

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЗАТРАТ НА ТРАНСПОРТИРОВКУ

Бубен Анжелика Ромуальдовна, Ягелло Юлия Генриховна
БГЭУ, г.Минск, Республика Беларусь

This article seeks to examine the route options from Belarus to Italy and to identify the most profitable. Used techniques such as: a method of expert estimations and construction of the network schedule.

Транспортные издержки – затраты на перевозку грузов. Транспортные издержки по отношению к перевозке делятся на постоянные и переменные.

Рассмотрим шесть схем перевозок груза из Беларуси в Италию (таблица 1). С учетом экономии времени и денежных средств на топливо, особое внимание уделяем вариантам перевозки груза, с пересечением государственной границы через Литву. В Польше действует ограничение на провоз в баке автомобиля 600 л топлива, в то время как в автомобилях международных перевозчиков конструкции топливных баков допускают перевозку 1200-1500 л. Топливо в Европе дороже, чем в Беларуси. При доставке груза через Литву, будет увеличение продолжительности рейса на полтора дня, но в машине будет полный бак топлива, 1440 л., на этом баке машина проедет 4700 км, с учетом расхода топлива 30,4 л/км, это практически кругорейс.

Таблица 1. – Общее расстояние перевозки (ВУ-ИТ)

Показатель	Польша, Чехия, Австрия (PL-CZ-AT)	Литва, Польша, Чехия, Австрия (LT-PL-CZ-AT)	Польша, Словакия, Венгрия, Австрия (PL-SK-HU-AT)	Литва, Польша, Словакия, Венгрия, Австрия (LT-PL-SK-HU-AT)	Польша, Словакия, Венгрия, Словения (PL-SK-HU-SI)	Литва, Польша, Словакия, Венгрия, Словения (LT-PL-SK-HU-SI)
Емкость топливных баков	600	1440	600	1440	600	1440
Общий пробег, км	4445	4621	4629	4791	4524	4686
УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЩЕГО		176	184	346	79	241
с грузом	4066	4242	4250	4412	4145	4307
УВЕЛИЧЕНИЕ, КМ		176		162		162
без груза	379	379	379	379	379	379
Продолжительность рейса, дней	13	14,3	13,3	14,6	13,2	14,5
УВЕЛИЧЕНИЕ, ДНЕЙ		1,3	0,3	1,6	0,2	1,5

Примечание: Источник – собственная разработка.

Анализ таблицы, определяет самый оптимальный (короткий) маршрут движения – это схема 1 (PL-CZ-AT), 4445 км, к тому же самый короткий по продолжительности в днях – 13. Конкурирует маршрут движения №5 (PL-SI-HU-SK), т.к. общий пробег составляет 4524 км, что 80 км больше базисного, разница по продолжительности рейса незначительная. Неоптимальный маршрут – схема 4 (LT-PL-SK-HU-AT) – 4791 км, продолжительность 14,6 дней.

Анализ расхода топлива на 100 км, подтверждает правильность выбранной схемы доставки груза (таблица 2):

Таблица 2 – Расход топлива на кругорейс

	Польша, Чехия, Австрия	Литва, Польша, Чехия, Австрия	Польша, Словакия, Венгрия, Австрия	Литва, Польша, Словакия, Венгрия, Австрия	Польша, Словения, Венгрия, Словакия	Литва, Польша, Словения, Венгрия, Словакия
Расход топлива на кругорейс, литров	1349	1407	1406	1459	1373	1426
Общий пробег, км	4445	4621	4629	4791	4524	4686
Средний расход топлива, л/км	0,303	0,304	0,304	0,305	0,303	0,304

Примечание: Источник – собственная разработка.

Исходя из анализов общего пробега и расхода топлива на кругорейс, для дальнейшего анализа оставляем 1,2,4 и 6 схемы движения, так как 3 и 5 схемы неэффективны из-за больших затрат на топливо. Если анализировать расход топлива за кругорейс по первому маршруту, то белорусского топлива хватает только доехать до Италии, движение в обратном направлении необходимо осуще-

ствлять на европейском топливе, оно значительно дороже, тогда расход на топливо составит – 630 евро с Италии до Беларуси. Затраты на весь кругорейс составят 1160 евро.

