

DOI: 10.15593/2499-9873/2018.1.08

УДК 338.583

Е.В. Антоненко¹, С.А. Федосеев²

¹ Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет), Челябинск, Россия

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОЛНОЙ СТОИМОСТИ КОНТРАКТОВ С ПОСТАВЩИКАМИ НА ОСНОВЕ ЭКОНОМИКО- МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Поставлена оптимизационная задача поиска минимальной полной стоимости контрактов с учетом транзакционных издержек промышленного предприятия при распределении заказа среди нескольких поставщиков. Транзакционные издержки представлены тремя группами: затраты на поиск информации о поставщике, включая квалификационный отбор, затраты на переговоры с поставщиком и затраты на снижение оппортунизма поставщика.

Представлена модель, в которой полная стоимость контракта складывается из стоимости доставленных товаров, транзакционных затрат и потерь в случае недопоставки товаров. Также в модели учитываются вероятные потери как от пассивного, так и от активного оппортунизма. Проведен ряд численных экспериментов, которые позволили установить существование минимума целевой функции и показали устойчивость модели к изменению входных параметров.

Ключевые слова: транзакционные издержки, оппортунизм, распределение заказа, промышленное предприятие, стоимость контракта.

E.V. Antonenko¹, S.A. Fedoseev²

¹ South Ural State University (National Research University),
Chelyabinsk, Russian Federation

² Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

OPTIMIZATION OF THE FULL VALUE OF CONTRACTS WITH SUPPLIERS BASED ON ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING

The paper states the problem of evaluation of total minimum contract value including transaction costs of an industrial enterprise when distributing an order among several suppliers. We present the model, where transaction costs on opportunism reduction are the control parameter. Numerical experiments were carried out. The paper states the optimization problem for determination of minimum total value of contracts, considering transaction costs of an industrial enterprise in case of diversification the order among several suppliers. Transaction costs are divided into three groups: the costs of information search about the supplier including qualifying selection of the suppliers; negotiation costs with the supplier and costs of supplier opportunism reduction.

We present the model where the total contract value consists of the value of the delivered goods, transaction costs and losses in case of non-delivery of goods. The model also takes into account probable losses from both passive and active opportunism. A number of numerical experiments was carried out. That allowed to establish the existence of a minimum for the target function and showed the stability of the model for changes of input parameters.

Keywords: transaction costs, opportunism, order distribution, industrial enterprise, contract value.

Введение

Ключевая цель, которую преследуют предприятия, вступающие в отношения обмена, состоит в обретении таких экономических выгод, которые не могут быть получены вне этих отношений. Стратегия поставок предприятия обычно представляется в виде трех взаимозависимых решений: квалификационного отбора поставщиков, выбора поставщика для размещения заказа, определения количества товара заказанного товара для этого поставщика [1]. Предприятие учитывает множество характеристик поставщиков: цена, качество, надежность, репутацию, доставку, однако на первый план при заключении контрактов выходит цена. Это происходит вследствие того, что менеджеры по закупке мотивированы на заключение краткосрочных контрактов по наименьшим ценам для закрытия текущих потребностей предприятия.

Проблема состоит в том, что решения о выборе поставщика, основывающиеся только на минимально предложенной цене, являются рискованными и могут обернуться существенными потерями для предприятия. Реалии, определяемые экономикой транзакционных издержек, таковы [2], что участники сделки могут вести себя неэтично, сознательно нарушая принятые договоренности, иными словами, проявляя оппортунизм. Общепринятым определением оппортунизма является «поиск выгоды, граничащий с коварством» [3]. Существует множество работ, посвященных негативным проявлениям оппортунизма [4, 5], которые могут привести к следующим потерям:

- от повышения доли бракованной продукции поставщика;
- увеличения сроков поставки товара;
- увеличения времени простоя оборудования;
- покупки аналогичного товара по экстренной цене у другого поставщика и привлечения заемных средств;
- снижения качества выпускаемой продукции вследствие обмана поставщиков о качестве сырья;
- ухода уникального поставщика.

