

УДК [UDK] 656225.073.437: 662.75
DOI 10.17816/transsyst2018041084-093

© А.Н. Ляшенко

АО «ВНИИЖТ»

АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта»

Москва, Россия

ВЫБОР СХЕМЫ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА НЕФТЯНОГО ТЕРМИНАЛА ПО МНОЖЕСТВУ КРИТЕРИЕВ

Для упрощения перевалки грузов при стыковке разных видов транспорта и для сокращения расходов при перевозке жидкого топлива используются терминалы, представляющие собой емкости разного объема (в качестве грузов в настоящей статье имеется в виду жидкое топливо). Объем проектируемого терминала зависит от многих факторов, в первую очередь – от массы топлива, которое нужно хранить при несогласованном взаимодействии видов транспорта. Также рассматриваются другие факторы, например, затраты на строительство и на будущее обслуживание, сроки окупаемости нового терминала и другие.

Постановка задачи. Разработать схему нового терминала для объективного выбора лучшего решения из возможных.

Выводы. При рассмотрении перевозок топлива с участием терминалов объективный метод позволяет не только определить лучшие пути транспортировки, но и найти лучшие схемы резервуарных парков.

Ключевые слова: объективный метод, нефтяной терминал, резервуарный парк, техническая схема.

© A.N. Lyashenko

JSC VNIIZhT (Railway Research Institute)

Moscow, Russia

SELECTION OF THE OIL TERMINAL TANK FARM SCHEME BY A SET OF CRITERIA

Aim: It is known that to simplify the process of transshipment of goods at the junction of different modes of transport, aimed at reducing the cost of transportation of liquid fuel, terminals are used, representing the capacity of different volumes (as cargo in this article means liquid fuel). The size of the designed terminal depends on many factors, but first of all on the mass of fuel to be stored due to inconsistency in the interaction of modes of transport with each other. In addition to this fundamental factor in the construction are considered and others, which in some cases may be important when choosing a terminal scheme. Such factors include, for example, construction costs, future maintenance costs, payback periods of the new terminal, etc.

Problem statement: The development of the new terminal scheme is connected with the solution of a multicriteria problem with an objective choice of the best solution possible. This article shows such a solution using the developed algorithm [3].

Summary: When considering fuel transportation with the participation of terminals, the objective method makes it possible not only to determine the best ways of transportation, but also to find the best schemes of their tank farms.

Keywords: objective method, oil terminal, tank farm a variety of criteria, the technical scheme.

Практически во всех отраслях науки и промышленности возникает необходимость по результатам испытаний, исследований или расчетов сравнить несколько объектов или технических предложений, направленных на решение одной и той же задачи, чтобы в конечном счете выбрать одно из них, наиболее полно удовлетворяющее предъявленным требованиям (критериям). В этот же круг задач входит определение лучшей схемы резервуарного парка на стыке сухопутного и водного транспорта на основе сравнения вариантов с учетом введенных критериев. Для выбора перспективного варианта предлагаем учитывать комплекс требований к процессу. Используемые критерии имеют разную размерность, поэтому выбор лучшего решения сопряжен с обработкой (переработкой) этих критериев для их приведения к общему «знаменателю». Как показывает практика, корректный выбор лучшего решения даже по трем-четырем критериям представляет собой проблему.

Учитывая общенаучный и промышленный интерес к решению задач такого рода, в настоящей работе использован метод, позволяющий корректно выделить лучшее решение из рассматриваемых по множеству критериев, в том числе противоречивых.

В целом предложенный подход позволяет расширить возможности теории управления перевозочным процессом за счет повышения качества перевозок по комплексам рассматриваемых в каждом конкретном случае критериев. Покажем его функционирование при решении конкретной задачи, а именно – при выборе схемы терминала для перевалки жидкого топлива на стыке сухопутного и водного транспорта.

