

УДК 656.61.07:519.863

С.П. Онищенко, А.Р. Сираев

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПОРТНОЙ ПРОДУКЦИИ

Представлена экономико-математическая модель, позволяющая оптимизировать в комплексе параметры транспортного обеспечения и параметры систем распределения экспортной продукции – рынки сбыта, цены, условия поставок.

Ключевые слова: распределительная система, организация, транспортное обеспечение, оптимизация, рынок сбыта.

Представлена економіко-математична модель, що дозволяє оптимізувати в комплексі параметри транспортного забезпечення та параметри систем розподілу експортної продукції – ринки збуту, ціни, умови поставок.

Ключові слова: розподільча система, організація, транспортне забезпечення, оптимізація, ринок збуту.

This article presents a mathematical model that allows to optimize the complex parameters of transport support and distribution systems settings export – markets, prices and conditions of supply.

Keywords: distribution system, organisation, transport support, optimization, market.

Введение. Суть распределения – доведение продукции от производителя до конечных потребителей. При этом распределение может рассматриваться как с маркетинговой, так и с логистической точек зрения. Каждый уровень рассмотрения обуславливает специфические задачи организации и управления данными системами. Объектом маркетинга в распределении яв-

© Онищенко С.П., Сираев А.Р., 2013

ляется продукция (товар), логистика оперирует материальным потоком – продукцией в движении и с приложением к ней логистических операций в рамках определенного промежутка времени. На маркетинговом уровне, элементами распределительной системы являются участники каналов распределения – производитель, посредники, потребители. В свою очередь, физическое перемещение товара предусматривает выполнение множества логистических операций (складирование, упаковку, транспортировку и т.д.), что происходит в соответствующей логистической распределительной системе.

Итак, под системой распределения с маркетинговой точки зрения (простейшей распределительной системой) будем понимать: совокупность элементов – продавец – покупатели (точки продажи); множество взаимосвязей между элементами – организационных, транспортных, юридических, финансовых и т.д.; взаимосвязи с внешней средой.

Любая система характеризуется наличием главной цели, которой подчинена деятельность всех элементов. Для распределительных систем на маркетинговом уровне главная цель может быть определена одним из двух вариантов: максимизация объемов продаж при обеспечении определенного уровня эффективности; максимизация прибыли при обеспечении определенного уровня объемов продаж.

Транспортное обеспечение – важнейший элемент в организации функционирования систем распределения. Этому вопросу посвящается значительное количество соответствующей научной и научно-практической литературы (например, [1, 2, 3, 5]), но в данных работах проблема выбора или оценки эффективности варианта транспортного обеспечения заключается в определении, по сути, способа транспортировки, выбора вида транспорта, оптимизации маршрутов и графиков движения транспортных средств. Такой комплекс задач возникает на этапе, когда условия организации транспортировки определены с высокой степенью детализации.

На маркетинговом уровне транспортное обеспечение должно исследоваться в совокупности с определением рынков сбыта, цен, условий поставок с учетом рыночной ситуации, политики предприятия и стратегических перспектив его развития. Кроме того, при агрегированном рассмотрении проблемы организации транспортного обеспечения возникает, например, многовариантность с точки зрения условий использования транспортных средств – долгосрочная аренда, покупка, договор на оказание услуг транспортировки. Таким образом, многие производственные предприятия в качестве варианта организации транспортного обеспечения систем распределения используют собственные транспортные средства. Указанная тенденция распространяется и в область морских перевозок.

Отметим, что спецификой морского транспорта является то, что аренда судов может осуществляться на различных условиях (*бербоут-чартер, тайм-чартер, рейсовый чартер* [4]), в результате чего формируются различные варианты организации транспортного обеспечения, и некоторые из них могут служить хорошей альтернативой приобретения судов, что не характерно для других видов транспорта. С этой точки зрения проблема транспортного обеспечения практически не изучается, что обуславливает актуальность настоящего исследования.

Постановка задачи. Целью данной статьи является разработка экономико-математической модели, позволяющей определять оптимальный с маркетинговой точки зрения вариант организации транспортного обеспечения (на примере морского транспорта) распределительной системы. Так как морской транспорт участвует в распределении экспортной продукции, то именно такие распределительные системы и будут рассматриваться в дальнейшем.