Одни исследователи относят оппортунизм только к сильной форме (активной) и определяют его как нарушение контрактных обязательств и нарушения норм поведения, разработанных в отношениях [6]. Другие также выделяют слабую форму оппортунизма (пассивную), когда одна из сторон избегает обязательств и становится менее гибкой и отказывается адаптироваться к новым обстоятельствами как при установившихся отношениях, так и во время фазы переговоров по контракту [7].

Таким образом, перед предприятием встает проблема выбора поставщиков и распределение между ними заказа на поставку так, чтобы снизить вероятность проявления оппортунизма, что позволит минимизировать полную стоимость контрактов. В данной статье представим модель, позволяющую решить данную проблему.

1. Модель для оптимизации транзакционных издержек

Пусть предприятие выступает в роли покупателя, приобретающего некоторый однородный товар, и потребность предприятия в этом товаре в натуральном выражении равна D . Предприятие производит поиск поставщиков, учитывая, кроме предлагаемой цены, их репутацию, а также проводит с поставщиками переговоры. Пусть α_i – затраты на поиск i -го поставщика; β_i – затраты на проведение переговоров с i -м поставщиком; $i = \overline{1, N}$, где N – число поставщиков, которые предварительно квалифицированы предприятием как подходящие по своей репутации для размещения заказа.

Предприятие размещает заказы на Q_i единиц товара среди N поставщиков так, чтобы совокупный размер заказа был равен потребности на товар: $D = \sum_{i=1}^N Q_i$. На практике предприятие часто заказывает несколько больше потребности D , чтобы снизить риски возможной недопоставки товара поставщиками. При этом возможны два негативных сценария:

1. Объем доставленного поставщиками товара $S_T = \sum_{i=1}^N S_i$ превышает потребность D . В этой ситуации виновато предприятие, поскольку неверно оценило риски сбоя поставки и оппортунизма. В этом слу-

чае предприятие несет издержки на хранение товара: $v(S_T - D)$, где v – стоимость хранения единицы товара.

2. Объем доставленного поставщиками товара $S_T = \sum_{i=1}^N S_i$ меньше

потребности D . Данный факт говорит о неэффективных мерах по снижению вероятности оппортунизма среди поставщиков, о неверном выборе поставщиков и т.п. В этом случае предприятие несет потери $\pi(D - S_T)$, где π – потери от недопоставки единицы товара. В данные потери включается и потеря гудвилл, а также потеря капитализации компании в случае больших отклонений поставленного объема от требуемого.

Для того чтобы учесть возможный разброс в поставках товара, будем полагать, что объем товара, поставляемого каждым поставщиком, имеет нормальный закон распределения $S_i \sim N(Q_i, \sigma_i)$, где σ_i – стандартное отклонение. Предприятие имеет возможность снизить отклонение числа поставленных товаров от заказанных $|S_i - Q_i|$. Для этого оно увеличивает затраты на снижение оппортунизма, среди которых присутствуют затраты на мониторинг и контроль поставки. Пусть γ_i – затраты на снижение оппортунизма у i -го поставщика и выполняются условия сокращения разброса поставок при увеличении затрат на снижение оппортунизма поставщика:

$$\begin{cases} 0 < \gamma_i \leq \Gamma_1, & \sigma_i = k_1 Q_i, \\ \Gamma_1 < \gamma_i \leq \Gamma_2, & \sigma_i = k_2 Q_i, \\ \Gamma_2 < \gamma_i \leq \Gamma_3, & \sigma_i = k_3 Q_i, \end{cases}$$

где $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ – границы транзакционных затрат на снижение оппортунизма; k_1, k_2, k_3 – доли от заказа Q_i , причем $0 < k_3 < k_2 < k_1 < 1$.