Рассматривает тот же маршрут, но движение через Литву с объемом бака 1440 л, то топлива хватает на весь кругорейс и затраты составят 870 евро. Таким образом, затраты на топливо сокращаются, при движении транспортного средства через Литву.

Рассмотрим все основные затраты при осуществлении перевозки (табл.3).

Таблица 3 – Затраты на перевозку

Показатель		Польша, Чехия, Австрия (PL-CZ-AT)	Литва, Польша, Чехия, Австрия (LT-PL-CZ-AT)	Литва, Польша, Словакия, Венгрия, Австрия (LT-PL-SK-HU-AT)	Литва, Польша, Словакия, Венгрия, Словения (LT-PL-SK-HU-SI)
З/пл водителю с налогом	0,053	236	245	254	248
Общий пробег, км		4445	4621	4791	4686
Топливо		1158	868	928	897
AdBlue		16	16	17	17
Амортизация/лизинг	55	715	787	803	798
ТО, ремонт, запчасти, шины	0,05	222	231	240	234
Накладные расходы и з/пл ИТР	22	286	315	321	319
Суточные водителя		449	480	491	485
Дорожные сборы		545	545	554	482
Пост. страховки, визы	7	91	100	102	102
Дазволы		25	32	38	38
ДКД (экспорт)		25	25	25	25
Карнет 14-л. (импорт)		55	55	55	55
Стоянки		8	8	8	8
Прочие расходы в пути		50	50	50	50
Упущенная прибыль за увеличением кол-ва дней		0	31	38	36
Итого расходы		3881	3788	3924	3794

Примечание: Источник – собственная разработка.

На затраты влияют общий пробег и дорожные сборы, поэтому существует два оптимальных маршрута движения – это №2 (LT-PL-CZ-AT) и №4 (LT-PL-SL-HU-SI). Затраты составляют 3788 евро и 3793 соответственно, минимальные затраты на топливо и уплату

дорожных сборов, поэтому, машину отправляем по одному из этих маршрутов.

Проведем метод экспертных оценок по затратам на перевозку и эффективности выполнения. Эксперты – специалисты, выставяющие индивидуальные отметки по факторам, оценивание производилось по 4-х балльной шкале.

Таблица 4 – Матрица рангов факторов по затратам на перевозку

Маршрут доставки	Основные факторы, по которым осуществляется выбор оптимального				количество повторений
	Польша – Чехия – Австрия	Литва – Польша – Чехия – Австрия	Литва – Польша – Словакия – Венгрия – Австрия	Литва – Польша – Словакия – Венгрия – Словения	
Общий пробег	4	3	1	2	-
Продолжительность рейса, в днях	4	3	1	2	-
Расход топлива на кругорейс, л	4	3	1	2	-
з/пл. водителю с налогом	4	3	1	2	-
амортизация/лизинг	4	3	1	2	-
Топливо	1	4	2	3	-
ТО, ремонт, запч., шины	4	3	1	2	-
Накладные расходы з/пл ИТР	4	3	1	2	-
Суточные водителя	3	2	1	2	2
Дорожные сборы	2	2	1	3	2
СУММА РАНГОВ	34	29	11	22	Средняя сумма рангов = 24
ОТКЛОНЕНИЕ ОТ СРЕДНЕЙ	-10	-5	13	2	
КВАДРАТ ОТКЛОНЕНИЯ	100	25	169	4	Сумма квадратов отклонения (S) = 298

Примечание: Источник – собственная разработка.

