

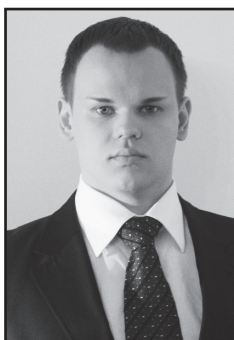


Рационализация перевозки жидкого топлива



Георгий ГОГРИЧАНИ
Georgy V. GOGRICHIANI

Антон ЛЯШЕНКО
Anton N. LYASHENKO



Гогричани Георгий Венедиктович — доктор технических наук, заведующий аспирантурой ОАО «ВНИИЖТ».

Ляшенко Антон Николаевич — аспирант ВНИИЖТ.

Рассмотрена задача перевозки жидкого топлива комбинированными видами транспорта. За основу приняты рациональные с экономической точки зрения варианты при произвольном изменении массы топлива и расстояний. Возможные решения иллюстрируются несколькими примерами и сопровождаются анализом расчетных результатов.

Ключевые слова: грузоперевозки, средства доставки, жидкое топливо, комбинированные виды транспорта, экономический расчет.

При комбинированных перевозках каждый вид транспорта в большей степени используется в тех случаях, когда это экономически выгодно; причем каждый вариант, как правило, имеет свои достоинства и недостатки.

Автомобильные грузоперевозки — одни из самых оперативных и маневренных. Плюсом их является возможность обходить проблемные участки и обслуживать территории с недостаточно развитыми другими типами транспорта. К тому же автомобильным транспортом выгоднее доставлять небольшие партии грузов. И гораздо труднее осуществлять крупнотоннажные поставки.

Железнодорожный транспорт сохраняет здесь определенные преимущества, особенно в скорости перемещения значительных объемов груза на дальние расстояния.

Считается, что наиболее дешёвый вид транспорта — водный. Преимущества речного транспорта заключаются в его способности брать на борт большие объёмы грузов и относительно низкой себестоимости перевозок. Однако тихоходность, извилистость и удлиненность пути, а также сезон-

Таблица 1

Основные характеристики доставки жидкого топлива различными видами транспорта

Параметры	Вид транспорта		
	Автомобильный	Железнодорожный	Водный
Скорость доставки груза	умеренная	низкая	низкая
Стоимость доставки груза	высокая	умеренная	низкая
Зависимость от погодных условий	умеренная	низкая	высокая
Сохранность	высокая	умеренная	умеренная
Гибкость	высокая	умеренная	умеренная

Таблица 2

Выбор вида транспорта

Расстояние перевозки, км	Вес груза, т				
	До 60	60–600	600–1000	1000–2000	Более 2000
До 300	авто	речной, ж/д, авто	речной, ж/д	речной, ж/д	речной, ж/д
500–1500	авто, ж/д	речной, ж/д, авто	речной, ж/д	речной, морской, ж/д	речной, морской, ж/д
1500–3500	ж/д	речной, ж/д	речной, ж/д	речной, морской, ж/д	речной, морской, ж/д
Более 3500	ж/д	речной, ж/д	речной, ж/д	речной, ж/д, морской	речной, морской, ж/д

ность работ ограничивают возможности речных маршрутов. Морские перевозки более экономичны при перевозке грузов на большие расстояния. Грузоподъёмность современных морских судов превышает аналогичные параметры практически всех видов наземного транспорта. Недостатками отправки грузов морем всегда были не столько низкая скорость, сколько высокая зависимость от погодных условий.

Качество комбинированных перевозок в большей степени зависит от эффективности и времени процесса перегрузки грузов. Главным фактором, ограничивающим потенциал портов и существенно снижающим продуктивность их деятельности, остается недостаточное развитие сухопутных транспортных подъездов к порту со стороны основных железнодорожных путей, а также в некоторых случаях — автомобильных магистралей. При отсутствии железнодорожных путей радиус рациональных прямых автомобильных перевозок жидкого топлива составляет в среднем 230–330 км. Широкомасштабная доставка грузов в некоторые районы возможна только морским транспортом. Средняя дальность грузоперевозок морем — 3,5 тыс. км, что выше, чем у любого другого вида транспорта.