Оппортунизм поставщиков присутствует в двух формах: либо активной, либо пассивной. Активный оппортунизм возникает, когда контрагент для своей выгоды ведет себя так, что нарушает принятые правила поведения в отношениях или намеренно инициирует перезаключение контракта в ответ на новые условия. Пассивный оппортунизм возникает, когда контрагент для своего блага избегает взятых на себя обязательств или отказывается адаптироваться к новым условиям.

Будем полагать, что вероятность возникновения активного оппортунизма поставщика имеет биномиальное распределение $\theta_i^a \sim B(1, 0,5)$. При этом вероятность пассивного оппортунизма поставщика может быть найдена как вероятность противоположного события $\theta_i^b = 1 - \theta_i^a$.

Естественно полагать, что тяжесть оппортунизма снижается с увеличением затрат γ_i . Пусть потери от активного оппортунизма $\delta_a(\gamma_i) = w_i^a p_i S_i e^{-M_i^a \gamma_i}$, а потери от пассивного оппортунизма $\delta_b(\gamma_i) = w_i^b p_i S_i e^{-M_i^b \gamma_i}$, где w_i^a, w_i^b – доля потерь от стоимости поставки, p_i – цена покупки единицы товара у i -го поставщика, M_i^a, M_i^b – масштабные коэффициенты.

Задача промышленного предприятия состоит в выборе размера затрат γ_i на снижение оппортунизма так, чтобы минимизировать полную стоимость контрактов Z . С учетом сделанных выше предположений целевая функция поставленной оптимизационной задачи может быть записана следующим образом:

$$Z = v(S_T - D) + \pi(D - S_T) + \sum_{i=1}^N p_i S_i + \sum_{i=1}^N c_i + \max\{\delta_a(\gamma_i) \cdot \theta_i^a; \delta_b(\gamma_i) \cdot \theta_i^b\} \rightarrow \min,$$

где c_i – транзакционные издержки, $c_i = \alpha_i + \beta_i + \gamma_i$.

Из соображений экономической целесообразности дополнительно должны быть учтены следующие ограничения:

$$\gamma_i < \max\{w_i^a p_i S_i; w_i^b p_i S_i\};$$

$$\sum_{i=1}^N c_i < \psi, \text{ где } \psi \text{ – производственные затраты предприятия.}$$

2. Демонстрационный пример использования модели

Среди операционных инструментов, используемых для управления риском срыва поставки, можно выделить диверсификацию поставщиков: во многих случаях поставщик не является монополистом и у покупателя есть возможность разделить заказ между несколькими

поставщиками. Применяя данную опцию, покупатель становится менее подверженным риску, чем при работе с одним поставщиком. Создание внешних или внутренних альтернативных запасных источников поставки, особенно в случае важного заказа, может являться хорошим способом снижения риска срыва поставки, хотя и значительно увеличивает затраты промышленного предприятия.

Ниже представлены результаты использования предложенной модели, полученные на основе численных экспериментов. Следует отметить, что поиск оптимального значения целевой функции классическими методами не проводился в силу присутствия вероятностных распределений у некоторых параметров модели и использования в модели нелинейных функций. Поскольку параметры управления γ_i измеряются в рублях, т.е. являются дискретными, производился полный перебор возможных вариантов значений этих параметров с необходимой степенью дискретизации. Многократное повторение численных экспериментов в условиях использования вероятностных распределений для некоторых параметров модели позволило найти оптимальное значение целевой функции в среднем.

В качестве параметров модели использовались данные реально действующего промышленного предприятия. Данное предприятие снижает риск срыва поставки путем диверсификации заказа по пяти поставщикам, для которых выполнены поиск, квалификационный отбор и переговоры с целью размещения заказа на 10 тыс. единиц товара.

Исходные данные для моделирования представлены в таблице.

Исходные данные численного эксперимента

Параметр	Значение	Единицы измерения
Число продавцов	5	ед.
Объем заказа	10 000	шт.
Потребность предприятия	9500	шт.
Цена единицы товара у поставщиков	150–155	руб.
Затраты на поиск поставщиков	250 000	руб.
Затраты на переговоры с поставщиками	250 000	руб.
Потери от недопоставки единицы товара	300	руб.