В целом для данной матрицы рангов уменьшение дисперсии (T_j) составит:

$$\sum_{j=1}^m T_j = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (t_{ij}^3 - t_{ij}) = \frac{(2^3 - 2)}{12} + \frac{(2^3 - 2)}{12} = 1$$

Согласованность мнений экспертов оценивается с помощью коэффициента конкордации (W):

$$W = \frac{S}{12 m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j} = \frac{289}{12 (10^2)(4^3 - 4) - 10 * 1} = 0,608$$

Коэффициент конкордации равен 0,608, то есть ответы экспертов согласованы на 60,8 %.

$$\chi_p^2 = \frac{s}{\frac{1}{12} * m * n * (n + 1) - \frac{1}{n + 1} * \sum T_j} = \frac{289}{\frac{1}{12} * 10 * 4 * (4 + 1) - \frac{1}{4 - 1} * 1} = 18,32$$

Данное значение сравнивается с табличным значением $\chi_{табл}^2 = 7,82$.

$\chi_p^2 > \chi_{табл}^2$ - с вероятностью около 95% можно утвер-

ждать о наличии согласованности в оценках экспертов.

Таблица 5 – Матрица рангов факторов по эффективности выполнения

Маршрут доставки	Основные факторы, по которым осуществляется выбор оптимального маршрута,				количество повторений
	Польша – Чехия – Австрия	Литва – Польша – Чехия – Австрия	Литва – Польша – Словакия – Венгрия – Австрия	Литва – Польша – Словакия – Венгрия – Словения	
Общий пробег	2	1	4	3	-
Продолжительность рейса, в днях	1	2	3	4	-
Расход топлива на кругорейс, л	1	3	4	2	-
з/пл. водителю с налогом	2	1	4	3	-
амортизация/лизинг	2	1	3,5	3,5	2
Топливо	2	1	4	3	-
ТО, ремонт, запч., шины	1	2	3	4	-
Накладные расходы з/пл ИТР	1	3	4	2	-
Суточные водителя	2	1	4	3	-
Дорожные сборы	1	2	4	3	-
СУММА РАНГОВ	15	17	37,5	30,5	Средняя сумма рангов = 25
ОТКЛОНЕНИЕ ОТ СРЕДНЕЙ	10	8	-12,5	-5,5	
КВАДРАТ ОТКЛОНЕНИЯ	100	64	156	30,25	Сумма квадратов отклонения (S) = 350,5

Примечание: Источник – собственная разработка.

По расчетам матрицы рангов факторов по эффективности: $T=0,5$, $W=0,708$ (ответы экспертов согласованы на 70,8 %), $\chi_p^2=21,2$. $\chi_p^2 > \chi_{табл}^2$ - коэффициент конкордации является значимым.

Таблица 6– Значимость факторов в процентах по затратам на перевозку

Показатель	Факторы			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Сумма рангов (S_j)	34	29	11	22
Ранговое значение ($PЗ = 34 * 2 - S_j$)	34	39	57	46
Процент значимости фактора в сумме ранговых значений	19,32%	22,16%	32,39%	26,14%

Примечание: Источник – собственная разработка.

Таблица 7 – Значимость факторов в процентах по эффективности выполнения

Показатель	Факторы			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Сумма рангов	15	17	37,5	30,5
Ранговое значение ($PЗ = 37 * 2 - S_j$)	60	58	37,5	44,5
Процент значимости фактора в сумме ранговых значений ($\%_{\text{знач}} = \frac{PЗ_i}{\sum PЗ}$)	30,00%	29,00%	18,75%	22,25%

Примечание: Источник – собственная разработка.

Таблица 8 – Сводная таблица результатов расчета коэффициентов эффективности

Факторы	Резервы эффективности, %	Затраты средств на реализацию фактора, %	Коэффициент эффективности
1	30,00	19,32	1,553
2	29,00	22,16	1,309
3	18,75	32,39	0,579
4	22,25	26,14	1,430

Примечание: Источник – собственная разработка.