С маркетинговой точки зрения распределение экспортной продукции с участием морского транспорта может осуществляться следующим образом:

- производители или трейдеры не берут на себя организацию морской транспортировки продукции покупателям (им-

портерам), продажа осуществляется на базисах поставки (EXW, FCA, FAS, FOB);

- продавцы принимают на себя ответственность за морскую перевозку (например, используются базисы поставки CFR, CIF).

Под организацией транспортного обеспечения распределительной системы будем понимать

- совокупность транспортных средств (технико-эксплуатационные и экономические характеристики),

- условия их работы (рейсовое фрахтование, тайм-чартер, бербоут-чартер, собственные суда),

- распределение ответственности и рисков в процессе осуществления поставок между экспортером и импортером в соответствии с условиями контракта.

Отметим, что вопросы транспортного обеспечения могут рассматриваться на стратегическом и тактическом уровнях. Тактический уровень связан с решениями текущего характера и, как правило, предполагает фрахтование судна на условиях рейсового чартера или организацию транспортировки контейнеров с товаром посредством линейных перевозчиков. На стратегическом уровне принимаются решения, направленные, как минимум, на годовой отрезок времени, поэтому, именно в рамках разработки общих стратегических перспектив и маркетинговой стратегии, в частности, могут быть приняты решения о фрахтовании судна в тайм-чартер, бербоут-чартер или приобретении собственного транспортного средства с целью самостоятельного обеспечения доставки экспортируемой продукции на соответствующих базисах поставки (рис. 1).

Как было сказано выше, на маркетинговом уровне задача выбора наиболее эффективного варианта организации транспортного обеспечения рассматривается в совокупности с решениями по рынкам, то есть *установлением для экспортера* (при наличии возможности выбора): *рынков сбыта, объемов поставок продукции, условий и вариантов осуществления поставок в рассматриваемом периоде.* То есть, с учетом производственных

и коммерческих (маркетинговых) ограничений, требуется определить такие объемы, условия и организацию поставок на различные рынки сбыта, чтобы *обеспечивался максимум суммарной прибыли за рассматриваемый период.*



Рис.1. Место задачи оптимизации транспортного обеспечения в системе стратегических решений предприятия

Результаты исследования. Для решения данной задачи сформулируем оптимизационную экономико-математическую модель. Принципиальная схема рассматриваемой ситуации представлена на рис. 2.

Введем следующие обозначения: k – вариант транспортного обеспечения, $k = \overline{0,2}$: $k = 0$ – морская перевозка осуществляется покупателем, $k = 1$ – рейсовый чартер, $k = 2$ – тайм-чартер (вариант приобретения судна или фрахтования в бербоут-чартер для упрощения модели не рассматривается, полагаем, что речь идет о годовом горизонте планирования);

Q_{ik} – объем поставок на i -й рынок, $i = \overline{1,n}$ с использованием k -го варианта транспортного обеспечения;

Q_i^* – ограничения по возможностям реализации продукции на i -м рынке;

Q^* – ограничение по возможностям производства продукции для реализации на рассматриваемых рынках;

соответственно $R_i^{ком}(\sum_{k=0,1,2} Q_{ik}), R_i^{пр}(\sum_{k=0,1,2} Q_{ik})$ – коммерческие

и производственные затраты, связанные с поставкой продукции на i -й рынок с использованием различных вариантов транспортного обеспечения;

