не более +8 С.

Количество тепла Q_1 , проходящего через стеки цистерны можно определить по следующей формуле

$$Q_1 = K \cdot S(T_n - T_b) \tau_{\text{дв}}, \quad (4)$$

где K – общий коэффициент теплопередачи, ккал/м²·ч·°С; S – средняя поверхность кузова транспортного средства, м²; T_n – средняя наружная температура кузова, °С; T_b – средняя температура внутри цистерны, °С; $\tau_{\text{дв}}$ – продолжительность перевозки, ч.

Расчет тепла, накапливающегося в сырьем молоке, производится по формуле

$$Q_3 = m \cdot C \cdot \Delta t, \quad (5)$$

где m – масса груза нетто, кг; C – средневзвешенная удельная теплоемкость молока, ккал/кг·°С; Δt – разность между температурой продукта при погрузке и температурой в конце перевозки, °С.

Расчет тепла, отдываемого продуктом при испарении, брожении и т. д., производится по формуле

$$Q_5 = mq_{\text{уд}} \cdot \tau_{\text{дв}}, \quad (6)$$

где $q_{\text{уд}}$ – количество тепла,

отдаваемого пищевым продуктом при средней внутренней температуре, ккал/м²·ч·°С.

Абсолютная величина Q представляет собой количество тепла, которое необходимо отвести из цистерны или подвести в нее. Однако расчет по упрощенной формуле не учитывает потери холода вследствие солнечной радиации, инфильтрации воздуха и другие непредвиденные потери. Поэтому полученную расчетом величину рекомендуется умножить на коэффициент 1,33.

С учетом этого, общее количество тепла, которое необходимо подвести внутрь или отвести из цистерны, может быть рассчитано по формуле:

$$Q_{\text{об}} = 1,33(Q_1 + Q_3 + Q_5), \quad (7)$$

или в развернутом виде:

$$\begin{aligned} mC(T'_k - T'_n) &= \\ &= 1,33(KS(T_n - T_b)\tau_{\text{дв}} + mq_{\text{уд}}\tau_{\text{дв}}) \end{aligned} \quad (8)$$

где T'_k – температура молока в конце перевозки, °С; T'_n – температура молока в начале перевозки, °С.

Из этой формулы можно выразить температуру молока в конце перевозки:

$$\begin{aligned} T'_k &= [1,33(K \cdot S \cdot (T_n - T_b)\tau_{\text{дв}} + \\ &+ m \cdot q_{\text{уд}}\tau_{\text{дв}}) + m \cdot C \cdot T'_n] / mC \end{aligned} \quad (9)$$

Используя вышеперечисленные зависимости, произведем расчет конечной температуры продукта для автоцистерн емкостью 4, 8, 10 и 12 м³ при изменении температуры окружающей среды от -40 до +40 °С и времени ездки от 1,5 до 12 ч.

Температура молока в конце перевозки при температуре воздуха - 40С и времени ездки с грузом 1,5 часа при использовании автоцистерны емкостью 4 м³ составит $T'_k = 4,53$ °С, что соответствует требованиям ГОСТ Р 52054-2003. Аналогичным образом получаются все остальные значения температуры молока в конце транспортировки. Для удобства все расчеты представлены в виде таблиц 1 и 2, в которых знаком

Таблица 1. Сводная таблица допустимости выполнения рейсов автомобилем-цистерной ёмкостью 4 м³

Время ездки с грузом, ч	Температура, С																
	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
1,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
10,5	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
12	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

Таблица 2. Сводная таблица допустимости выполнения рейсов автомобилем-цистерной ёмкостью 8,10 и 12 м³

Время ездки с грузом, ч	Температура, С																
	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
1,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
10,5	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
12	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

«+» указывается температура молока в конце транспортировки, соответствующая требованиям ГОСТ Р 52054-2003, а знаком «-» – не соответствующая требованиям ГОСТ Р 52054-2003 и препятствующая выполнению такой перевозки продукта на данном транспортном средстве.

Из приведенных таблиц следует, что время ездки более 10,5 ч, а в некоторых случаях более 9 ч является недопустимым при очень низких и высоких температурах окружающей среды. Следовательно, в зависимости от расположения поставщика сырого молока до перерабатывающего завода на основе данных таблиц 1 и 2 окончательно закрепляем соответствующий тип подвижного состава за поставщиком.

