

УДК 330.45

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГОМОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЁТОМ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

Чумак П.В.

*АНО ВО Самарский университет государственного управления
«Международный институт рынка», Самара, e-mail: pavel.v.chumak@gmail.com*

Рост стоимости энергетических ресурсов для предприятий является причиной снижения их конкурентоспособности по причине высокой доли энергозатрат в структуре себестоимости. Для поддержания высокого уровня конкурентоспособности предприятиям необходимо реализовывать модернизационные проекты, позволяющие эффективно использовать имеющиеся энергоресурсы. В статье рассматриваются вопросы оптимизации портфеля проектов энергомодернизации предприятия, учитывающие фактор конкурентоспособности. В рамках исследования применяется мультипликативная факторная модель конкурентоспособности j -го товара относительно i -го конкурента, которая дает количественную оценку привлекательности товара для потребителя по отношению к товару-конкуренту. Автором введена аддитивная взвешенная модель конкурентоспособности предприятия, основанная на принципе агрегирования частных критериев конкурентоспособности товаров в виде обобщенного критерия конкурентоспособности предприятия, базирующаяся на теории максимизации ожидаемой полезности. Теоретические аспекты структурирования издержек предприятия позволили сформулировать методологию формирования функциональной зависимости конкурентоспособности товара от издержек на топливно-энергетические ресурсы, расходуемые при его производстве. В результате проведенного исследования получена концептуальная факторная модель зависимости конкурентоспособности предприятия от параметров энергоэффективности его технологии, позволяющая найти оптимальные параметры энергоэффективности. Сформулирована задача формирования оптимального инвестиционного портфеля, решением которой стала разработанная модель выбора портфеля проектов энергомодернизации предприятия, оптимизирующего его конкурентоспособность. Решением модели является вектор оценок допустимых по технологическим и финансовым ограничениям проектов.

Ключевые слова: портфель проектов, конкурентоспособность, оптимизация, энергомодернизация, энергоэффективность

OPTIMIZATION MODEL OF PROJECT PORTFOLIO FOR ENERGY MODERNIZATION OF AN ENTERPRISE TAKING INTO ACCOUNT THE COMPETITIVENESS

Chumak P.V.

*Samara University of Public Administration «International Market Institute»,
Samara, e-mail: pavel.v.chumak@gmail.com*

The increase in the energy resources cost for enterprises is the reason for the decrease in their competitiveness, due to the high share of energy expenditure in the cost structure. To maintain a high level of competitiveness, enterprises need to implement modernization projects that make efficient use of available energy resources. The article deals with the issues of project portfolio optimization for energy modernization of an enterprise taking into account the factor of competitiveness. The author applies a multiplicative factor model of the competitiveness of the j -th product relative to the i -th competitor, which gives a quantitative assessment of the attractiveness of the goods for the consumer in relation to the competitor's product. The author introduces an additive measured model of enterprise competitiveness, predicated on the principle of aggregating partial criteria for the competitiveness of goods in the form of a general criterion of enterprise competitiveness, based on the theory of expected utility maximization. Theoretical aspects of structuring of business costs allowed to formulate a methodology for the formation of the functional dependence of the product marketability on the costs of fuel and energy resources spent in its production. The author obtained conceptual factor model of the enterprise that shows how competitiveness depends on the energy efficiency parameters of its technology, which helps to find the best possible parameters of energy efficiency. The article stated the problem of formation of an appropriate investment portfolio as a result of what the author developed the choice model of a project portfolio for energy modernization of the enterprise which optimizes its competitiveness. The solution of the model is an evaluation vector of projects permissible according to technological and financial constraints.

Keywords: project portfolio, competitiveness, optimization, energy modernisation, energy efficiency

На сегодняшний день проблемы экономического использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) являются приоритетными для предприятий и, как следствие, для государств. Рост стоимости энергоресурсов для предприятий является причиной снижения конкурентоспособности их продук-

ции по причине высокой доли энергозатрат в структуре себестоимости [1]. Конкурентоспособность – это свойство товара, позволяющее удовлетворить запрос покупателя в сравнении с товарами-аналогами. Оценка конкурентоспособности базируется на маркетинговых исследованиях потребностей

покупателей в данном товаре на рынке. При выборе потребитель обращает свое внимание в первую очередь на набор качественных параметров.