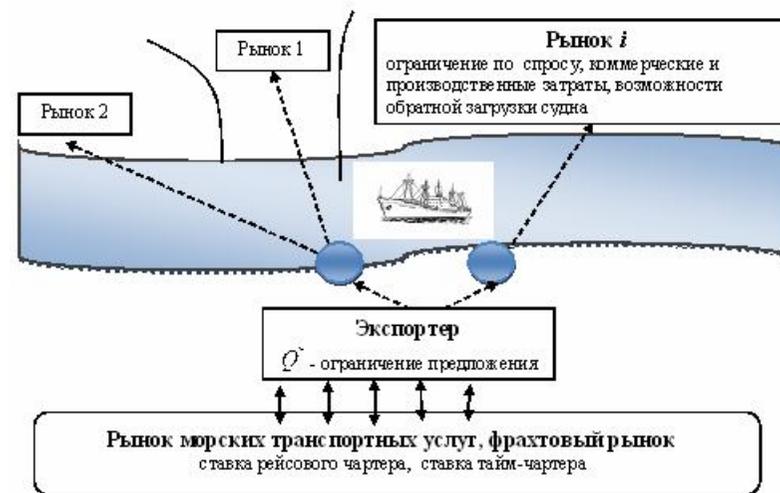


Рис. 2. Принципиальная схема моделируемой ситуации

$C_{ik}(Q_{ik})$ – цена продажи товара на i -м рынке с использованием k -го варианта организации транспортного обеспечения (не ограничивая общности, считаем, что при $k = 0$ используются базис поставки FOB, при $k = 1, 2$ – CIF);

f_i^{peic} – ставка рейсового чартера при доставке товара на i -й рынок, долл./т (полагаем, что грузоподъемность судна зафиксирована с учетом особенностей партионности поставок и портов перевалки);

P_i – провозная способность рассматриваемой категории судов на направлении i -ого рынка за рассматриваемый период времени);

$R_i^n (\sum_{k=0,1,2} Q_{ik})$ – стоимость доставки до порта отправления при доставке на i -ый рынок, долл/т;

f^{t-ch} – ставка тайм-чартера, долл./сут.,

T^{t-ch} – срок тайм-чартера, в ситуации годового планирования принимается равным одному году;

$R_i^{пер.экспл} (Q_{i2})$ – эксплуатационные затраты фрахтователя по судну в случае тайм-чартера (в этом варианте фрахтователь оплачивает переменные затраты – топливо, портовые сборы и т.д.);

$f_i^{peuc} \cdot Q_i^{обп}$ – сумма фрахта за перевозку грузов по рейсовому чартеру в обратном направлении (в направлении от рынка сбыта) – по сути, дополнительный доход, обусловленный коммерческим использованием судна на период тайм-чартера, в свободное от основных перевозок время. Полагаем, что $Q_i^{обп} = v \cdot g_{i2} \cdot P_i$,

где v – коэффициент, учитывающий вероятность обратной загрузки судна на рассматриваемом направлении;

g_{i2} – доля времени работы судна (судов) на i -м рынке сбыта при аренде в тайм-чартер (второй вариант транспортного обеспечения);

G – максимально допустимое количество арендованных в тайм-чартер судов – пожелания руководства.

Так как критерием оптимальности решения рассматриваемой задачи является прибыль, то сформулируем выражения прибыли по отдельному рынку для различных вариантов организации транспортного обеспечения

$$\Pi_i = \sum_{k=0,1,2} [C_{ik} (Q_{ik}) \cdot Q_{ik} - R_{ik} (Q_{ik}, g_{i2})] - R_i^n (\sum_{k=0,1,2} Q_{ik}) - R_i^{np} (\sum_{k=0,1,2} Q_{ik}) - (1)$$

$$- R_i^{ком} (\sum_{k=0,1,2} Q_{ik}) + \Pi_i^{дон} (g_{i2}), i = \overline{1, n},$$

где $R_{ik} (Q_{ik})$ – затраты на морскую транспортировку при поставках продукции на i -й рынок с использованием k -ого варианта организации транспортного обеспечения

$$R_{i0} (Q_{i0}) = 0, (2)$$

$$R_{i1} (Q_{i1}) = f_i^{peuc} \cdot Q_{i1}, (3)$$

$$R_{i2} (Q_{i2}) = g_{i2} \cdot f^{t-ch} \cdot T^{t-ch} + R_i^{пер.экспл} (Q_{i2}) (4);$$

$\Pi_i^{дон} = f_i^{peuc} \cdot Q_i^{обп} - R_i^{дор-пер.экспл} (Q_i^{обп})$ – дополнительная прибыль, за счет коммерческого использования взятого в тайм-чартер судна (судов) – перевозка грузов в обратном от рынка сбыта направлении. С учетом того, что обратная загрузка определяется g_{i2} , то и дополнительная прибыль зависит от этого параметра, что учтено в (1);

$R_i^{дор-пер.экспл} (Q_i^{обп})$ – дополнительные затраты за рейс, которые связаны с перевозкой груза в обратном направлении.