Доставка грузов из пункта А в пункт В при условии их быстрой обработки требует значительных усилий в стыковых пунктах транспортной цепочки. Грузоотправителю для правильного выбора способа доставки необходимо иметь информацию о наибольшей эффективности перевозки грузов (в нашем случае — жидкого топлива) в тех или иных обстоятельствах. В таблице 1 представлены общие характеристики доставки груза различными видами транспорта с учетом наиболее важных параметров.

Таблица 2 предлагает выбор рационального вида транспорта в зависимости от веса груза и расстояния перевозки.

Задача рационализации перевозок жидкого топлива, в частности по уменьшению затрат на них, должна решаться комплексно, с учётом всех факторов, влияющих на процесс. В качестве таковых были приняты следующие:

M — количество перевозимого топлива (т);

S — расстояние перевозки между пунктом отправления и пунктом доставки (км);

P_{L_1} — стоимость погрузки за тонну, где индекс L_1 обозначает погрузку;

P_s — стоимость перевозки 1 т на 1 км, где индекс S обозначает расстояние;



$$X_{i+1} = X_{i-1} + X_i - X_{i-2} - \frac{X_{i-1} - X_{i-2}}{Y_{i-1} - Y_{i-2}} (Y_i - Y_{i-2}) + \frac{(X_{i-1} - X_{i-2})(Y_{i+1} - Y_{i-2})}{Y_{i-1} - Y_{i-2}}, \quad (2)$$

P_{L2} — стоимость разгрузки за тонну, где индекс L_2 обозначает разгрузку;

T_{L1} — время простоя под погрузкой (час), где индекс L_1 обозначает погрузку;

T_s — время перевозки (час);

T_{L2} — время простоя под разгрузкой, (час), где индекс L_2 обозначает разгрузку;

T_R — время дополнительного простоя, где индекс R обозначает простой (час);

P_R — стоимость простоя за 1 час единицы количества топлива.

Стоимость перевозки на i -м маршруте рассчитывается формулой:

$$P_i = M_i (P_{Li} + S P_{Si} + P_{L2i} + T_{Ri} P_{Ri}). \quad (1)$$

Здесь под L_i понимаются соответствующие параметры для автомобильного транспорта (L_a), железнодорожного транспорта (L_j), морского транспорта (L_m) и речного транспорта (L_r). Общая стоимость комбинированного маршрута складывается из суммы стоимостей перевозок по отдель-

ным маршрутам с учётом стоимости сопутствующих перегрузок и простоев.

Постановка транспортной задачи сводится к выбору наиболее экономичного способа доставки грузов комбинированными видами транспорта. Для решения задачи необходимо иметь данные о стоимости P перевозок жидкого топлива каждым видом транспорта отдельно с учетом массы топлива M , расстояния S и времени перевозки T . Эти данные представлены на рис. 1–4.

В качестве примера рассмотрим задачу выбора рационального (экономически более выгодного) варианта перевозок топлива из пункта А в пункт В. На рис. 5 представлена схема с возможными комбинированными транспортными связями. Эти варианты следующие:

1. По автодороге 3.

2. Железнодорожным транспортом из пункта А до пункта Е, затем автомобильным — по дороге 2.

3. По автодороге 1 до пункта С, затем речным транспортом до пункта D, потом автомобильным — по дороге 2.

Ниже представлены результаты решения трёх транспортных задач при вариации массы перевозимого топлива $M = 600, 1500, 3360$ т в каждой. В первой задаче в варианте 1 путь между пунктами А и В — 1700 км. В варианте 2 расстояние по железной дороге на отрезке А–Е составляет 1300 км, а по автодороге между пунктами Е–В — 200 км. В варианте 3 автодорога между пунктами А–С составляет 20 км, по реке между пунктами С–D — 1400 км, и по автодороге между пунктами D–В — 50 км.