Основная часть применяемых предприятиями энергоресурсов является невозполняемой, а применение возобновляемых источников энергии является крайне дорогостоящим процессом. Однако для поддержания высокого уровня конкурентоспособности предприятиям необходимо инвестировать в проекты по модернизации оборудования, внедрять современные энергосберегающие технологии. Эффективность использования ТЭР достигается за счет различных способов. Один из таких способов – это формирование портфеля проектов энергомодернизации – процесса повышения энергоэффективности предприятия [2]. При формировании портфеля проектов для предприятий требуется оценка ключевых параметров рекомендуемых мероприятий, т.е. требуемых затрат на реализацию, экономической эффективности от реализации, сроков окупаемости вложенных затрат и т.д.

С учетом вышеизложенного одним из ключевых направлений деятельности предприятия в рамках повышения своей конкурентоспособности является увеличение эффективности использования энергоресурсов.

Цель исследования: создание модели оптимизации портфеля проектов энергомодернизации предприятия с учетом конкурентоспособности.

Материалы и методы исследования

В ходе исследования были проанализированы существующие модели конкурентоспособности, методы формирования портфелей проектов и их оптимизации. В работе были использованы методы системного подхода, сравнительный анализ, моделирование.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим следующую модель конкурентоспособности товара, которая имеет вид

$$K_{\text{тов}} = (\Pi_{\text{п}})^{\alpha} (\Pi_{\text{с}})^{\beta}, \quad (1)$$

где $\Pi_{\text{п}}$ – потребительная предпочтительность, $\Pi_{\text{с}}$ – стоимостная предпочтительность, α – коэффициент относительной значимости потребительных свойств; β – коэффициент относительной значимости стоимости, $\alpha + \beta = 1$.

Модель (1) есть мультипликативная функция ключевых факторов конкурен-

тоспособности товара, исследованная [3] в следующей обобщенной форме:

$$K = \prod_{j \in J} \pi_j^{a_j},$$

где π_j – частный относительный (нормализованный) показатель предпочтительности товара по сравнению с некоторым конкурентом по j -му признаку, a_j – коэффициент относительной значимости j -го признака для потребителя. Эта модель является развитием пионерской идеи Джона Нэша применительно к проблеме сравнительного анализа конкурентных преимуществ экономических агентов на основе комплексного критерия.

Для получения факторной модели конкурентоспособности на основе формулы (1) рассмотрим потребительскую предпочтительность оцениваемого товара относительно i -го конкурента:

$$\Pi_{\text{п}} = \frac{\pi_0}{\pi_{ik}},$$

где π_0 , π_{ik} – качественные потребительные параметры товара и i -го конкурента.

Также рассмотрим стоимостную предпочтительность, включающую в себя предпочтительность по цене приобретения:

$$\Pi_{\text{р}} = \frac{p_{ki}}{p_0},$$

и предпочтительность по эксплуатационным затратам:

$$\Pi_{\text{з}} = \frac{z_{ki}}{z_0},$$

где p_0 , p_{ki} – цены оцениваемого товара и i -го конкурента, z_0 , z_{ki} – затраты на эксплуатацию оцениваемого товара и i -го конкурента за равные периоды.

Следующим шагом введем мультипликативную модель стоимостной предпочтительности в виде среднегогеометрического взвешенного соотношения:

$$\Pi_{\text{с}} = \Pi_{\text{р}}^f \Pi_{\text{з}}^w, \quad (2)$$

где f – коэффициент относительной значимости цены товара к суммарным расходам на его приобретение и содержание, w – коэффициент относительной значимости расходов на содержание товара к суммарным расходам на его приобретение и содержание.