Суммарная прибыль от экспортируемой продукции составит

$$\Pi = \sum_{i=1}^n [\sum_{k=0,1,2} (C_{ik} (Q_{ik}) \cdot Q_{ik} - R_{ik} (Q_{ik}, g_{i2})) - R_i^n (\sum_{k=0,1,2} Q_{ik}) - R_i^{np} (\sum_{k=0,1,2} Q_{ik}) - (5)$$

$$- R_i^{ком} (\sum_{k=0,1,2} Q_{ik}) + \Pi_i^{дон} (g_{i2})] - R^{t-ch} (\sum_{i=1}^n g_{i2}),$$

где $R^{t-ch} (\sum_{i=1}^n g_{i2})$ – корректировка затрат, связанных с тайм-чартером – в (4) используется доля времени работы судна на определенном рынке сбыта, фактически же судно может какое-то время не работать, а оплата тайм-чартера производится за весь рассматриваемый период

$$R^{t-ch} \left(\sum_{i=1}^n g_{i2} \right) = f^{t-ch} \cdot \left(\sum_{i=1}^n g_{2,i} \right) - \sum_{i=1}^n g_{2,i} \quad (6)$$

где $\left[\sum_{i=1}^n g_{2,i} \right]$ – округление до больше целого (вообще говоря, $\left[\sum_{i=1}^n g_{2,i} \right] \geq 1$, то есть в тайм-чартер могут быть взяты несколько судов).

Формируем экономико-математическую модель для решения рассматриваемой задачи

$$\Pi = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{k=0,1,2} (C_{ik}(Q_{ik}) \cdot Q_{ik} - R_{ik}(Q_{ik}, g_{i2})) - R_i^n \left(\sum_{k=0,1,2} Q_{ik} \right) - R_i^{np} \left(\sum_{k=0,1,2} Q_{ik} \right) - \right. \quad (10)$$

$$\left. - R_i^{ком} \left(\sum_{k=0,1,2} Q_{ik} \right) + \Pi_i^{дон}(g_{i2}) \right] - R^{t-ch} \left(\sum_{i=1}^n g_{i2} \right) \rightarrow \max_{Q_{ik}, g_{i2}}$$

$$\sum_{k=0,1,2} Q_{ik} \leq Q_i^*, \quad i = \overline{1, n}; \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=0,1,2} Q_{ik} = Q^*; \quad (12)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n g_{i2} \right] \leq G; \quad (13)$$

$$Q_{i2} = P_i \cdot g_{i2}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (14)$$

$$g_{i2} \geq 0, \quad i = \overline{1, n}; \quad (15)$$

$$Q_{ik} \geq 0, \quad i = \overline{1, n}; \quad k = 0, 1, 2. \quad (16)$$

Целевая функция (10) отражает стремление максимизации суммарной прибыли от реализации продукции на различных рынках сбыта за рассматриваемый период времени; (11) – ограничение по возможностям каждого рынка сбыта; (12) – ограничение по производственным возможностям компании; (13) – ограничение по количеству судов, арендованных в тайм-чартер; (14) – ограничение по провозной способности судов, взятых в тайм-чартер; (15), (16) – условия неотрицательности параметров управления.

Отметим, что g_{i2} являются вспомогательными параметрами, представляя собой величину $\frac{Q_{i2}}{P_i}$, и используются в модели для упрощения записи целевой функции и некоторых ограничений.