Задача решается с учетом стоимости перегрузки топлива в пунктах Е (вариант 2), С и D (вариант 3). При этом следует определить наиболее выгодные варианты перевозки топлива для трёх значений заданных масс. Используя данные рис. 1а, 3а, 4а, рассчитывается по выражению (1) стоимость перевозки на i -м маршруте. При выполнении расчёта берутся во внимание значения средней себестоимости грузовых перевозок, а также погрузо-разгрузочных работ. Если при использовании графического материала, представленного на рис. 1–4,

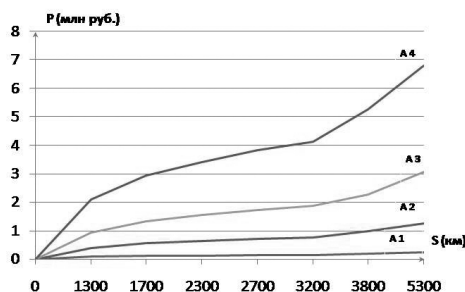


Рис. 1а. Зависимость затрат на перевозку жидкого топлива P (млн руб.) от расстояния S (км) железнодорожным транспортом, где кривая A_1 обозначает перевозку жидкого топлива массой 60 т, A_2 —600 т, A_3 —1500 т, A_4 —3360 т.

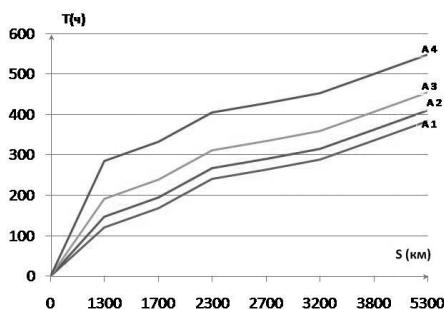


Рис. 1б. Зависимость времени на перевозку жидкого топлива T (ч) от расстояния S (км) железнодорожным транспортом, где кривая A_1 обозначает перевозку жидкого топлива массой 60 т, A_2 —600 т, A_3 —1500 т, A_4 —3360 т.

нужно получить данные, не укладывающиеся в эти графики, то можно воспользоваться выражением экстраполирования соответствующих кривых (например с помощью полинома Лагранжа). Такое выражение имеет вид (2), где X и Y – оси декартовой системы координат, а индексы соответствуют выбранным точкам на конкретной кривой.

Для трёх вариантов перевозок расчётные уравнения будут таковы:

$$P_{(a-b)} = M (P_{L1} + P_s + P_{L2});$$

$$P_{(a-b)+(c-b)} = ((M (P_{L1} + P_s + P_{L2})) + ((M (P_{L1} + P_s + P_{L2})));$$

$$P_{(a-c)+(c-d)+(d-b)} = ((M (P_{L1} + P_s + P_{L2})) + ((M (P_{L1} + P_s + P_{L2}))) + ((M (P_{L1} + P_s + P_{L2}))).$$

Рассмотрим первую задачу с соблюдением указанных условий.

В первом варианте при $M = 600$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 2691,10$ руб. получим $P_{a-b} = 2022660$ руб.

Во втором варианте при $M = 600$ т, $P_{L1(j), L2(j)} = 310$ руб., $P_{s(j)} = 659,10$ руб., $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 1209$ руб. получим $P_{(a-b)+(c-b)} = 1900860$ руб.

В третьем варианте при $M = 600$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a1)} = 265$ руб., $P_{s(a2)} = 330$ руб., $P_{L1(r), L2(r)} = 325$ руб., $P_{s(r)} = 560$ руб. получим $P_{(a-c)+(c-d)+(d-b)} = 1899000$ руб.

В первом варианте при $M = 1500$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 2521,10$ руб. получим $P_{a-b} = 4801650$ руб.

Во втором варианте при $M = 1500$ т, $P_{L1(j), L2(j)} = 310$ руб., $P_{s(j)} = 631,80$ руб., $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 1141$ руб. получим $P_{(a-b)+(c-b)} = 4609200$ руб.

В третьем варианте при $M = 1500$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a1)} = 610$ руб., $P_{s(a2)} = 759$ руб., $P_{L1(r), L2(r)} = 325$ руб., $P_{s(r)} = 504$ руб. получим $P_{(a-c)+(c-d)+(d-b)} = 5824500$ руб.

В первом варианте при $M = 3360$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 2380$ руб. получим $P_{a-b} = 10281600$ руб.

Во втором варианте при $M = 3360$ т, $P_{L1(j), L2(j)} = 310$ руб., $P_{s(j)} = 622,70$ руб., $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 1073$ руб. получим $P_{(a-b)+(c-b)} = 10065552$ руб.