Исходя из значений коэффициента эффективности, можно сделать вывод, что эффективными являются маршруты №1, №2 и 4

В заключительном анализе проведем поиск оптимального маршрута доставки груза, с помощью построения сетевого графика. Параметры времени – это количество времени пребывания автомобиля в движении, которое составляет 9 часов. Стоимость за томаживания груза, оформление документов, разгрузка и выпуск автомобиля является ценой постоянной. [1]

Таблица 9 – Работы по доставке груза по направлению Минск – Италия, 2016 год

№ работы		Характеристика работы	Стоимость в евро	Время, дни
1	2	Затомаживание груза в Минске	100	1,0
2	3	Оформление документов и погрузка на автомобильный транспорт	100	1,0
3	4	Движение по маршруту Беларусь (г. Минск) — Каменный Лог/Медининкай – Литва (г. Вильнюс)	769	1,3
4	5	Литва (г. Вильнюс) – Польша (Gorzyczki)	30	1,1
5	6	Движение Польша (Gorzyczki) – Чехия (Mikulov); таможенное оформление в Чехии	38	0,4
5	7	Польша (Slawatycze) –Польша (Konieczna)/ Словакия (Becherov); таможенное оформление Польша, Словакия	60	0,7
7	8	Движение Словакия (Becherov) – Венгрия (Tornyosnémeti); таможенное оформление в Венгрии	130	0,2
8	9	Движение Венгрия (Tornyosnémeti) – Словения (Lendava); таможенное оформление Словения	94	1,0
6	10	Движение Чехия (Mikulov) – Австрия (Arnoldstein); таможенное оформление в Австрии	157	0,8
9	11	Словения (Lendava) – Италия (Trevizo); таможенное оформление Италия	69	0,8
10	11	Движение Австрия (Arnoldstein) – Италия (Trevizo)	82	0,5
11	12	Разгрузка в Trevizo	100	1,0
12	13	Выпуск автомобиля из Trevizo под гарантию таможенного перевозчика	100	1,0

Примечание: Источник – собственная разработка.

Работой выступает стоимость отдельных операций на каждом промежутке пути, а именно дорожные сборы и топливо. Стоимость топлива на 01.04.2016 в Беларуси 0.53 евро/л, необходимо 1440 л. Общая стоимость топлива равна 750 евро. Для расчета времени есть ограничения, автомобиль за сутки находится в движении 9 часов, непрерывное движение составляет 4,5 часа, далее 45 минут перерыва. На протяжении всего маршрута средняя скорость 70 км/ч.

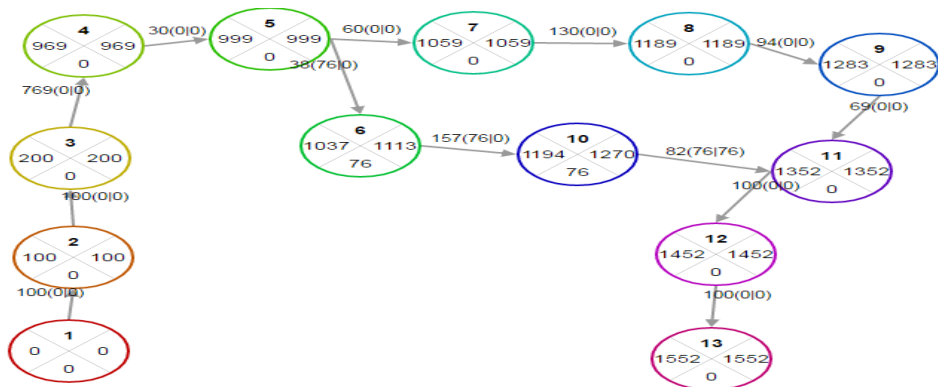


Рисунок 1 – Сетевой график схем доставки грузов

Таблица 10 – Результаты расчета параметров для различных схем доставки

Номер маршрута (№ п/п)	Схема доставки	Время T, дни	Стоимость C, евро
2	1,2,3,4,5,7,8,9,11,12,13	8,1	1580
4	1,2,3,4,5,6,10,11,12,13	9,1	1608

Примечание: Источник – собственная разработка.

Подводя вывод, наиболее оптимальный маршрут доставки – схема 2 как по времени движения, так и по стоимости перевозки. Поэтому, доставку груза необходимо осуществлять через эти страны, что позволит экономить денежные средства компании.

Список использованной литературы.

1. Лукинский В.С., Лукинский В.В. Формирование комплексов методов принятия решений при управлении транспортировкой в цепях поставок / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский. – Санкт-Петербург : Логистика и управление цепями поставок, 2014. – №6(65). – С. 54