До настоящего времени проблеме рационального выбора объемов резервуарного парка нефтеперевалочных терминалов уделялось недоста-

точно внимания. В основном освещались создание высокоэффективной и устойчивой системы мультимодальных перевозок на базе морских и речных портов, а также рационализация мощностей нефтяных терминалов для обеспечения взаимодействия со смежными видами транспорта [1–9]. Выводы по этим работам нуждаются в совершенствовании, надо доработать методы и подходы для решения новых перспективных задач.

При определении рационального объема резервуарного парка нефтяных терминалов используются методики, не учитывающие фактической загрузки резервуаров и объема переваливаемого груза. Если при определении рациональной вместимости резервуарного парка не учитывать взаимодействующие транспортные потоки и производительность перегрузочных мощностей, то увеличиваются простои транспортных средств в портах и на железнодорожных путях.

Постановка задачи

При выборе схемы терминала одновременно оцениваются многие факторы (критерии) и выбирается их лучшее цифровое сочетание.

В качестве главных критериев примем:

k_{OT} – объем терминала (m^3);

$k_{ЗС}$ – затраты на строительство (тыс. руб.);

$k_{ВР}$ – время монтажных работ (сутки);

$k_{ОБС}$ – затраты на обслуживание при будущей эксплуатации терминала (тыс. руб./год);

$k_{РЕМ}$ – затраты на будущий ремонт резервуаров (тыс. руб./год);

$k_{ПОТ}$ – экономические потери при простое терминала на ремонте (тыс. руб./год);

k_p – риски, связанные с финансовыми потерями при эксплуатации терминала (балл).

В задаче принимается гипотеза, что большое количество резервуаров (при заданном суммарном объеме) уменьшает финансовые риски благодаря меньшей вероятности одновременного выхода из строя значительного общего объема терминала.

Общий объем терминала k_{OT} при выборе лучшей схемы должен быть задан на основе предварительного анализа и расчета факторов, обеспечивающих минимальные финансовые потери для участников перевозочного процесса, так как именно они заинтересованы в бесперебойной перевозке грузов (в нашем случае – жидкого топлива). Таким образом, выбор схемы терминала при заданном общем объеме представляет собой важную многокритериальную задачу.

Решение задачи

$k_{ЗС}$ для каждой схемы определяются по соответствующим нормативным документам. Для каждого заданного варианта критерии $k_{ВР}$, $k_{ОБС}$, $k_{РЕМ}$, $k_{ПОТ}$, k_p назначаются и используются при решении как начальные условия.

При выборе лучшей схемы терминала рассмотрим четыре варианта A_1, \dots, A_4 по приведенным критериям. Варианты различаются количеством резервуаров терминала, а общий объем остается. При этом в варианте A_1 будет рассмотрен 1 резервуар, соответственно, 2, 3 и 4 – в вариантах A_2, A_3, A_4 . Ниже приведены цифровые (Π) значения всех критериев по вариантам A_1, \dots, A_4 , при этом не исключено, что на практике могут рассматриваться иные или дополнительные критерии, которые помогут найти лучшее решение.

Вариант A_1

$\Pi_{ОТ}^{A_1}$ – 20 тыс. м³ (один резервуар);

$\Pi_{ЗС}^{A_1}$ – 59 250 тыс. руб. (здесь и ниже цифровые значения данного критерия указаны в соответствии с табл. 1, при этом графы стоимости конструкции и монтажа суммированы; аналогично в вариантах A_2, A_3, A_4 ;

$\Pi_{ВР}^{A_1}$ – 105 суток (табл. 1);

$\Pi_{ОБС}^{A_1}$ – 3150 тыс. руб./год;

$\Pi_{РЕМ}^{A_1}$ – 2000 тыс. руб./год;

$\Pi_{ПОТ}^{A_1}$ – 12 000 тыс. руб./год;

$\Pi_p^{A_1}$ – 0,6 (изменяется в пределах 0–1, при этом принимается, что чем выше степень риска (хуже для заказчика перевозки), тем меньше число).