В третьем варианте при $M = 3360$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a1)} = 1300$ руб., $P_{s(a2)} = 1616$ руб., $P_{L1(r), L2(r)} = 325$ руб., $P_{s(r)} = 490$ руб. получим $P_{(a-c)+(c-d)+(d-b)} = 18197760$ руб.

По результатам расчёта видно, что наиболее целесообразным для грузоотправителя с экономической точки зрения

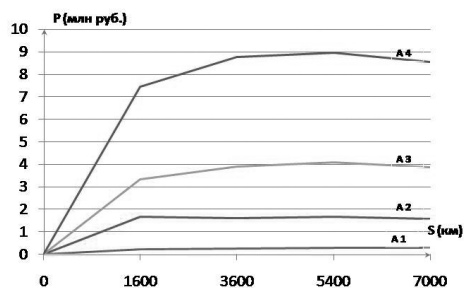


Рис. 2а. Зависимость затрат на перевозку жидкого топлива P (млн руб.) от расстояния S (км) морским транспортом, где кривая A_1 обозначает перевозку жидкого топлива массой 60 т, A_2 – 600 т, A_3 – 1500 т, A_4 – 3360 т.

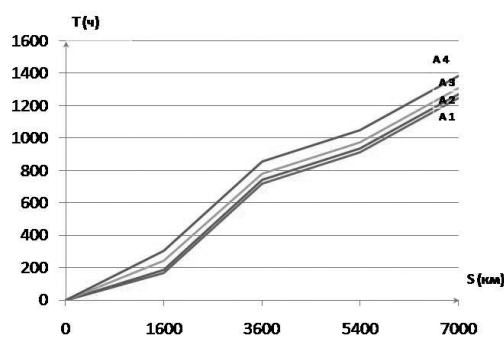


Рис. 2б. Зависимость времени на перевозку жидкого топлива T (ч) от расстояния S (км) морским транспортом, где кривая A_1 обозначает перевозку жидкого топлива массой 60 т, A_2 – 600 т, A_3 – 1500 т, A_4 – 3360 т.

в данной задаче является третий вариант доставки груза по автомобильной дороге при перевозке массы 600 тонн, а при перевозке 1500 и 3360 тонн более выгоден второй вариант с использованием железнодорожного и автомобильного транспорта.

Рассмотрим вторую задачу при условии, что в варианте 1 расстояние между пунктами А и В составляет 1700 км. В варианте 2 по железной дороге на отрезке А–Е оно 1300 км, а по автодороге между пунктами Е–В – 300 км. В варианте 3 расстояние по автодороге между пунктами А–С составляет 300 км., по реке между пунктами С–D – 1400 км и по автодороге между пунктами D–В – 100 км.

В первом варианте при $M = 600$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 2691,10$ руб. получим $P_{a-b} = 2022660$ руб.

Во втором варианте при $M = 600$ т, $P_{L1(j), L2(j)} = 310$ руб., $P_{s(j)} = 659,10$ руб., $P_{L1(a),$



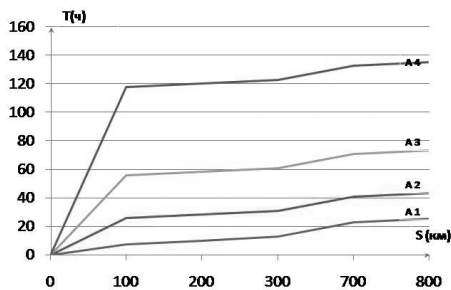


Рис. 3 а. Зависимость затрат на перевозку жидкого топлива P (млн руб.) от расстояния S (км) автомобильным транспортом, где кривая A_1 обозначает перевозку жидкого топлива массой 60 т, A_2 –600 т, A_3 –1500 т, A_4 –3360 т.

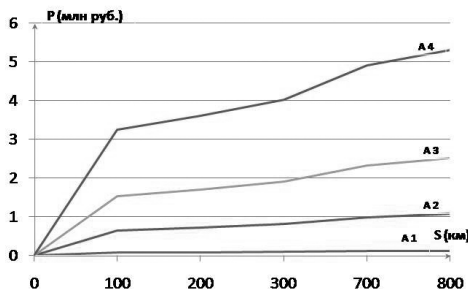


Рис. 3 б. Зависимость времени на перевозку жидкого топлива T (ч) от расстояния S (км) автомобильным транспортом, где кривая A_1 обозначает перевозку жидкого топлива массой 60 т, A_2 –600 т, A_3 –1500 т, A_4 –3360 т.