Параметр	Значение	Единицы измерения
Затраты на хранение ед. товара	25	руб.
Первая граница затрат на снижение оппортунизма Γ_1	20 000	руб.
Вторая граница затрат на снижение оппортунизма Γ_2	50 000	руб.
Третья граница затрат на снижение оппортунизма Γ_3	100 000	руб.
Модельные коэффициенты		
Доля потерь от активного оппортунизма, от суммы заказа	180	%
Доля потерь от пассивного оппортунизма, от суммы заказа	120	%
Масштабные коэффициенты M_a, M_b	0,0001	–
Стандартное отклонение заказа при низких затратах γ_i	$0,08Q_i$	–
Стандартное отклонение заказа при средних затратах γ_i	$0,05Q_i$	–
Стандартное отклонение заказа при высоких затратах γ_i	$0,01Q_i$	–

Численный эксперимент № 1. На рис. 1 по оси ординат приведены значения целевой функции – полная стоимость контрактов. По оси абсцисс показано среднее значение транзакционных затрат на предотвращение оппортунистического поведения у i -го поставщика. Как видим, целевая функция имеет некоторое минимальное значение, а затем растет. Ожидаемый минимум действительно находится между двумя граничными значениями Γ_1 и Γ_2 . Точка с минимальным значением целевой функции достигнута при затратах на одного поставщика

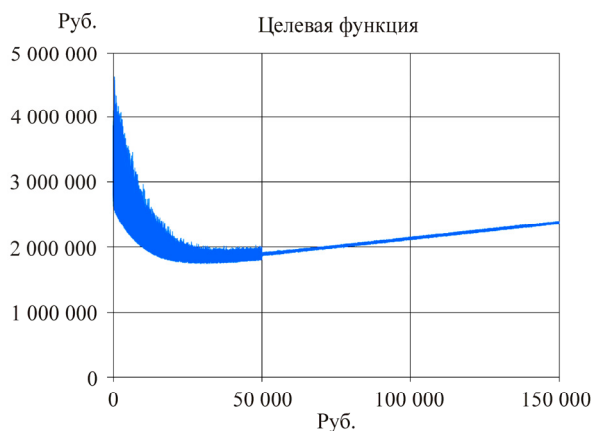


Рис. 1. Результаты минимизации полной стоимости контрактов

в размере 29 237 руб., при этом средняя полная стоимость контрактов равна 1 746 079 руб. Для пяти поставщиков совокупные транзакционные затраты на снижение оппортунизма составят 146 185 руб. Данные затраты составляют 8,37 % полной стоимости контрактов, а снижение стоимости контрактов на промежутке от нуля до Γ_1 в среднем составляет 38,5 %.

Численный эксперимент № 2. Проверим зависимость получаемых результатов от изменения входных параметров. Используя первоначальные исходные данные, изменим величину заказа на 9500 шт., что будет соответствовать потребностям предприятия. В результате при совокупных затратах на снижение оппортунизма в размере 92 520 руб. (18 504 руб. на одного поставщика) получим минимум целевой функции, в среднем равный 1 816 828 руб. (рис. 2). Таким образом, размещение заказа по потребности не является оправданным, так как это приводит к увеличению стоимости контрактов в среднем более чем на 70 тыс. руб.