Подставив $\Pi_{\text{з}}$ и $\Pi_{\text{р}}$ в модель (2), получаем

$$\Pi_{\text{с}} = \left(\frac{p_{ki}}{p_0} \right)^f \left(\frac{z_{ki}}{z_0} \right)^w. \quad (2a)$$

Исходя из этого модель (1) для уровня конкурентоспособности (количественной оценки конкурентоспособности) примет вид

$$K_{\text{тов}} = (\Pi_{\Pi})^{\alpha} \left((\Pi_p)^f (\Pi_z)^w \right)^{\beta} = (\Pi_{\Pi})^{\alpha} (\Pi_p)^{\beta f} (\Pi_z)^{\beta w}, \quad (3)$$

или как мультипликативная факторная модель конкурентоспособности j -го товара относительно i -го конкурента:

$$K_{ij} = \left(\frac{\pi_{0j}}{\pi_i} \right)^{\alpha} \left(\frac{p_i}{p_{oj}} \right)^{\beta f} \left(\frac{z_i}{z_{oj}} \right)^{\beta w}. \quad (4)$$

Модель (4) дает количественную оценку привлекательности товара для потребителя по отношению к конкурирующему товару, обладающему схожими характеристиками.

Введем аддитивную взвешенную модель конкурентоспособности предприятия K_{Σ} как интегральный показатель конкурентоспособности его товаров:

$$K_{\Sigma_i} = \sum_{j=1}^N K_{ij} W_j, \quad (5)$$

где $W_j, j \in N$ – вектор коэффициентов значимости товаров предприятия в формировании его конкурентоспособности.

Модель (5) основана на принципе агрегирования частных критериев конкурентоспособности товаров в виде обобщенного критерия конкурентоспособности предприятия и базируется на теории максимизации ожидаемой полезности Д. Неймана и О. Моргенштерна. Современную форму такого подхода [4] представляет совокупная полезность, которая определяется как взвешенная сумма (агрегированный критерий) частных полезностей:

$$K = N \sum_{j=1}^J w_j K_j$$

при

$$\sum_{j=1}^N w_j = 1,$$

где w_j – весовые коэффициенты критериев ($0 < w_j < 1$), определяемые различными способами: отношений, компенсации, цены критериев, взвешенной полезности.

Сформулируем методологию формирования функциональной зависимости конкурентоспособности товара (4) от издержек на ТЭР, расходуемых при его производстве.

Известно, что цена предложения товара есть функция предельных издержек (MC_j) на возрастающем участке выше уровня средних издержек, то есть

$$P_j(Q_j) = MC_j(Q_j), MC'_{jQ_j} > 0. \quad (6)$$

Представим предельные издержки как сумму двух компонентов (рис. 1). Энергозатраты на производство единицы товара e_j и прочие (кроме энергозатрат) издержки на производство единицы товара C_j :

$$MC_j(Q_j) = e_j(Q_j) + C_j(Q_j). \quad (7)$$

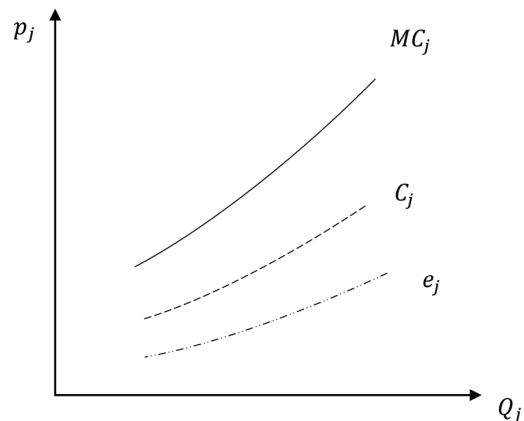


Рис. 1. Декомпозиция функции предельных издержек

Введем следующую функцию энергозатрат (рис. 2), удовлетворяющую условию (6):

$$e_j(Q_j) = \delta_j Q_j^{\gamma_j}, \delta_j > 0, \gamma_j \in (0, 2), \quad (8)$$

где δ_j, γ_j – параметры функции энергозатрат, определяющие энергоэффективность производства j -го товара; δ_j – удельные (средние) энергозатраты на единицу продукции; γ_j – темп роста энергозатрат в процентах, с увеличением объема производства на 1%.

Функция энергозатрат (8) соответствует форме классической функции долгосрочных издержек предприятия

$$C(Q) = DQ^{\frac{1}{r}},$$

где r – коэффициент эффекта расширения масштаба, D – средние издержки предприятия.