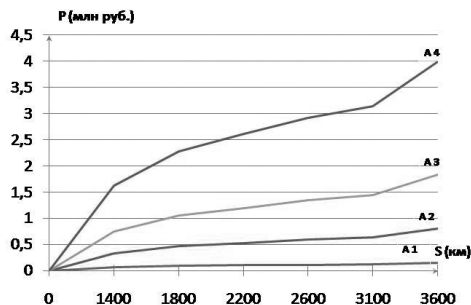


Рис. 4а. Зависимость затрат на перевозку жидкого топлива P (млн руб.) от расстояния S (км) речным транспортом, где кривая A_1 обозначает перевозку жидкого топлива массой 60 т, A_2 –600 т, A_3 –1500 т, A_4 –3360 т.

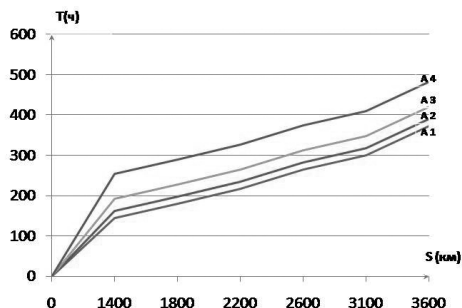


Рис. 4б. Зависимость времени на перевозку жидкого топлива T (ч) от расстояния S (км) речным транспортом, где кривая A_1 обозначает перевозку жидкого топлива массой 60 т, A_2 –600 т, A_3 –1500 т, A_4 –3360 т.

$L2(a) = 340$ руб., $P_{s(a)} = 1350$ руб. получим $P_{(a-b)+(c-b)} = 1985460$ руб.

В третьем варианте при $M = 600$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a1)} = 1350$ руб., $P_{s(a2)} = 1078$ руб., $P_{L1(r), L2(r)} = 325$ руб., $P_{s(r)} = 560$ руб. получим $P_{(a-c)+(c-d)+(d-b)} = 2998800$ руб.

В первом варианте при $M = 1500$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 2521,10$ руб. получим $P_{a-b} = 4801650$ руб.

Во втором варианте при $M = 1500$ т, $P_{L1(j), L2(j)} = 310$ руб., $P_{s(j)} = 631,80$ руб., $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 1275$ руб. получим $P_{(a-b)+(c-b)} = 4810200$ руб.

В третьем варианте при $M = 1500$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a1)} = 1275$ руб., $P_{s(a2)} = 1018$ руб., $P_{L1(r), L2(r)} = 325$ руб., $P_{s(r)} = 504$ руб. получим $P_{(a-c)+(c-d)+(d-b)} = 7210500$ руб.;

В первом варианте при $M = 3360$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 2380$ руб. получим $P_{a-b} = 10281600$ руб.

Во втором варианте при $M = 3360$ т, $P_{L1(j), L2(j)} = 310$ руб., $P_{s(j)} = 622,70$ руб.,

$P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 1200$ руб. получим $P_{(a-b)+(c-b)} = 10492272$ руб.

В третьем варианте при $M = 3360$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a1)} = 1200$ руб., $P_{s(a2)} = 969$ руб., $P_{L1(r), L2(r)} = 325$ руб., $P_{s(r)} = 490$ руб. получим $P_{(a-c)+(c-d)+(d-b)} = 15687840$ руб.

По результатам расчёта видно, что наиболее целесообразным для грузоотправителя во второй задаче при перевозке массы 600 тонн является второй вариант, а для массы 1500 и 3360 тонн более выгоден первый вариант доставки груза по автомобильной дороге.

Рассмотрим третью задачу при условии, что в варианте 1 расстояние между пунктами А и В составляет 2500 км. В варианте 2 по железной дороге отрезок А-Е 1700 км, а по автодороге между пунктами Е-В – 100 км. В варианте 3 автодорога между пунктами А-С 100 км, по реке между пунктами С-Д 1400 км, по автодороге между пунктами Д-В – 100 км.