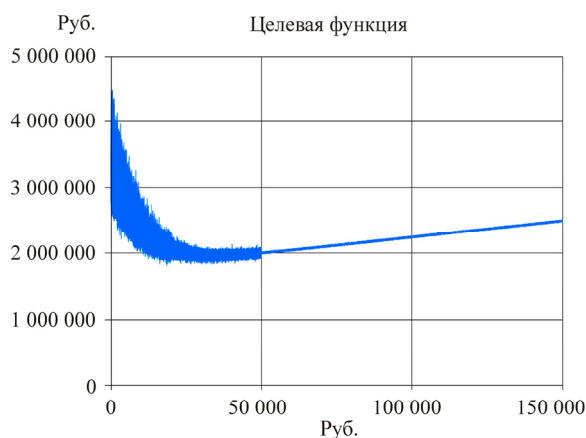


Рис. 2. Чувствительность результатов эксперимента к изменению величины заказа

Численный эксперимент № 3. Теперь проверим зависимость результатов от изменения доли потерь при активном и пассивном оппортунизме. Используя первоначальные исходные данные, уменьшим долю потерь от активного и пассивного оппортунизма вдвое, до значений $w_i^a = 90 \%$, $w_i^b = 60 \%$. Результаты на рис. 3 показывают, что стоимость контрактов значительно снизилась только на интервале от 0 до Γ_1 и в

среднем данное снижение составило 400–500 тыс. руб. Минимум целевой функции также достигается на промежутке от Γ_1 до Γ_2 и в среднем составляет 1 712 461 руб. Это лишь на 2 % меньше исходного результата. Минимум достигается при совокупных затратах на снижение оппортунизма в размере 113 765 руб. (22 753 руб. на одного поставщика).

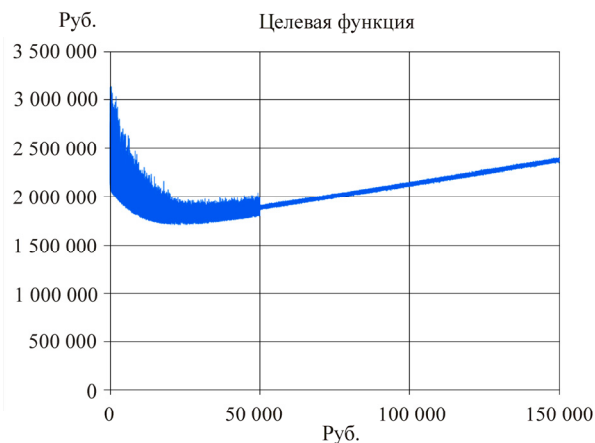


Рис. 3. Чувствительность результатов эксперимента к двукратному уменьшению величины потерь от оппортунизма

Численный эксперимент № 4. Вновь вернемся к первоначальным исходным данным и увеличим коэффициенты активного и пассивного оппортунизма вдвое, до значений $w_i^a = 360\%$, $w_i^b = 240\%$. На рис. 4. показан результат, противоположный результату численного

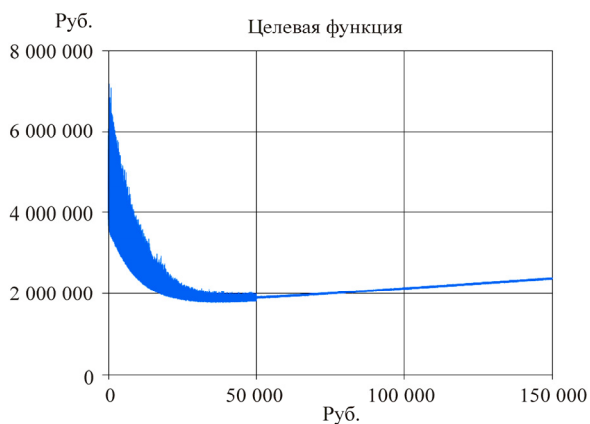


Рис. 4. Чувствительность результатов эксперимента к двукратному увеличению величины потерь от оппортунизма

эксперимента № 3. Минимальное значение целевой функции в среднем составило 1 781 200 руб., т.е. на 2 % больше исходного результата. Минимум достигнут при совокупных затратах на снижение оппортунизма в размере 186 165 руб. (37 233 руб. на одного поставщика). На интервале от 0 до Γ_1 значения полной стоимости контрактов значительно увеличились.