Модель может быть дополнена ограничениями по уровню прибыли для каждого рынка сбыта

$$\left[\sum_{k=0,1,2} (C_{ik}(Q_{ik}) \cdot Q_{ik} - R_{ik}(Q_{ik}, g_{i2})) - R_i^n \left(\sum_{k=0,1,2} Q_{ik} \right) - R_i^{np} \left(\sum_{k=0,1,2} Q_{ik} \right) - \right. \quad (17)$$

$$\left. - R_i^{ком} \left(\sum_{k=0,1,2} Q_{ik} \right) + \Pi_i^{дон}(g_{i2}) \right] - R^{t-ch} \left(\sum_{i=1}^n g_{i2} \right) \geq \Pi_i^* (i = \overline{1, n})$$

Также, по каждому рынку сбыта могут быть заданы не только верхние ограничения (11), отражающие возможности сбыта продукции, но и ограничения, отражающие минимальное присутствие (в объеме Q_i^{**}) продукции компании на рынке

$$\sum_{k=0,1,2} Q_{ik} \geq Q_i^{**}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (18)$$

Экспериментальные расчеты проводились для исходных данных, приведенных в табл. 1.

Таблиця 1

Исходные данные

Элементы модели	Рынок 1	Рынок 2	Рынок 3
Цена, C_{ik}	$C_{10} = 280,$ $C_{11} = 320,$ $C_{12} = 320$	$C_{20} = 300,$ $C_{21} = 350,$ $C_{22} = 350,$	$C_{30} = 290,$ $C_{31} = 320,$ $C_{32} = 320$
Ограничение по спросу, Q_i^*	$Q_1^* = 500$	$Q_2^* = 500$	$Q_3^* = 600$
Производственные возможности, Q^*	$Q^* = 1200$		
Ставка рейсового чартера $f_i^{рейс}$	$f_1^{рейс} = 32$	$f_2^{рейс} = 35$	$f_3^{рейс} = 38$
Провозная способность судна, P_i	$P_1 = 80$	$P_2 = 90$	$P_3 = 100$
Ставка тайм-чартера, f^{t-ch}	$f^{t-ch} = 500$		
Затраты эксплуатационные переменные, $R_i^{пер.эксpl}(Q_{i2})$	$R_1^{пер.эксpl}(Q_{12}) = 1700 \cdot Q^{0,5}$	$R_2^{пер.эксpl}(Q_{22}) = 2100 \cdot Q^{0,6}$	$R_3^{пер.эксpl}(Q_{32}) = 2100 \cdot Q^{0,4}$
Обратная загрузка, $Q_i^{обр}$	$Q_1^{обр} = 0,6 \cdot Q_{12}$	$Q_2^{обр} = 0,7 \cdot Q_{22}$	$Q_3^{обр} = 0,5 \cdot Q_{32}$
Расходы эксплуатационные дополнительные, $R_i^{доп.пер.эксpl}(Q_i^{обр})$	$R_1^{доп.пер.эксpl} = 0,1 \cdot R_1^{пер.эксpl}$	$R_2^{доп.пер.эксpl} = 0,07 \cdot R_2^{пер.эксpl}$	$R_3^{доп.пер.эксpl} = 0,08 \cdot R_3^{пер.эксpl}$

В результате экспериментальных расчетов производилось варьирование ставкой тайм-чартера (от 500 до 25000 долл./сут.), результаты оптимизации представлены в табл. 2 и на рис. 3. Как видно, при увеличении ставки тайм-чартера уменьшается количество арендованных судов, и, соответственно, уменьшается суммарная прибыль, кроме того, при достижении ставок определенного уровня становится выгодным использование судов исключительно на условиях рейсового чартера. Следует отметить, что для рассматриваемой ситуации, арендованные в тайм-чартер суда целесообразно использовать только для работы на третьем рынке, что обуславливается низким уровнем эксплуатационных затрат по судам (в сравнении с другими рынками).