Проведя подстановку формул (7) и (8) в формулу (6)

$$P_j(Q_j) = MC_j(Q_j) = e_j(Q_j) + C_j(Q_j) = \delta_j Q_j^{\gamma_j} + C_j(Q_j),$$

получим модель зависимости цены предложения j -го товара предприятия от параметров энергоэффективности:

$$P_j(Q_j) = \delta_j Q_j^{\gamma_j} + C_j(Q_j). \quad (9)$$

Полученную модель подставим в модель (4):

$$K_{ij} = \left(\frac{\pi_{0j}}{\pi_i} \right)^\alpha \left(\frac{p_i}{\delta_j Q_j^{\gamma_j} + C_j(Q_j)} \right)^{\beta f} \left(\frac{z_i}{z_{0j}} \right)^{\beta w} =$$

$$= \left(\frac{\pi_{0j}}{\pi_i} \right)^\alpha \left(p_i \frac{1}{\delta_j Q_j^{\gamma_j} + C_j(Q_j)} \right)^{\beta f} \left(\frac{z_i}{z_{0j}} \right)^{\beta w} = \left(\frac{\pi_{0j}}{\pi_i} \right)^\alpha (p_i)^{\beta f} \left(\frac{z_i}{z_{0j}} \right)^{\beta w} (\delta_j Q_j^{\gamma_j} + C_j(Q_j))^{-\beta f}.$$

В результате этого получаем зависимость конкурентоспособности j -го товара относительно i -го конкурента от параметров энергоэффективности:

$$K_{ij} = \kappa_{ij} [\delta_j Q_j^{\gamma_j} + C_j(Q_j)]^{-\beta f}, \quad \kappa_{ij} = \left(\frac{\pi_{0j}}{\pi_i} \right)^\alpha (p_i)^{\beta f} \left(\frac{z_i}{z_{0j}} \right)^{\beta w}, \quad (10)$$

где коэффициент κ_{ij} характеризует компоненты конкурентоспособности товара, не зависящие от энергоэффективности.

Подставим (10) в аддитивную взвешенную модель конкурентоспособности (5), в результате чего получим концептуальную факторную модель зависимости конкурентоспособности предприятия от параметров энергоэффективности его технологии:

$$K_{\Sigma i} = \sum_{j=1}^N W_j \kappa_{ij} [\delta_j Q_j^{\gamma_j} + C_j(Q_j)]^{-\beta f}. \quad (11)$$

Модель позволяет найти оптимальные параметры $\delta_j, \gamma_j, j \in N$ из условия $\max K_{\Sigma i}$ при заданной производственной программе $Q_j = \text{const}$.

Продифференцируем функцию конкурентоспособности предприятия (11) по параметрам энергоэффективности δ_j и γ_j :

$$\begin{cases} K'_{\Sigma i \delta_j} = -\beta f W_j \kappa_{ij} [\delta_j Q_j^{\gamma_j} + C_j(Q_j)]^{-\beta f - 1} \cdot Q_j^{\gamma_j} < 0 \\ K'_{\Sigma i \gamma_j} = -\beta f W_j \kappa_{ij} [\delta_j Q_j^{\gamma_j} + C_j(Q_j)]^{-\beta f - 1} \cdot \delta_j Q_j^{\gamma_j} \ln Q_j < 0 \end{cases}. \quad (12)$$

Производные будут иметь отрицательные значения, так как коэффициенты ($\beta, f, W_j, \kappa_{ij}$) положительны, но знак минус дает отрицательность всей производной.

Анализ (12) показывает, что уменьшение параметров энергоэффективности δ_j, γ_j приводит к росту конкурентоспособности, поскольку этот эффект получается за счет отрицательной степени $-\beta f$ выражения в функциях издержек в формуле конкурентоспособности (11). Аналогичное происходит и с увеличением общих издержек $C_j(Q_j)$, а увеличение значения коэффициента κ_{ij} , характеризующего компоненты конкурентоспособности товара, не зависящие от энергоэффективности, приводит к росту конкурентоспособности.

Формирование факторной модели конкурентоспособности предприятия базируется [5] на модели мультиагентной системы.

Обобщенная модель системы включает в себя следующие компоненты:

– взаимодействующие подсистемы, общее число которых K , а соответствующей подсистеме присвоен индекс $k = 1, \dots, K$;

– взаимодействующие агенты (обозначены символом A), интегрированные в подсистемы, число которых в k -й подсистеме равно N_k , а соответствующему агенту присвоен индекс $n = 1, 2, \dots, N_k$.

