

# МАРКЕТИНГ И ОРГАНИЗАЦИЯ СБЫТА

DOI: 10.25987/VSTU.2019.57.11.009

УДК 658.5.011

## ЛОГИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВА ВЕНДИНГОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ: ЗАКУПКА КОМПЛЕКТУЮЩИХ И ДОСТАВКА ДО ВНУТРЕННЕГО СКЛАДА РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

**П.А. Аркин, Н.В. Муханова**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Россия, 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29

**Е.А. Мошняцкий**

ООО «БП-ЭНТЕРТЕЙНМЕНТ»  
Россия, 192019, Санкт-Петербург, Глиняная ул., д. 5к1

**Введение.** Данная статья является первой из цикла статей, посвященных логистической оптимизации производства вендингового оборудования в России, и решает задачу выбора производителя и транспортной компании для перевозки комплектующих вендингового оборудования для его дальнейшего производства на примере ООО «БП-ЭНТЕРТЕЙНМЕНТ», базирующейся в городе Санкт-Петербург, на основе построения математической модели с учетом применения метода экспертных оценок. Решение выбора поставщиков актуально, поскольку смена страны-производителя и грамотный подбор поставщиков могут существенно сократить издержки на закупку деталей и комплектующих, снизить итоговую себестоимость вендингового оборудования, производимого ООО «БП-ЭНТЕРТЕЙНМЕНТ».

**Данные и методы.** Построена математическая модель, описывающая реальные факторы и цели выбора поставщиков. Модель имеет ряд допущений для уменьшения вычислительной сложности рассматриваемой задачи. В качестве целевой функции в модели выбрана минимизация издержек на закупку оборудования. Для решения задачи предложен метод экспертных оценок.

**<sup>1</sup>Полученные результаты.** Применение данной модели было осуществлено обществом с ограниченной ответственностью «БП-ЭНТЕРТЕЙНМЕНТ», в результате чего было принято решение о закупке комплектующих у производителей из Китайской Народной Республики, а также пользоваться услугами транспортной компании. В результате стоимость закупки понизилась на 59,4% при увеличении срока доставки на 19 дней. В компании результат был признан максимально успешным.

**Заключение.** Разработанная модель может быть использована для внедрения в отдел закупок предприятия, что позволит эффективнее распоряжаться бюджетом, снизить расходы на закупку, повысить качество закупаемого товара, избежать рисков, связанных с недоброкачественными поставщиками.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, метод экспертных оценок, минимизация рисков, снижение издержек, выбор производителя оборудования

### Сведения об авторах:

**Павел Александрович Аркин** (д-р экон. наук, профессор, [arkin1969@mail.ru](mailto:arkin1969@mail.ru)), профессор кафедры «Процессы управления наукоемкими производствами».

**Евгений Александрович Мошняцкий** ([moshniatskiy24@mail.ru](mailto:moshniatskiy24@mail.ru)), генеральный директор ООО «БП-ЭНТЕРТЕЙНМЕНТ».

**Наталья Викторовна Муханова** (канд. экон. наук, доцент, [nmukhanova@spbstu.ru](mailto:nmukhanova@spbstu.ru)), доцент Института передовых производственных технологий.

### On authors:

**Pavel A. Arkin** (Dr. Sci. (Economy), Professor, [arkin1969@mail.ru](mailto:arkin1969@mail.ru)), Professor of the Department "Processes of management of science-intensive industries".

**Evgeniy A. Moshniatskiy** ([moshniatskiy24@mail.ru](mailto:moshniatskiy24@mail.ru)) the CEO of LLC "BP-ENTERTAINMENT"

**Natalia V. Mukhanova** (Cand. Sci. (Economy), Assistant Professor, [nmukhanova@spbstu.ru](mailto:nmukhanova@spbstu.ru)), Assistant Professor of the Institute of advanced production technologies.