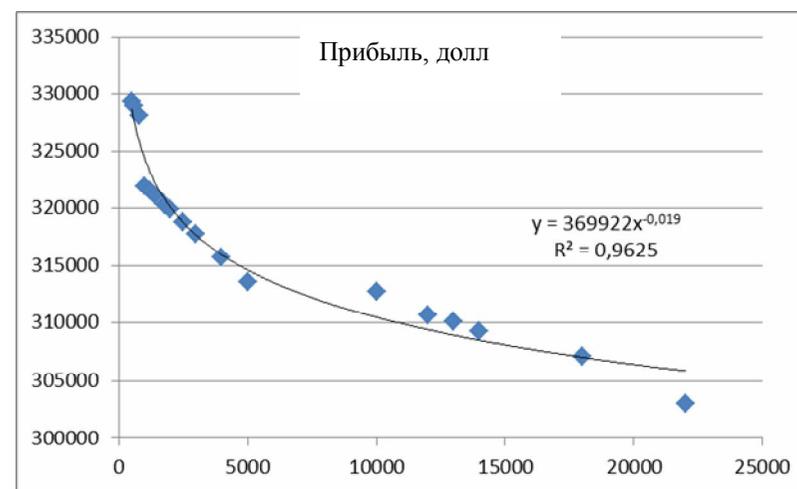


Рис. 3. Динамика значения целевой функции (суммарной прибыли) при изменении ставки тайм-чартера

Таблиця 2

Результаты экспериментальных расчетов

Ставка тайм-чартера, долл./сут.	Значение целевой функции – прибыль, долл.	Количество судов, арендованных в тайм-чартер	Оптимальный план			
				1 рынок	2 рынок	3 рынок
500	329371,49	4 судна	Qi0	200	300	100
			Qi1	0	200	0
			Qi2	0	0	400
			gi2	0	0	4
600	328971,49	4 судна				
800	328171,49	4 судна				
1000	321997,5006	2 судна		1 рынок	2 рынок	3 рынок
			Qi0	106	257	173
			Qi1	112	243	151
			Qi2	0	0	157
1200	321571,503	2 судна				
1400	321145,63	2 судна				
1800	320303,869	2 судна				
2000	319882,9698	2 судна				
2500	318837,7627	2 судна				
3000	317795,4203	2 судна				
4000	315702,6464	1 судно		1 рынок	2 рынок	3 рынок
			Qi0	77	262	201
			Qi1	123	238	172
			Qi2	0	0	127
5000	313616,0606	1 судно				
10000	312722,2622	1 судно				
12000	310722,2622	1 судно				
13000	310137,4569	1 судно				

Таким образом, можно сделать вывод о том, что результаты экспериментальных расчетов согласуются с практикой организации транспортного обеспечения в сфере морских перевозок, что, в свою очередь, подтверждает адекватность предлагаемой экономико-математической модели.

Выводы. В данной статье представлена экономико-математическая модель (10)-(16), позволяющая находить оптимальный вариант организации транспортного обеспечения экспортных систем распределения с участием морского транспорта. Данная модель соответствует *маркетинговому уровню* рассмотрения организации транспортного обеспечения, которое определяется в совокупности с отбором рынков сбыта, установлением условий поставок с целью максимизации прибыли от реализации продукции с учетом рыночных и производственных ограничений, специфики рынков сбыта с точки зрения коммерческих и производственных затрат.

Результаты, изложенные в данной статье, могут быть использованы для обоснованного принятия решений стратегического характера по различным аспектам организации и осуществления поставок экспортной продукции с участием морского транспорта.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов [Текст] / Под общ. ред. Л.Б.Миротина. – М.: Изд-во «Экзамен», 2003. – 512 с.*
2. *Николаев Д.С. Транспорт в международных экономических отношениях: проблемы экономики и организации товародвижения в хозяйственных связях / Д.С. Николаев. – М.: Международные отношения, 1984. – 208 с.*
3. *Бауэрсокс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок: Пер. с англ [Текст] / Д.Дж. Бауэрсокс, Д.Д. Клосс. – М.: ЗАО "Олимп-Бизнес", 2001. – 640 с.*

4. Рылов С.И. *Внешнеторговые операции морского транспорта [Текст] / С.И. Рылов, А.А. Мимха, П.Н. Березов. – М.: Транспорт, 1996. – 206 с.*
5. Онищенко С.П. *Моделирование процессов организации и функционирования системы маркетинга морских транспортных предприятий [Текст] / С.П. Онищенко. – Одесса: Феникс, 2009. – 328 с.*

Стаття надійшла до редакції 20.12.2013

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Експлуатація морських портів» Одеського національного морського університету **Д.М. Решетков**