Численный эксперимент № 4. Вернемся к первоначальным исходным данным и установим стандартное отклонение σ_i в размере $0,1Q_i$. Полученные результаты представлены на рис. 5. Как видно, минимальное значение целевой функции, равное в среднем 1 745 688,76 руб., достигается при совокупных затратах на снижение оппортунизма в размере 152 245 руб. (30 449 руб. на одного поставщика), что весьма незначительно отличается от результатов численного эксперимента № 1.

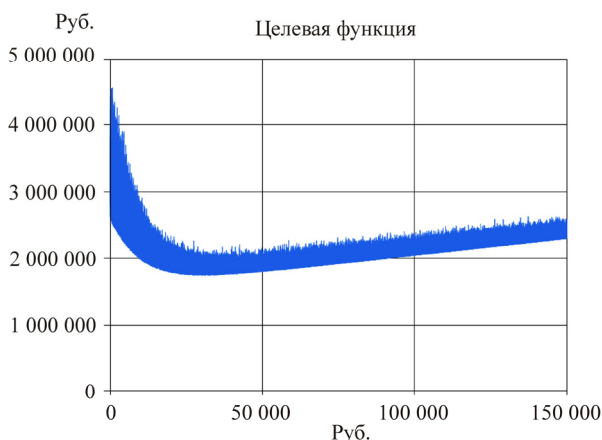


Рис. 5. Чувствительность результатов эксперимента к увеличению стандартного отклонения доставленных товаров до $0,1Q_i$

Численный эксперимент № 5. Наконец, еще раз вернемся к первоначальным исходным данным и установим стандартное отклонение σ_i в размере $0,01Q_i$. Полученные результаты представлены на рис. 6. Как видно, минимальное значение целевой функции немного увеличилось и составило в среднем 1 808 105 руб. при транзакционных затратах на снижение оппортунизма, равных 118 264 руб. В этих условиях заказ большего количества товара не оправдан. Если изменить зака-

занное количество товара в соответствии с потребностями предприятия до 9500, то это приведет к минимуму целевой функции, равному в среднем 1 745 786 руб. при совокупных затратах на снижение оппортунизма в размере 151 225 руб. (30 245 руб. на одного поставщика).

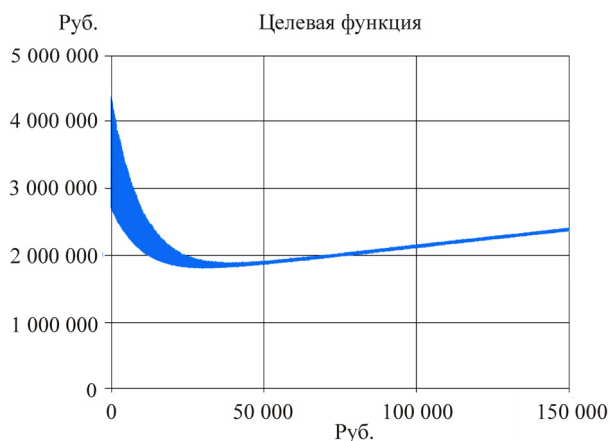


Рис. 6. Чувствительность результатов эксперимента к снижению стандартного отклонения доставленных товаров до $0,01Q_i$

Проведенные численные эксперименты показывают, что целевая функция имеет низкую чувствительность к изменению тяжести проявлений оппортунизма среди поставщиков. Она имеет минимум, который достигается в границах $[\Gamma_1, \Gamma_2]$. Заказ большего количества товара оправдан только в случае вариативных поставок заказа. Трансакционные издержки на поиск, переговоры и снижение оппортунизма составляют 22–25 % стоимости контрактов.

Заключение

В данной статье рассмотрена модель формирования распределенного заказа среди поставщиков промышленного предприятия таким образом, чтобы добиться минимальной полной стоимости контрактов с учетом трансакционных издержек. Трансакционные издержки в модели разделяются на три группы: затраты на поиск информации о поставщике, включая квалификационный отбор, затраты на переговоры с поставщиком и затраты на снижение оппортунизма поставщика, включая потери от оппортунистического поведения поставщика. Про-

веденные численные эксперименты позволили установить существование минимума целевой функции и показали устойчивость модели к изменению входных параметров. Таким образом, предложенная модель может применяться на промышленных предприятиях при распределении заказов среди поставщиков для определения минимальной полной стоимости контрактов с учетом трансакционных издержек.