Использованы множества индексов $K = \{k = 1, 2, \dots, K\}, N_k = \{n = 1, 2, \dots, N_k\}$, индекс $k = 0, n = 0$ соответствует метacentру.

Цель функционирования системы – максимизация векторного критерия, компонентами которого служат частные критерии эффективности:

$$R = \{R_n^k, k \in K, n \in N_k\}.$$

На основе этой обобщенной модели разработана модель зависимости конкурентоспособности предприятия (рис. 2) как иерархическая система взаимосвязей:

а) параметры энергоэффективности влияют на энергозатраты;

б) энергозатраты влияют на конкурентоспособность товара;

в) конкурентоспособность товара формирует конкурентоспособность предприятия.



Рис. 2. Факторная модель конкурентоспособности предприятий

Пусть проекты энергомодернизации дифференцированы по товарам, производимым предприятием, то есть каждый товар выпускается по обособленной технологии.

Определение: проектом энергомодернизации называется комплекс мероприятий, результатом которых является некоторое значение параметров энергоэффективности $\delta_j, \gamma_j, j \in N$. Поэтому проект однозначно характеризуется вектором:

$$\Phi_j = (\delta_j, \gamma_j), j \in N. \quad (13)$$

Определение: портфелем Φ проектов энергомодернизации называется комплекс взаимосвязанных по срокам осуществления и объектам реализации проектов энергомодернизации.

В свою очередь портфель проектов энергомодернизации предприятия задается в векторном виде

$$\Phi = \{\Phi_j, j \in N\} = \{(\delta_j, \gamma_j), j \in N\}.$$

Однако не все функции энергозатрат, удовлетворяющие ограничению (8), допустимы, поскольку в случае нулевых значений коэффициентов функции энергозатрат эта функция равна нулю, что экономически означает закрытие производства по j -й технологии.

Поэтому введем допустимое множество проектов энергомодернизаций в виде

$$\Psi = \{\delta_j \in R^+, \gamma_j \in R^+ : \delta_j \geq \delta_{\min}, \gamma_j \geq \gamma_{\min}, j \in N\}, \quad (14)$$

где $\delta_{\min}, \gamma_{\min}$ – минимальные значения коэффициентов функции энергозатрат, при которых обеспечивается требуемый уровень объема производства.

В задачах многокритериальной оптимизации критерии могут нести в себе различные экономические смыслы, могут быть выражены в разных единицах измерения, что делает сравнение критериев по численному значению невозможным, а это в свою очередь затрудняет применение всех методик многокритериальной оптимизации. В связи с этим поиск решения многокритериальной задачи требует введения предварительного этапа – нормализации критериев. В исследованиях [6] Ю.К. Машунина нормализация критериев представляет собой однозначное отображение функции $f_k(X), \forall k \in K$, из R^N в R^N .

Таким образом, анализ теоретических основ нормализации приводит к выводу об удобстве применения модели $\lambda_k(X) = f_k(X) / f_k^*, k = 1, K, \forall X \in S$.

На основании данной теории комплексную оценку проекта, интегрирующую двухпараметрическую модель (13), предлагает-

ся осуществлять по следующей взвешенной нормализованной модели:

$$\hat{\phi}_j = \frac{\bar{\delta}_j + \bar{\gamma}_j}{2}, \bar{\delta}_j = \frac{\delta_j}{\delta_{\min}},$$

$$\bar{\gamma}_j = \frac{\gamma_j}{\gamma_{\min}}, \hat{\phi}_{\min} = \frac{\delta_{\min} + \gamma_{\min}}{2}. \quad (15)$$

Вектор $\hat{\phi}_j$ представляет собой комплексную оценку энергоёмкости технологии и является *параметром управления* при выборе проекта энергомодернизации.

Модель оценки энергоёмкости технологии (15) сводит задачу выбора проекта энергомодернизации к однопараметрическому виду. Поскольку оценки проектов (15) выражены в безразмерной и нормализованной форме, то есть инвариантны относительно линейного преобразования, то допустимо ввести линейную функцию инвестиционных затрат на проведение типового проекта энергомодернизации в виде

$$Z(\hat{\phi}_j) = a\hat{\phi}_j, a > 0, j \in N, \quad (16)$$

где a – обобщенный коэффициент затратённости проектов энергомодернизации предприятия, рассчитанный по ретроспективному периоду методами регрессионного анализа.