**Для цитирования:**

Аркин П.А., Мошняцкий Е.А., Муханова Н.В. Оптимизация издержек при закупке комплектующих и доставки до внутреннего склада с помощью применения метода экспертной оценки и использования математической модели // Организатор производства. 2019. Т.27. № 2. С. 94-104 DOI: 10.25987/VSTU.2019.57.11.009

**THE LOGISTIC MODEL OF VENDING EQUIPMENT MANUFACTURING: THE PURCHASING OF COMPONENTS AND THEIR DELIVERY TO THE INLAND DEPOT OF THE RUSSIAN MANUFACTURER**

**P.A. Arkin, N.V. Mukhanova**

*St.Petersburg Polytechnic University, named after Peter the Great  
Russia, 195251, St.Petersburg, Polytechnicheskaya St.,29*

**E.A. Moshnyatsky**

*«BP-ENTERTAINMENT» LLC  
Russia, 192019, St.Petersburg, Glinyanaya St., 5, building 1*

**Introduction.** *This article is the first of a series of articles dedicated to logistic optimization of the production of vending equipment in Russia, and it solves the problem of selecting a manufacturer and a transport company for transportation of components of vending equipment for its further production using the example of BP-ENTERTAINMENT LLC, based in St. Petersburg. The task is solved on the basis of a mathematical model, with account of using the method of expert assessment. The decision on the choice of suppliers is essential, since the change of a manufacturing country and competent selection of suppliers can significantly reduce the cost of purchasing parts and components, and lower the total cost of vending equipment produced by BP-ENTERTAINMENT LLC.*

**Data and methods.** *The mathematical model has been built, outlining real factors and goals of the choice of suppliers. The model has a number of assumptions to reduce the computational complexity of the problem under consideration. In this model, the minimization of equipment purchase costs was selected as a target function. To solve the task, the method of expert assessment was proposed.*

**Results obtained.** *The application of this model was carried out by the BP-Entertainment LLC, as a result of which it was decided to purchase the components from manufacturers from the People's Republic of China, as well as to use the services of a transport company. As a result, the purchase price lowered by 59.4% with a 19-day extension of the delivery time. In the company, the result was acknowledged as most successful.*

**Conclusion.** *The developed model can be used for implementation in the purchasing department of an enterprise, and will allow to manage the budget more efficiently, reduce the purchasing costs, improve the quality of the purchased goods, and avoid the risks associated with unscrupulous suppliers.*

**Keywords:** *mathematical modelling, expert assessment method, risk minimization, cost reduction, choice of equipment manufacturer*

**For citation:**

Arkin P.A., Moshnyatsky E.A., Mukhanova N.V. The logistic model of vending equipment manufacturing: the purchasing of components and their delivery to the inland depot of the russian manufacturer. s. *Organizator proizvodstva* = Organizer of Production, 27(2), 94-104 DOI: 10.25987/VSTU.2019.57.11.009 (in Russian)

**Введение**

В данной статье пойдет речь о подборе производителей комплектующих для вендинга и о логистике доставки данных комплектующих до внутреннего склада производителя, под

которым понимается склад производственного цеха. Общий оптимизационный подход в закупочной и производственной логистике основывался на работах П.А. Аркина и В.А. Левенцова [2, 6, 13]. Вендинговое оборудова-

ние – вид торгового оборудования для покупки товаров или услуг посредством автоматизированной системы расчетов без участия продавца. Наиболее часто встречающимися видами вендинговых аппаратов в Российской Федерации являются снековые и кофейные машины. В мировом масштабе вендинг продвинулся намного дальше – с помощью автоматизированных машин продают не только продукты питания, но и все возможные товары. В Японии широкую популярность приобретают автоматы по продаже парфюма, в Великобритании, где царствуют дожди, актуальны машины по продаже зонтов, в Объединенных Арабских Эмиратах в вендинговом аппарате можно приобрести золотые слитки разных размеров. В Сингапуре зафиксирован первый случай создания полностью автоматизированного терминала аэропорта, где каждый посетитель может без участия сотрудников терминала зарегистрироваться на рейс, оплатить багаж и пройти таможенный контроль. Вендинговый рынок, как и любой другой, имеет множество производственных и экономических задач. В настоящее время в производстве особую актуальность имеет подбор поставщиков. Производственные предприятия, занимающиеся производством вендингового оборудования, базирующиеся в Российской Федерации, рассматривают производителей как из России и стран СНГ, так и компании, расположенные в странах Евросоюза, Соединенных Штатах Америки и Китайской Народной Республике [12]. Поскольку производство комплектующих для вендингового оборудования является весьма наукоемким, в данной сфере существует достаточно ограниченное число производителей.