Вариант A_2

$\Pi_{ОТ}^{A_2}$ – 20 тыс. м³ (суммарный объем двух резервуаров, каждый по 10 тыс. м³);

$\Pi_{ЗС}^{A_2}$ – 67 475,1 тыс. руб. (табл. 1);

$\Pi_{ВР}^{A_2}$ – 176 дней (табл. 1);

$\Pi_{ОБС}^{A_2}$ – 4400 тыс. руб./год;

$\Pi_{РЕМ}^{A_2}$ – 2600 тыс. руб./год;

$\Pi_{ПОТ}^{A_2}$ – 8000 тыс. руб./год;

$\Pi_p^{A_2}$ – 0,7.

Таблица 1

Стоимостные и временные показатели

Объем резервуара, м ³	Стоимость конструкции, руб.	Стоимость монтажных работ, руб.	Время монтажных работ, сут.
100	806 000,00	550 560,00	12
200	1 171 875,00	800 480,00	15
300	1 500 000,00	1 024 614,00	17
400	1 687 500,00	1 152 690,00	20
500	1 640 000,00	1 130 740,00	23
700	2 250 000,00	1 551 320,00	25
1000	2 718 750,00	1 848 750,00	26
2000	4 680 000,00	2 839 650,00	36
3000	7 290 000,00	4 649 280,00	51
5000	10 350 000,00	6 600 829,00	62
10 000	20 955 000,00	12 782 550,00	88
20 000	37 500 000,00	21 750 000,00	105
30 000	45 000 000,00	26 100 000,00	125
50 000	75 000 000,00	42 000 000,00	160

Вариант А₃

$C_{OT}^{A_3}$ – 20 тыс. м³ (суммарно три резервуара объемом 10, 5 и 5 тыс. м³);

$C_{ЗС}^{A_3}$ – 67 639,21 тыс. руб. (табл. 1);

$C_{ВР}^{A_3}$ – 212 дней (табл. 1);

$C_{ОБС}^{A_3}$ – 5200 тыс. руб./год;

$C_{РЕМ}^{A_3}$ – 3000 тыс. руб./год;

$C_{ПОТ}^{A_3}$ – 6000 тыс. руб./год;

$C_p^{A_3}$ – 0,8.

Вариант А₄

$C_{OT}^{A_4}$ – 20 тыс. м³ (четыре резервуара по 5 тыс. м³ каждый);

$C_{ЗС}^{A_4}$ – 67 803,32 тыс. руб. (табл. 1);

$C_{ВР}^{A_4}$ – 248 дней (табл. 1);

$C_{ОБС}^{A_4}$ – 5800 тыс. руб./год;

$C_{РЕМ}^{A_4}$ – 3300 тыс. руб./год;

$$Ц_{ПОТ}^{A_4} - 4000 \text{ тыс. руб./год};$$

$$Ц_p^{A_4} - 0,9.$$

В соответствии с алгоритмом [10] аналогично решениям задач в работах [11, 12] по цифровым значениям $Ц$ критериев вариантов A_1, \dots, A_4 построим табл. 2. Так как значение $Ц_{ОТ}$ постоянно для всех вариантов (заданный общий объем резервуаров независимо от варианта схемы), в таблице оно опущено.

Используя табл. 2, построим табл. 3 мест \mathcal{M} (значения в квадратных скобках) вариантов A_1, \dots, A_4 по каждому критерию и умножим эти показатели на соответствующий вес ($0 \leq w \leq 1$) критерия. Напомним, что в соответствии с [10], чем больше вес (ближе к 1), тем значимее этот критерий и больше уточненное значение места M ($M = \mathcal{M}w$) по отношению к другим по данному критерию.