В первом варианте при перевозке груза автомобильным транспортом при $M =$

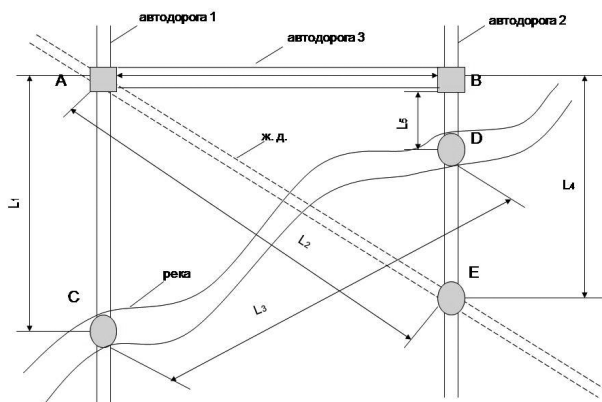


Рис. 5. Схема с возможными комбинированными транспортными связями.

600 т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 3560$ руб. получим $P_{a-b} = 2544000$ руб.

Во втором варианте при $M = 600$ т, $P_{L1(j), L2(j)} = 310$ руб., $P_{s(j)} = 918$ руб., $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 1078$ руб. получим $P_{(a-b)+ (e-b)} = 1977600$ руб.

В третьем варианте при $M = 600$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 1078$ руб., $P_{L1(r), L2(r)} = 325$ руб., $P_{s(r)} = 560$ руб. получим $P_{(a-c)+ (c-d)+ (d-b)} = 2835600$ руб.

В первом варианте при $M = 1500$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 3360$ руб. получим $P_{a-b} = 6060000$ руб.

Во втором варианте при $M = 1500$ т, $P_{L1(j), L2(j)} = 310$ руб., $P_{s(j)} = 890,80$ руб., $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 1018$ руб. получим $P_{(a-b)+ (e-b)} = 4813200$ руб.

В третьем варианте при $M = 1500$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 1018$ руб., $P_{L1(r), L2(r)} = 325$ руб., $P_{s(r)} = 504$ руб. получим $P_{(a-c)+ (c-d)+ (d-b)} = 6825000$ руб.

В первом варианте при $M = 3360$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 3160$ руб., $P_{a-b} = 12902400$ руб.;

Во втором варианте при $M = 3360$ т, $P_{L1(j), L2(j)} = 310$ руб., $P_{s(j)} = 880,60$ руб.,

$P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 969$ руб. получим $P_{(a-b)+ (e-b)} = 10582656$ руб.

В третьем варианте при $M = 3360$ т, $P_{L1(a), L2(a)} = 340$ руб., $P_{s(a)} = 969$ руб., $P_{L1(r), L2(r)} = 325$ руб., $P_{s(r)} = 490$ руб. получим $P_{(a-c)+ (c-d)+ (d-b)} = 14911680$ руб.

По результатам расчёта видно, что лучшая эффективность достигается с грузом массой 600, 1500, 3360 тонн вторым вариантом при комбинированной перевозке с участием железнодорожного и автомобильного транспорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный графо-аналитический подход предназначен для оперативного определения рациональных с экономической точки зрения вариантов перевозок жидкого топлива комбинированными видами транспорта с произвольными значениями масс и расстояний. Как свидетельствуют примеры расчётов и их анализ, такой метод может быть применён при транспортировке любого жидкого топлива, а также его комбинаций. ●

RATIONALIZATION OF LIQUID FUEL TRAFFIC

Gogrichiani, Georgy V. – D.Sc. (Tech), head of the department of Ph.D. Doctorate and Doctorate studies of JSC Russian Research Institute of Railway Transport (VNIITZ).

Lyashenko, Anton N. – Ph.D. student at JSC Russian Research Institute of Railway Transport (VNIITZ).

The authors study the task of transportation of liquid fuel by combined transport. They take for the basis economically rational variants with arbitrary changes in weight and distance. Possible solutions are followed by examples and analysis of simulated results.

Key words: freightage, means of transportation, liquid fuel, combined transport, economic estimation.

Координаты авторов (contact information): Гогричани Г. В. – (499) 260–4132, Ляшенко А. Н. – (499) 262–0034.