Огромное влияние на выбор производителей по странам оказывает текущая геополитическая ситуация. Например, вендинговые компании из России, занимающиеся продуктовой торговлей, в основном закупают сырье у стран, входящих в Таможенный союз, так как между ними не существует таможенных пошлин, а цены на сырье более доступные. К сожалению, комплектующие для вендинговых машин в странах – участниках Таможенного союза не производятся, поэтому имеет особое значение стоимость доставки из вышеуказанных стран. Если раньше основными странами, импортирующими комплектующие для вендинга в Россию, являлись США и Германия, то с

учетом санкций лидерство в данной области принадлежит Китаю [1, 11, 18]. Цены на комплектующие там в разы ниже, как и стоимость доставки. Но для некоторых вендоров важнейшим показателем является качество товара, поэтому импорт товаров из Германии и США до сих пор занимает существенную область рынка [17]. Существует несколько факторов, по которым идет отбор. Параметрами выбора производителя являются стоимость и качество товара, надежность производителя. Важнейшим моментом является вопрос логистики. И если компаниям, имеющим собственный автопарк и ведущим внешнеэкономическую деятельность самостоятельно принять решение по перевозке товара не является большой проблемой, то компаниям, не ведущим внешнеэкономическую деятельность, необходимо серьезно отнестись к выбору логистической компании, которая будет осуществлять перевозку. При выборе перевозчика и способа доставки основными факторами являются стоимость и сроки перевозки, условия доставки, а также надежность данной компании. В статье будет подробно разобран подбор производителей и перевозчиков, а также представлена математическая модель, задачей которой будет являться автоматизация выбора оптимальных компаний. Каждый из параметров будет рассмотрен отдельно, а также обозначен переменными, которым будет присвоен удельный вес. Удельным весом будет являться важность для заказчика конкретного фактора. Исходя из данных факторов и удельного веса каждого, для упрощения выбора поставщика может использоваться математическая модель. В данной статье будет приведена математическая модель покупки и перевозки грузов из перечисленных стран.

### **Теория**

В данной статье будут рассмотрены основные математические модели, применяющиеся в логистике, а также построены модели для определения оптимального поставщика и транспортной компании.

В решении логистических задач часто применяется теория графов. Теория графов решает задачу Гамильтонова пути – пути через все вершины графа кратчайшим путем [4, 7, 9]. В нашей логистической задаче теория графов является неоптимальной, так как в ней нельзя учесть факторы надежности производителя и качества товара.

Транспортная задача – задача о нахождении оптимального плана перевозок однородных продуктов из однородных пунктов хранения в однородные пункты потребления на однородном транспорте, количество транспорта известно заранее, со статичными данными и линейном подходе [5, 8]. В классической транспортной задаче выделяют два типа:

- Стоимостной критерий – достижение минимума затрат на перевозку либо расстояние
- Временной критерий - минимум времени на перевозку.

Под транспортной задачей понимается широкий круг задач с единой математической моделью, данные задачи относятся к задачам линейного программирования и решаются оптимальным методом [3]. В решении нашей задачи транспортная задача является неоптимальной по той же причине, что и теория графов.

В данной статье будет применен метод экспертных оценок и метод количественного веса факторов, будут приведены факторы оценки производителей вендингового оборудования из Российской Федерации, Германии, Соединенных Штатов Америки, а также Китайской Народной Республики, так как именно эти страны являются основными производителями комплектующих в данной рыночной сфере.

Присвоим каждой стране обозначение  $X_j$ :

- Россия –  $X_1$
- Германия –  $X_2$
- США –  $X_3$
- КНР –  $X_4$

При выборе производителя в первую очередь необходимо определить страну, оптимальную для производства данного оборудования. Принимая во внимание собственные цели компании, заказчику необходимо определить, какие факторы для него являются преимущественными. Для одних преимущественным фактором является закупочная стоимость комплектующих, для других – качество товара. Поиск производителя начинается с выбора страны, так как в каждом государстве

исторически сложились как определенные требования к производству товаров, так и их средняя стоимость. Дисперсия цен между производителями из одной страны может быть до 300% ниже, чем дисперсия всех производителей товаров в определенной сфере. Также общим фактором страны производителя являются сроки и стоимость доставки, так как на данные параметры в основном влияют условия таможенного оформления. В данном вопросе существует огромное количество других факторов, таких как клиентоориентированность поставщика, удобство работы с компанией, фактор языкового барьера и возможность наглядно увидеть производство и необходимый товар, но с целью оптимизации и стандартизации модели данные факторы учитываться не будут. Обозначим факторы выбора страны производителя переменными, где  $A_i$  – экспертная оценка,  $B_w$  – важность фактора для данного заказчика. Удельный вес фактора  $B_w$  заказчик определяет самостоятельно, в зависимости от текущих требований, по шкале от 1 до 10. Основными факторами выбора страны производителя являются:

- стоимость товара –  $A_1, B_1$
- надежность производителя –  $A_2, B_2$
- качество товара –  $A_3, B_3$
- стоимость доставки –  $A_4, B_4$
- срок доставки –  $A_5, B_5$

С целью определения экспертных оценок был проведен опрос работников трех крупнейших логистических компаний, занимающихся перевозкой товаров из данных стран. Интервьюерами выступали менеджеры по продажам компаний Free lines company, Best deals, 1Kargo. Целью исследования являлось определение средних показателей по каждому фактору в исследуемых странах.

В табл. 1 указаны экспертная оценка выбранных стран по данным параметрам отдельно по каждой компании и средний результат. Экспертная оценка составлена по шкале от 1 до 10, где 1 – наихудший выбор, 10 – наилучший.

Таблица 1

Экспертная оценка факторов выбора страны производителя  
Expert assessment of the factors of choice the country of manufacturing

Эксперты	Страна	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>
Free lines company	X <sub>1</sub>	5	7	4	10	10
	X <sub>2</sub>	3	9	9	3	3
	X <sub>3</sub>	1	10	10	1	1
	X <sub>4</sub>	10	3	1	5	4
Best deals	X <sub>1</sub>	5	6	4	9	10
	X <sub>2</sub>	2	8	9	2	4
	X <sub>3</sub>	1	10	10	1	1
	X <sub>4</sub>	10	4	2	4	4
Kargo	X <sub>1</sub>	6	6	5	10	10
	X <sub>2</sub>	3	9	8	4	3
	X <sub>3</sub>	1	9	10	1	2
	X <sub>4</sub>	9	3	1	4	5
Итоговый средний результат	X <sub>1</sub>	5,3	6,3	4,3	9,7	10
	X <sub>2</sub>	2,6	8,6	8,6	3	3,3
	X <sub>3</sub>	1	9,7	10	1	1,3
	X <sub>4</sub>	9,7	3,3	1,3	4,3	4,3

Далее идет переход к выбору производителя  $L_r^{xj}$  из выбранной страны  $X_j$ , составленной самим заказчиком по параметрам  $Q_p$ , с удельным весом  $B_w$ :

1.  $Q_1$  – точная стоимость товара данного производителя,
2.  $Q_2$  – экспертная оценка заказчиком надежности производителя,
3.  $Q_3$  – экспертная оценка заказчиком качества товара производителя.

Перейдем к выбору логистической компании для осуществления перевозки.

Во внешнеэкономической деятельности используются единые условия перевозки грузов Incoterms 2010 (англ. Incoterms, International commerce terms) [14].

Международные торговые термины представляют собой стандартные условия договора международной купли-продажи, которые определены заранее согласно международным договорам, действующим с 2011 года [15]. Задачей Incoterms является регулирование следующих сфер торговых взаимоотношений:

- определение периода поставки товара;
- распределение транспортных издержек между заказчиком и производителем, а также иных издержек, связанных с перевозкой товара;

- определение условий перехода ответственности за возможные риски, связанные с порчей или утратой товара.

Каждый термин Incoterms 2010 представляет собой аббревиатуру из трех букв, где первая буква обозначает место и момент перехода обязательств от производителя к заказчику. Исходя из первых букв можно выделить 4 основных группы:

1. группа E – переход обязательств непосредственно в месте отправки и в момент отправки
2. группа F – переход обязательств происходит в терминале отправления, при условии, что заказчик еще не оплатил основную часть стоимости перевозки товара
3. группа C – переход обязательств в терминале прибытия, при условии оплаты перевозки в полном объеме
4. группа D – переход обязательств непосредственно во время приема товара покупателем.

Термины можно разделить на данные 4 группы, укажем их в табл. 2.