Таблица 2

Значения $Ц$ критериев для вариантов A_1, \dots, A_4

Критерий	Вариант			
	A_1	A_2	A_3	A_4
$Ц_{ЗС}$	59 250 тыс. руб.	67 475,1 тыс. руб.	67 639,21 тыс. руб.	67 803,32 тыс. руб.
$Ц_{ВР}$	105	176	212	248
$Ц_{ОБС}$	3150 тыс. руб.	4400 тыс. руб.	5200 тыс. руб.	5800 тыс. руб.
$Ц_{РЕМ}$	2000 тыс. руб.	2600 тыс. руб.	3000 тыс. руб.	3300 тыс. руб.
$Ц_{ПОТ}$	12 000 тыс. руб.	8000 тыс. руб.	6000 тыс. руб.	4000 тыс. руб.
$Ц_p$	0,6	0,7	0,8	0,9

Присвоим критериям следующие значения веса:

$$k_{ЗС} \rightarrow = 1,0; k_{ВР} \rightarrow = 0,75;$$

$$k_{ОБС} \rightarrow = 0,90; k_{РЕМ} \rightarrow = 0,70;$$

$$k_{ПОТ} \rightarrow = 0,70; k_p \rightarrow = 0,65.$$

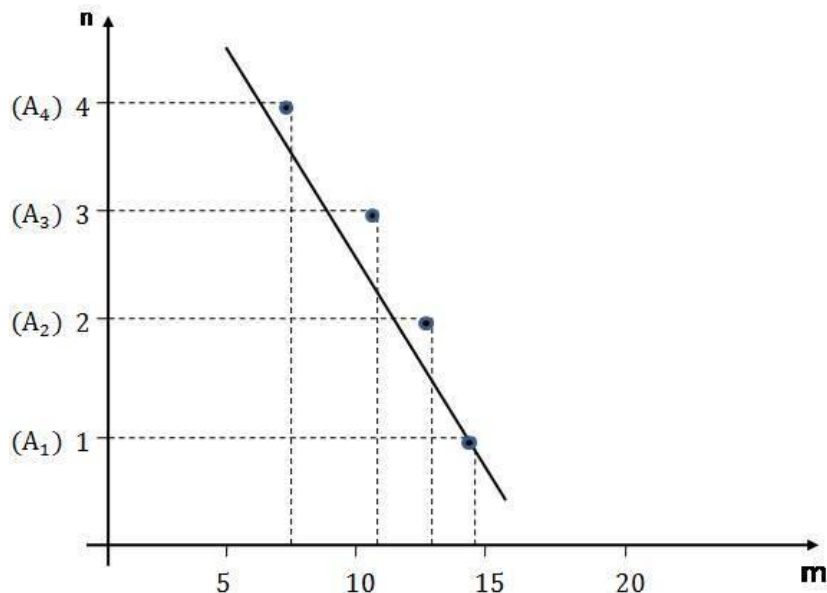
В табл. 3 введем значение m по каждому варианту A_1, \dots, A_4 , где m равно сумме значений M по каждому варианту A_1, \dots, A_4 .

По результатам, приведенным в табл. 3, построим зависимость $m = f(n)$, где $n = 1, \dots, 4$ (количество резервуаров) – вариантов A_1, \dots, A_4 , соответственно. Зависимость представлена на рисунке.

Таблица 3

Уточненные места M вариантов в A_1, \dots, A_4 с учетом веса «в» критериев

Показатель	Варианты			
	A_1	A_2	A_3	A_4
$M_{ЗС}$	$[4] \cdot 1 = 4$	$[3] \cdot 1 = 3$	$[2] \cdot 1 = 2$	$[1] \cdot 1 = 1$
$M_{ВР}$	$[4] \cdot 0,75 = 3$	$[3] \cdot 0,75 = 2,25$	$[2] \cdot 0,75 = 1,5$	$[1] \cdot 0,75 = 0,75$
$M_{ОБС}$	$[4] \cdot 0,9 = 3,6$	$[3] \cdot 0,9 = 2,7$	$[2] \cdot 0,9 = 1,8$	$[1] \cdot 0,9 = 0,9$
$M_{РЕМ}$	$[4] \cdot 0,7 = 2,8$	$[3] \cdot 0,7 = 2,1$	$[2] \cdot 0,7 = 1,4$	$[1] \cdot 0,7 = 0,7$
$M_{ПОТ}$	$[1] \cdot 0,7 = 0,7$	$[2] \cdot 0,7 = 1,4$	$[3] \cdot 0,7 = 2,1$	$[4] \cdot 0,7 = 2,8$
M_p	$[1] \cdot 0,65 = 0,65$	$[2] \cdot 0,65 = 1,3$	$[3] \cdot 0,65 = 1,95$	$[4] \cdot 0,65 = 2,6$
m	14,75	12,75	10,75	8,75