Список литературы

1. Burke G.J., Carrillo J., Vakharia A.J. Single Vs. Multiple supplier sourcing strategies // *Eur. J. Oper. Res.* – 2007. – 182(1). P. 95–112.
2. Morgan N.A., Kaleka A., Gooner R.A. Focal supplier opportunism in supermarket retailer category management // *Journal of Operations Management.* – 2007. – Vol. 25. – P. 512–527.
3. Williamson O.E. *The economic institutions of capitalism.* – New York: Free Press, 1985.
4. Mysen T., Svensson G., Payan J.M. The key role of opportunism in business relationships // *Marketing Intelligence and Planning.* – 2011. – Vol. 29, no. 4. – P. 436–449.
5. Tangpong C., Hung K.T., Ro Y.K. The interaction effect of relational norms and agent cooperativeness on opportunism in buyer-supplier relationships // *Journal of Operations Management.* – 2010. – Vol. 28, no. 5, P. 398–414.
6. Seggie Steven H., Griffith David A., Jap Sandy D. Passive and Active Opportunism in Interorganizational Exchange // *Journal of Marketing.* – 2013. – Vol. 77, no. November. – P. 73–90.
7. Improving performance and reducing cost in buyer-supplier relationships: The role of justice in curtailing opportunism / Yadong Luo, Yi Liu, Qian Yang [et al.] // *Journal of Business Research.* – 2015. – Vol. 68, no. 3. – P. 607–615.

References

1. Burke G.J., J. Carrillo, A.J. Vakharia. 2007. Single Vs. Multiple supplier sourcing strategies. *Eur. J. Oper. Res.* 182(1): 95–112.
2. Morgan N.A., Kaleka A., and Gooner R.A. (2007), “Focal supplier opportunism in supermarket retailer category management”, *Journal of Operations Management*, Vol. 25, pp. 512-527.
3. Williamson, O.E., 1985. *The economic institutions of capitalism.* Free Press, New York.

4. Mysen T., Svensson G., and Payan J.M. (2011), “The key role of opportunism in business relationships”, *Marketing Intelligence and Planning*, Vol. 29, No. 4, pp.436-449.

5. Tangpong C., Hung K.T., and Ro Y.K. (2010), “The interaction effect of relational norms and agent cooperativeness on opportunism in buyer-supplier relationships”, *Journal of Operations Management*, Vol. 28, No. 5, pp. 398-414.

6. Seggie Steven H, Griffith David A, Jap Sandy D. *Passive and Active Opportunism in Interorganizational Exchange // Journal of Marketing*. 2013. Vol. 77, no. November. Pp. 73-90.

7. Improving performance and reducing cost in buyer-supplier relationships: The role of justice in curtailing opportunism / Yadong Luo, Yi Liu, Qian Yang et al. // *Journal of Business Research*. 2015. Vol. 68, No. 3. Pp. 607-615.

Получено 10.02.2018

Об авторах

Антоненко Елизавета Викторовна (Челябинск, Россия) – преподаватель кафедры «Таможенное дело» Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета) (454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, e-mail: elizaveta.antonenko@susu.ru).

Федосеев Сергей Анатольевич (Пермь, Россия) – профессор кафедры «Вычислительная математика и механика» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр. 29, e-mail: fsa@gelicon.biz).

About the authors

Elizaveta V. Antonenko (Chelyabinsk, Russian Federation) – Assistant Professor at Customs Affair Dpt. South Ural State University (National Research University) (76, Lenin av., Chelyabinsk, 454080, Russian Federation, e-mail: elizaveta.antonenko@susu.ru).

Sergey A. Fedoseev (Perm, Russian Federation) – Professor, Department of Computational Mathematics and Mechanics, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: fsa@gelicon.biz).