Таблица 2

Правила incoterms с разделением на группы относительно условий доставки  
Incoterms rules divided into groups regarding the delivery conditions

Группа E — место отправки	Группа F — основная перевозка не оплачена	Группа C — основная перевозка оплачена	Группа D — доставка
- EXW Ex Works (указанное место): товар со склада продавца	- FCA Free Carrier (указанное место): товар доставляется перевозчику заказчика. - FAS Free Alongside Ship (указан порт погрузки): товар доставляется к кораблю заказчика. - FOB Free On Board (указан порт погрузки): товар погружается на корабль заказчика.	- CFR Cost and Freight (указан порт назначения): товар доставляется до порта заказчика (без выгрузки). - CIF Cost, Insurance and Freight (указан порт назначения): товар страхуется и доставляется до порта заказчика (без выгрузки). - CPT Carriage Paid To (указано место назначения): товар доставляется перевозчику заказчика в указанном месте назначения - CIP Carriage and Insurance Paid to (указано место назначения): товар страхуется и доставляется перевозчику заказчика в указанном месте назначения	- DAP Delivered at Place (Поставка в месте назначения) - DAT Delivered at Terminal (Поставка на терминале) - DDP Delivered Duty Paid (указано место назначения): товар доставляется заказчику, очищенный от пошлин и рисков [10]

Также данные термины можно разделить исходя из выбранного вида перевозки. Данное разделение представлено в табл. 3.

Правила Incoterms сформированы для того, чтобы разграничить ответственность между продавцом и покупателем [16]. В зависимости от выбранного условия возникает вопрос о необходимости в посреднике при доставке до необходимого адреса. В данной статье мы элиминируем фактор доставки с помощью собственного транспорта, поэтому необходима доставка до собственных производственных складских помещений. Следует отметить от-

дельно, что не все логистические компании дают возможность выбора условий incoterms, а могут поставить заказчика перед фактом, что работают только по определенным условиям. Рассмотрим два наиболее распространенных условия доставки:

1. EXW – необходимость в поиске логистической компании
2. DDP – Производитель доставит до нужной точки самостоятельно, поиск логистической компании не требуется.

Таблица 3

Условия доставки с разделением на группы относительно видов транспорта  
Delivery conditions divided into groups regarding modes of transport

Правила для любых видов транспорта	EXW, FCA, CPT, CIP, DAT, DAP, DDP
Правила для водных видов транспорта	FAS, FOB, CFR, CIF

Первый способ дешевле, но заказчику придется самостоятельно подбирать компанию-перевозчика и обратить внимание на ее надежность для того, чтобы минимизировать риски, связанные с доставкой груза. Выбор логистической компании является достаточно долгим

процессом, требующим ответственного подхода. Второй способ является более дорогим вариантом, но экономит время заказчика, так как в нем отсутствует необходимость в поиске посредника. Ответственность во втором способе висит на производителе, что тоже является

огромным плюсом для заказчика. Зададим параметр  $U_v$ , где  $U_1$  – существует необходимость в поиске логистической компании,  $U_2$  – производитель доставит сам.

Важную роль играет выбор вида транспорта  $Z_m$ . Заказчик принимает решение, какое соотношение «время-цена» для него является оптимальным. Рассмотрим, из каких пунктов складывается решение по данному вопросу:

1) стоимость доставки определенным видом транспорта –  $D_1$ ;

2) срок доставки определенным видом транспорта –  $D_2$

Рассмотрим подробнее параметр  $Z_m$ . На сегодняшний момент существуют следующие виды доставки, которым присвоим индексы:

- 1) авиадоставка -  $Z_1$
- 2) доставка морем –  $Z_2$
- 3) доставка ЖД + Авто –  $Z_3$
- 4) автодоставка –  $Z_4$

В табл. 4 указана экспертная оценка видов перевозки по параметрам  $D_1$  и  $D_2$ . Экспертная оценка составлена по шкале от 1 до 10, где 1 – наихудший выбор, 10 – наилучший. Параметр  $W_w$  – удельный вес.

Таблица 4

Экспертная оценка факторов выбора вида транспорта  
Expert assessment of the factors of choice modes of transport

	Вид доставки	$D_1$	$D_2$
Компания 1	$Z_1$	1	10
	$Z_2$	10	1
	$Z_3$	4	6
	$Z_4$	6	4
Компания 2	$Z_1$	1	10
	$Z_2$	10	1
	$Z_3$	5	6
	$Z_4$	5	5
Компания 3	$Z_1$	1	10
	$Z_2$	10	1
	$Z_3$	4	6
	$Z_4$	5	5
Итоговый средний результат	$Z_1$	1	10
	$Z_2$	10	1
	$Z_3$	4,3	6
	$Z_4$	5,3	4,7

У крупных надежных компаний при одинаковом виде транспорта сроки доставки практически одинаковые. Для простоты вычислений предлагается элиминировать данный фактор. Выбор логистической компании зависит от стоимости доставки выбранного вида транспорта.