Графическое соотношение значений m и n

Как видно из графика, распределение m относительно n представляет собой линейную обратную зависимость $m = m(n^{-1})$, свидетельствующую, что при выборе варианта схемы терминала по комплексу принятых в работе критериев использование одной емкости более предпочтительно (максимальное значение m в табл. 3 и на графике), чем нескольких при заданном суммарном объеме емкостей.

Полученный вывод относится к тем условиям (критериям), которые рассматривались в настоящей задаче. В другом случае (при рассмотрении других или дополнительных критериев) линейная зависимость (уравнение прямой) может изменяться, что дает другое соотношение значений m и n .

Метод определения лучшего решения может применяться на практике в подобных задачах. Решения при этом во многом зависят от входных параметров условия задачи, т. е. в нашем случае – от выбранных критериев, их значений и веса.

Для точечной проверки одного из полученных значений M (даны в квадратных скобках в табл. 3) используем линейное интерполирование (уравнение прямой через две точки). Проверку проведем по критерию k_{BP} для варианта A_3 , подставляя в упомянутое выражение значения Π_{BP} и M_{BP} из табл. 2 и 3: $\Pi_k^{A3} = \Pi_{BP}^{A3} = 212$; $\Pi_{k1}^{A2} = \Pi_{BP}^{A2} = 176$; $\Pi_{k1}^{A1} = \Pi_{BP}^{A2} = 248$; $M_{k1}^{A2} = M_{BP}^{A4} = 1$; $M_{k1}^{A1} = M_{BP}^{A2} = 3$, получим $(212-176) / (248-176) = (M_{k1}^{A3} - 1) / (3-1)$, откуда неизвестное $M_{BP}^{A3} = M_{k1}^{A3} = 2$, что совпадает со значением в табл. 3.

Заключение

Исследования в сфере мультимодальных перевозок обусловили развитие теории перевозок, концентрируясь на уменьшении потерь и рисков в интересах заказчика.

Для корректного принятия решения и оценки комплекса перевалки жидкого топлива рассмотрен практический пример объективного выбора лучшей схемы резервуарного парка.

Для достижения поставленной цели в предложенном примере использованы технические и экономические параметры, определившие рациональный объем резервуаров с целью минимизации настоящих и будущих расходов при заданных рисках. Применяемый метод позволяет объединить интересы участников транспортного рынка для минимизации технических, финансовых и организационных потерь.

В результате из конкурирующих вариантов выбран лучший с учетом цифровых значений значимости критериев. Отметим, что объективность решения увеличивается за счет повышения качества критериев с присвоенным весом.

Библиографический список

1. Бондаренко Р.А. Повышение конкурентоспособности бункерной компании оптимизацией транспортно-логистических схем доставки топлива: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – СПб., 2009. – 149 с.
2. Варгуни В.И. Исследование целесообразности применения эластичных емкостей для повагонных отправок нефтяных грузов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.08. – М., 1970. – 35 с.

References

1. Bondarenko RA. Increase of competitiveness of the bunker company by optimization of transport and logistic schemes of delivery of fuel. St. Petersburg; 2009. 149 p. (In Russ.)
2. Vargunin VI. Study on the feasibility of application of elastic tanks for carload shipments of oil cargo. Moscow; 1970. 35 p. (In Russ.)