Для определения коэффициентов регрессии методом наименьших квадратов, например, для уравнения $y = at + b$, составляется сумма квадратов отклонений как функция неизвестных параметров a, b .

Сформулируем задачу формирования оптимального инвестиционного портфеля.

Теоретические основы формирования портфелей заложены в ряде научных теорий [7], базирующихся на методах проектного анализа [8] и механизмах распределения ресурсов [9].

Базовая модель распределения ресурсов [10] следующая: объем ресурса IR распределяется между N проектами в виде вектора X^* по следующим условиям:

$$X^* = \arg \max_{X \in A_X} \pi_j(x_j),$$

$$A_X = \left\{ X = \{x_j, j \in N\} : \sum_{j \in N} x_j \leq IR, X \in R_+^j \right\},$$

где $\pi_j(x_j), j \in N$ – функции полезности агентов.

Руководствуясь основами данных теорий, введём ограничение на объем инвестиций IR , направляемых в данном периоде на все проекты энергомодернизации. Таким образом, модель выбора портфеля проектов энергомодернизации предприятия, опти-

мизирующего его конкурентоспособность, имеет вид

$$\begin{cases} \hat{\Phi}^* = \arg \max_{\Phi_j \in \Psi} K_{\Sigma i}(\hat{\Phi}), \\ \sum_{j \in N} Z_j(\hat{\phi}_j) \leq IR, \\ \hat{\Phi} = \{\hat{\phi}_j, j \in N\}, \end{cases} \quad (17)$$

где символом $*$ обозначается оптимальное значение портфеля.

Заключение

Решением модели является вектор оценок допустимых по технологическим и финансовым ограничениям проектов, который по экономическому смыслу выражает вектор приоритетности проектов, включенных в портфель.

Таким образом, в результате исследования была получена модель, позволяющая оптимизировать портфель проектов энергомодернизации предприятия и выбрать проекты, повышающие конкурентоспособность.

Список литературы

1. Воеводкина Ю.С. Классификация и значение топливно-энергетических ресурсов в производственной деятельности предприятия // Интернет-журнал Науковедение. 2014. № 2 (21). 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/06EVN214.pdf> (дата обращения: 23.04.2018).
2. Рамзаев В.М., Хаймович И.Н., Чумак П.В. Модели прогнозирования конкурентного роста предприятий при их энергомодернизации // Проблемы прогнозирования. 2015. № 1 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-prognozirovaniya-konkurentnogo-rosta-predpriyatiy-pri-ih-energomodernizatsii> (дата обращения: 13.07.2018).
3. Гераськин М.И., Манахов В.В. Оптимизация взаимодействия в мультиагентной сильносвязанной системе «ритейлер – банк – страховщик» // Проблемы управления. 2015. № 4. С. 9–18.
4. Гераськин М.И. Графовый метод многокритериальной оптимизации для решения задач выбора управления в иерархических системах корпораций // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2014. № 12 (122). С. 114–124.
5. Гераськин М.И. Модели оптимизации управления неиерархическими системами корпораций при межкорпоративных взаимодействиях // Проблемы управления. 2010. № 5. С. 28–38.
6. Машунин Ю.К. Методы и модели векторной оптимизации. М.: Наука, 1986. 143 с.
7. Бурков В.Н., Искаков М.Б., Коргин Н.А. Применение обобщенных медианных схем для построения неманипулируемого механизма многокритериальной активной экспертизы // Проблемы управления. 2008. № 4. С. 38–47.
8. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. 584 с.
9. Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К., Нанева Т.Б., Подвальный Л.Д., Юсупов Б.С. Конкурсные механизмы в задачах распределения ограниченных ресурсов // Автоматика и телемеханика. 1988. № 11. С. 142–153.
10. Гераськин М.И., Манахов В.В. Оптимизация взаимодействий в мультиагентной сильносвязанной системе «Ритейлер – банк – страховщик» // Проблемы управления. 2015. № 4 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-vzaimodeystviy-v-multiagentnoy-silnosvyazannoy-sisteme-riteyler-bank-strahovschik> (дата обращения: 13.07.2018).