Применение данной модели было осуществлено обществом с ограниченной ответственностью «БП-ЭНТЕРТЕЙНМЕНТ», в результате чего было принято решение о покупке комплектующих в Китайской Народной Республике, а также пользоваться услугами транспортной компании. В результате стоимость закупки понизилась на 67% при увеличении срока доставки на 19 дней. В компании результат был признан максимально успешным.

**Модель**  
Индексы:

- $i$  – индекс для факторов выбора страны производителя ( $i = 1, 2, \dots, 5$ );
- $j$  – индекс страны производителя ( $j = 1, 2, 3, 4$ );
- $r$  – индекс выбора производителя ( $r = 1..R$ );
- $p$  – индекс фактора выбора производителя данной страны ( $p = 1, 2, 3$ );
- $n$  – индекс фактора выбора вида транспорта ( $n = 1, 2$ );
- $m$  – индекс выбранного вида транспорта ( $m = 1, 2, 3, 4$ );
- $v$  – индекс выбора условий доставки ( $v = 1, 2$ );
- $f$  – индекс выбора транспортной компании ( $f = 1, 2, \dots, F$ );
- $w$  – индекс фактора для определения удельного веса ( $w = 1..W$ );
- $\alpha$  – индекс партии заказа.

Параметры:

$A_i$  – факторы выбора страны производителя ( $A_i = 1, 2..10$ );

$D_n$  – факторы выбора вида транспорта ( $D_n = 1, 2..10$ );

$R$  – количество рассматриваемых производителей в данной стране;

$F$  – количество рассматриваемых транспортных компаний.

Переменные:

$B_w$  – удельный вес факторов ( $B_w = 1, 2, \dots, 10$ );

$Q_p$  – факторы выбора производителя данной страны ( $Q_p = 1, 2, \dots, 10$ );

$X_j$  – факторы выбора страны производителя;

$L_r^{X_j}$  – производители из страны  $X_j$ ;

$Z_m$  – вид транспорта;

$Y_f$  – транспортная компания;

$C$  – итоговая стоимость;

$C(L)$  – стоимость партии  $\alpha$  товара у выбранной компании  $L_r^{X_j}$ ;

$C(Y)$  – стоимость партии  $\alpha$  доставки выбранной компании  $Y_f$ ;

$T$  – срок доставки;

$\beta$  – заданный заказчиком максимально допустимый показатель требований срока доставки. Показатель задается в днях;

$\gamma$  – заданный заказчиком требуемый показатель качества. Задается по шкале от 1 до 10.

Формула (1) показывает расчет итоговой стоимости

$$C = C(L) + C(Y) \quad (1)$$

Целевая функция (2) задает условия минимизации расходов на закупку и доставку оборудования

$$C \rightarrow \min \quad (2)$$

Ограничение (3) задает оптимальные условия выбора страны производителя

$$X_j = \max \sum A_i * B_w \quad (3)$$

Ограничение (4) задает оптимальные условия выбора производителя

$$L(X) = \max \sum Q_p * B_w \quad (4)$$

Ограничение (5) задает оптимальные условия выбора вида транспорта

$$Z_m = \max \sum D_n * B_w \quad (5)$$

Ограничение (6) задает оптимальные условия выбора транспортной компании

$$Y(Z) = \begin{cases} U1, Y_f = \min D_1^{Z_m} \\ U2, Y_f = L_r^{X_j} \end{cases} \quad (6)$$

Ограничение (7) задает необходимые и достаточные условия для соблюдения политики качества предприятия и требований риск-менеджмента:

$$\begin{cases} D2 \leq \beta \\ Q3 \geq \gamma \end{cases} \quad (7)$$

Применение данной модели было осуществлено обществом с ограниченной ответственностью «БП-ЭНТЕРТЕЙНМЕНТ», в результате чего было принято решение о закупке комплектующих в Китайской Народной Республике, а также пользоваться услугами транспортной компании. В результате стоимость закупки в сумме со стоимостью доставки снизилась на 59,4% при увеличении срока доставки на 19 дней. В компании результат был признан максимально успешным. Компания ООО «БП-ЭНТЕРТЕЙНМЕНТ» ежегодно проводит повторное исследование рынка с использованием данной модели, изменяя удельный вес факторов в соответствии с текущими целями компании, а также производит уточнение экспертных оценок, вследствие чего данная математическая модель не теряет своей актуальности.