Анализ закрепления подвижного состава и выполнения

рейсов на ОАО «Кемеровский молочный комбинат» показал их неэффективность, которая выражается в излишнем переборе подвижного состава и увеличении себестоимости перевозок, которая, в свою очередь, влияет на окончательную цену товара.

Чтобы ликвидировать этот недостаток была проведена маршрутизация перевозок с использованием метода Фишера-Якумара, в результате чего были получены кольцевые сборные и маятниковые маршруты в отличие от маятниковых маршрутов, используемых на предприятии.

При формировании группы (клUSTERA) поставщиков учитывались требования совместности сырого молока по показателю кислотности, перевозимого одной автоцистерной за рейс.

В качестве примера в табл.

3 приведены результаты маршрутизации перевозок сырья от 22 поставщиков, разбитых на 2 кластера, на ОАО «Кемеровский молочный комбинат». В табл. 3 номер 0 соответствует ОАО «Кемеровский молочный комбинат», а номера 1-11 – поставщикам сырого молока.

Анализ табл. 3 показывает сокращение транспортных расходов на 1 т сырья с 413,63 р. до 342,98 р. Также идет сокращение провозной мощности подвижного состава с 104,1 до 82,8 т при неизменном объеме вывоза сырья за сутки – 80,4 т. Таким образом, наблюдает экономический эффект за счет внедрения предлагаемого подхода. В заключение хочется отметить, что данная методика была внедрена в службе логистики ОАО «Кемеровский молочный комбинат» холдинга «Юнимилк».

Таблица 3

Основные технико-экономические показатели маршрутанизации

1 кластер							
Маршрут	Вместимость цистерны, кг	Вывоз, кг	Коэф. исп. грузопод.	Общий пробег, км	Себестоимость 1 км, р./км	Затраты за рейс, р.	Транспортные расходы на 1т, р./т
0-6-4-10-9-8-7-0	18000	17900	0,994	587	13,07	7672,09	428,60
0-5-2-1-0	12000	11900	0,992	379	12,03	4559,37	383,14
0-3-0	3700	3300	0,892	340	6,34	2155,61	653,21
0-11-0	7800	7000	0,897	380	9,19	3492,22	498,88
Всего по 1кластеру	41500	40100	0,966	1686	10,15	17879,26	490,96
2 кластер							
0-4-10-9-11-6-0	12000	11700	0,975	299	12,03	3596,97	307,43
0-7-8-0	10000	9500	0,95	127	10,61	1347,47	141,83
0-5-1-0	3700	3600	0,973	143	6,34	906,62	251,83
0-1-0	3700	3600	0,973	76	6,34	481,84	133,84
0-2-0	7800	7800	1	140	9,19	1286,61	164,94
0-3-0	4100	4100	1	110	6,34	697,42	170,09
Всего по 2 кластеру	41300	40300	0,976	895	8,47	8316,91	195,00
Итого	82800	80400	0,971	2581	9,31	26196,16	342,98
по факту							
Итого	104100	80400	0,772	4238	7,84	33255,83	413,63

Выводы:

1. Использование теплового баланса позволяет правильно выбрать температурные режимы транспортировки, оптимально подобрать необходимый подвижной состав для доставки любого скоропортящегося груза, в том числе и сырого молока.

2. Учет технологических требований, таких как необхо-

димая кислотность, время на отбор проб и т.д. позволяет на основе выбранного на предыдущем этапе подвижного состава сформировать оптимальные маршруты доставки сырья от потребителей поставщикам с целью снижения транспортных расходов.

3. Согласование транспортных и производственных рит-

мов позволяет сократить количественный состав автомобилей для доставки сырья и готовой продукции, оптимально их перераспределить по объектам обслуживания и в целом снизить логистические издержки по цепи «поставщик-транспорт-производство-транспорт-потребитель».

□Автор статьи:

Тюрин
Алексей Юрьевич
– канд. экон. наук, доц.
каф. автомобильных перевозок

Забелин
Евгений Николаевич
– студент группы АП-022.

Метелев
Евгений Владимирович
– студент группы АП-022.