3. Едигаров С.Г., Михайлов В.М., Прохоров А.Д., Юфин В.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз. – М.: Недра, 1982. – 280 с.
3. Edigarov SG, Mikhailov VM, Prokhorov AD, Yufin VA. Design and operation of tank farms. Moscow: Nedra; 1982. 280 p. (In Russ.)
4. Зотов Д.В. Методы формирования стратегии развития морских терминалов нефтепродуктов: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – М., 2013. – 143 с.
4. Zotov DV. Methods of formation of strategy of development of sea terminals of oil products. Moscow; 2013. 143 p. (In Russ.)
5. Михеев Ю.М., Овчинин Д.И. Зарубежные пластмассовые резервуары для хранения и транспортирования нефтепродуктов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 1981. – № 4. – С. 8–10.
5. Mikheev YuM, Ovchinin DI. *Transport and storage of petroleum products and hydrocarbons*. 1981;4:8–10. (In Russ.)
6. Михеев Ю.М., Овчинин Д.И. Передвижные металлические резервуары для хранения и транспортировки нефтепродуктов за рубежом // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 1981. – № 4. – С. 20–22.
6. Mikheev YuM, Ovchinin DI. *Transport and storage of petroleum products and hydrocarbons*. 1981;4:20–22. (In Russ.)
7. Нормы технологического проектирования предприятий по обеспечению нефтепродуктами (нефтебаз) ВНТП 5–95. – М.: Нефтепродуктпроект, 1995. – 54 с.
7. Standards of technological design of the enterprises for providing with oil products (oil depots) VNTP 5–95. Moscow; 1995. 54 p. (In Russ.)
8. Сапронов В.Н. Планирование и оптимизация загрузки нефтеналивных терминалов: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05. – СПб., 2013. – 150 с.
8. Sapronov VN. Planning and optimization of loading of oil terminals. St. Petersburg; 2013. 150 p. (In Russ.)
9. Регламент расчета полезной емкости резервуарного парка и разработки технологических карт на резервуары и резервуарные парки. – М.: Транснефть, 2003. – 44 с.
9. Process procedure of calculation of the useful capacity of the tank farm and development of technological maps on reservoirs and reservoir parks. Moscow; 2003. 44 p. (In Russ.)
10. Гогричiani Г.В. Объективное определение по результатам сравнений (испытаний) перспективного объекта при неограниченном множестве рассматриваемых противоречивых критериев // Вестн. ВНИИЖТ. – 2006. – № 6. – С. 14–15.
10. Gogrichiani GV. *Railway Res. Inst. Bull.* 2006;6:14–15. (In Russ.)
11. Гогричiani Г.В., Ляшенко А.Н. Выбор места расположения нефтяного терминала по комплексу противоречивых критериев
11. Gogrichiani GV, Lyashenko AN. *Transportation and storage of petroleum products and hydrocarbons*. 2017;2:35–38. (In Russ.)

// Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2017. – № 2. – С. 35–38.

12. Ляшенко А.Н. Метод выбора рационального пути по комплексу критериев при перевозке жидкого топлива // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2014. – № 2. – С. 41–43.

12. Lyashenko AN. *Transport and storage of oil products and hydrocarbons*. 2014;2:41–43. (In Russ.)

Сведения об авторе:

Ляшенко Антон Николаевич, аспирант,
ORCID 0000-0003-4609-5554;
E-mail: an-lyashenko@yandex.ru

Information about author:

Anton N. Lyashenko, postgraduate student,
ORCID 0000-0003-4609-5554;
E-mail: an-lyashenko@yandex.ru

Цитировать:

Ляшенко А.Н. Выбор схемы резервуарного парка нефтяного терминала по множеству критериев // Транспортные системы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 1. – С. 84-93. DOI: 10.17816/transsyst2018041084-093.

To cite this article:

Lyashenko AN. Selection of the Oil Terminal Tank Farm Scheme by a Set of Criteria. *Transportation Systems and Technology*. 2018;4(1):84-93. DOI: 10.17816/transsyst2018041084-093.