Компания ООО «БП-ЭНТЕРТЕЙНМЕНТ» определила для себя удельный вес следующих показателей:

$$B1 = 10$$

$$B2 = 1$$

$$B3 = 1$$

$$B4 = 6$$

$$B5 = 3$$

Рассчитываем оптимальную страну доставки, исходя из ограничения (3):

$$X1 = 105,2$$

$$X2 = 77,1$$

$$X3 = 41,6$$

$$X4 = 148,9$$

Из полученных результатов было принято решение о заказе товаров у производителей из Китая. Было рассмотрено более 20 поставщиков, но по ограничению (7) подошли только 2.

Исходя из ограничения (4) было принято решение о выборе производителя с наибольшим результатом по  $\sum Q_p * B_w$ . Стоимость заказа получилась 800 USD.

Исходя из ограничения (7), и установленных заказчиком показателей  $\beta = 1$  и  $\gamma = 30$ ,  $B1 = 10$ ,  $B2 = 6$  было принято решение о доставке ЖД+Авто. После чего было принято решение о выборе компании доставки со стоимостью 650 USD и сроком в 28 дней. Результаты сравнения текущего и прошлого заказов представлены в табл. 5.

Таблица 5

Изменения условий закупки у производителя из России и Китая  
Changes in the terms of purchase from the from Russian and China's manufacturers

Производитель	Стоимость закупки	Стоимость доставки	Срок доставки
Из Нижнего Новгорода	3 478 USD	86 USD	9 дней
Из Гуанчжоу (КНР)	800 USD	650 USD	28 дней

### Заключение

Актуальность вендинговых машин приобретает все большее и большее значение, в связи с чем вендинговому рынку проще привлекать инвестиции, что способствует активному росту данной рыночной сферы. Вендинговый рынок Российской Федерации стремится к достижению результатов, полученных развитыми западными и восточными странами-коллегами. В Российской Федерации ежегодно растет число производителей вендинговых машин, а также число вендоров – владельцев данных аппаратов. Естественным желанием производителей является снижение закупочной стоимости комплектующих для производства собственных вендинговых машин.

По математическим моделям из данной работы можно быстро и качественно подобрать оптимальную страну производства, наиболее подходящего производителя вендингового оборудования, избежать рисков, связанных с ненадежными поставщиками. Заказчик может сам определить границы бюджета и желаемые сроки доставки, выбрать логистическую компанию для перевозки груза, а также определиться с видом транспорта, который подходит для перевозки исходя из сроков и заложенного бюджета.

Так как в данной работе применялся метод экспертной оценки, математическая модель перестанет быть оптимальной через определенный срок, потребуется пересчет экспертных оценок. В дальнейшем планируется осуществить автоматизацию получения и анализа экспертных оценок, после чего не будет требоваться обновлять данные вручную. В обозримом будущем данная математическая модель не будет терять актуальность при обновлении экспертных оценок ежегодно, а также в случаях изменения геополитической ситуации, таких как санкции, изменение таможенных условий и др.

### Библиографический список

1. Андрюшенко А. Вендинг по-московски / Московский бухгалтер. – 2010. – 23 с.
2. Аркин П.А., Довбня В.П., Кириченко А.В. и др. Логистические технологии укрупнения грузовых мест: учебное пособие. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006. – 228 с.
3. Аркин П.А. . Соловейчик К.А, Аркина К.Г. Исследование операций: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 232 с.
4. Аркин П.А., Соловейчик К.А, Аркина К.Г. Организационно-экономическое моделирование: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 262 с.
5. Багриновский К.А. Основные черты современного механизма научно-технического развития // Менеджмент в России и за рубежом. – 2015 – № 5.
6. Балябина А.А., Левенцов В.А. Совершенствование системы материально-технического обеспечения на примере промышленного предприятия // Сборник материалов научной конференции СПбПУ с международным участием «Неделя науки СПбПУ». – СПб: Издательство Санкт-Петербургского политехнического университета, 2016. – 3-5.
7. Богданова Е.Л., Соловейчик К.А., Аркина К.Г. Экономико-математическое моделирование в риск-менеджменте: учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 198 с.
8. Богданова Е.Л., Соловейчик К.А., Аркина К.Г. Оптимизация в проектном менеджменте: линейное программирование: учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 162 с.
9. Богданова Е.Л., Соловейчик К.А., Аркина К.Г. Оптимизация в проектном менеджменте: нелинейное программирование: учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 178 с.

10. Инкотермс. Международные правила толкования торговых терминов. – М.: Омега-Л, 2016. – 239 с.

11. Исследования вендингового рынка <http://drgroup.ru/biznes-plan-2.html> . Дата обращения 29.12.2018.

12. Левенцов В.А., Гончаров В.Н., Кобзев В.В. и др. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. – Новочеркасск: ЮРГПИ им. М.И. Платова, Минск: Мисанта, 2015. – 464 с.

13. Механические торговые автоматы – М.: Орел, 2005 - 128 с

14. Озернов Р.С. Менеджмент производства на предприятиях машиностроения: учебное пособие. – Самара: СГАУ, 2017. – 84 с.

15. Российская экономика в 2017 году. Тенденции и перспективы. – М.: ИЭПП.. 2017.

16. Современные информационные технологии и общество. – М.: ИНИОН РАН, 2013. – 196 с.

17. Статистика VENDEXPO 2018 <http://www.uvenco.ru/novosti/vendexpo-2018.html> . Дата обращения 29.12.2018.

Поступила в редакцию – 1 апреля 2019 г.

Принята в печать – 27 июня 2019 г.

### Bibliography

1. Andryuschenko A. Vending in a Moscow style / Moskovskiy bukhgalter. – 2010. – 23 p.
2. Arkin P.A., Dovbnya V.P., Kirichenko A.V. et al. Logistic technologies of cargo space enlargement: a training manual. – St.Petersburg: St.Petersburg State Technological Institute (Technological University), 2006. – 228 p.
3. Arkin P.A., Soloveichik K.A., Arkina K.G. The research in operations: a training manual. – St.Petersburg: The Publishing House of the Polytechnical University, 2016. – 232 p.
4. Arkin P.A., Soloveichik K.A., Arkina K.G. Organizational-economic modelling: a training manual. – St.Petersburg: The Publishing House of the Polytechnic University, 2016. – 262 p.
5. • Bagrinovskiy K.A. The main features of the modern mechanism of scientific and technological development // Management in Russia and abroad. – 2015 – № 5.
6. • Balyabina A.A., Leventsov V.A. Improving the logistics system using the example of an industrial enterprise // In the collection of materials of the scientific conference of St.Petersburg Polytechnical University with international participation «The Scientific Week of St.Petersburg Polytechnical University». – St.Petersburg: The Publishing House of St.Petersburg Polytechnical University, 2016. – PP. 3-5.
7. Bogdanova E.L., Soloveychik K.A., Arkina K.G. Economic and mathematical modeling in risk management: a tutorial. – St.Petersburg: The University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2017. – 198 p.
8. Bogdanova E.L., Soloveychik K.A., Arkina K.G. Optimization in project management: linear programming: a tutorial. – St.Petersburg: The University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2017. – 178 p.
9. Incoterms. International rules for the interpretation of trade terms. – Moscow: Omega-L, 2016. – 239 p.
10. The research of the vending market. <http://drgroup.ru/biznes-plan-2.html>. Date of address: обращения 29.12.2018.
11. Kruglova N.Y. Innovative management / Under scientific edition by D.S. Lvov. – Moscow: Stupen, 2015.
12. Leventsov V.A., Goncharov V.N., Kobzev V.V. et al. Logistics and supply chain management. Theory and practice. – Novochoerkassk: Southern Russian State Polytechnical Institute, named after M.I. Platov, Minsk: Misanta, 2015. – 464 p.
13. Mechanical vending machines – Moscow: Orel, 2005 – 128 p.
14. Ozernov P.S. Production management at enterprises of mechanical engineering: a training manual. – Samara: Samara State Aerospace University, 2017. – 84 p.

15. Russian economy in 2017. Trends and perspectives. – Moscow: Moscow Institute of Economics, Politics and Law. 2017.

16. Modern information technologies and society - Moscow: The Institute of Scientific Information on Social Sciences of the Russian Academy of Science, 2013. – 196 p.

17. The statistics of VENDEXPO 2018 <http://www.uvenco.ru/novosti/vendexpo-2018.html> . Date of address: 29.12.2018.

Received – 1 April 2019.

Accepted for publication – 27 June 2019.