

УДК 519.866

## ИНСТРУМЕНТЫ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ СРОКА ДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЕКТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМ ЕГО ФИНАНСИРОВАНИЯ

Долгина Т.В., Медведев А.В., Победаш П.Н.

*Кемеровский институт (филиал), Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Кемерово, e-mail: alexm\_62@mail.ru*

В статье рассмотрены вопросы разработки математического и численного инструментария для определения оптимальных значений срока действия производственного проекта в зависимости от форм его текущего финансирования. Приведена двухкритериальная модель в форме задачи линейного программирования, рассматривающая взаимодействия административного центра и производителя. Предполагается, что целевым критерием производителя является максимизация его чистой приведенной стоимости (NPV), а критерием административного центра – максимизация суммы налогов, поступающих от производителя. Особый акцент сделан на моделировании и численном анализе ситуации, в которой, в рамках авторской автоматизированной системы инвестиционного анализа, определяются оптимальные объемы кредитного ресурса, несмотря на его платность и понижающее влияние на значение NPV. Рассматриваются результаты вычислительного эксперимента, по представленной модели, с помощью указанного программного продукта, в аспекте выбора оптимальных значений срока действия производственного проекта при различных формах его финансирования. Применение данной модели и программного продукта позволяет осуществлять оперативный финансовый анализ проектов в рамках экспертного принятия решений.

**Ключевые слова:** финансирование производственных проектов, оптимизационная математическая модель, системы поддержки принятия решений

## INSTRUMENTS OF CHOICE OF THE PRODUCTION PROJECT OPTIMAL VALIDITY IN RELATION TO ITS FORMS OF FINANCING

Dolgina T.V., Medvedev A.V., Pobedash P.N.

*Kemerovo Institute of Russia Economic University named after G.V. Plekhanov, Kemerovo, e-mail: alexm\_62@mail.ru*

The article discusses the development of mathematical and numerical tools to determine the production project optimal validity, depending on the forms of its current financing. It shows the two-criteria model in the form of a linear optimal control problem, which interacts the administrative center and the manufacturer. It is assumed that the target criterion of the manufacturer is to maximize its net present value (NPV), and the criterion of the administrative center – to maximize the amount of taxes received from the manufacturer. Particular emphasis is placed on modeling and numerical analysis of the situation for determined the optimal amount of credit resources, in spite of his payment and downward pressure on the value of the NPV. The results of computational experiments on the presented model, using the authors' software product, in the aspect of the choice of the optimal values of project's validity with various forms of financing. The use of this model and the software allows the operating financial analysis of projects in the framework of the expert decision-making.

**Keywords:** financing of industrial projects, optimization mathematical model, decision support systems

Современные кризисные явления, наблюдающиеся в экономике страны, актуализируют активное использование рыночных механизмов их преодоления. Одним из таких механизмов традиционно является использование кредитного ресурса для развития и сохранения устойчивого функционирования предприятий. В рыночных условиях кредитный ресурс является платным и влияет на результативность деятельности предприятия. В этой связи актуальной является задача разработки формализованного, автоматизированного инструментария, позволяющего определять объемы и условия целесообразности привлечения кредитного ресурса, а также анализировать соответствующие характеристики производствен-

ного проекта для выбора оптимальных значений срока его действия в зависимости от форм его финансирования.

Известно [3–7], что для решения задач планирования деятельности экономических систем целесообразно использовать линейные оптимизационные математические модели, позволяющие выявлять экономический потенциал исследуемых систем, а также разрабатывать эффективный численный инструментарий их анализа. Рассмотрим следующую экономико-математическую модель функционирования экономической системы, описывающей взаимодействие производителя и налогового центра в ней, в форме двухкритериальной задачи линейного программирования:

$$NPV_{(P)} = T \left( \sum_{k=1}^n \frac{\gamma_k - (1+r_3)}{1+r_3} x_k + \sum_{k=1}^n \frac{\gamma}{1+r_3} x_{n+k} - \frac{\Psi x_{2n+1}}{1+r_3} \right) \rightarrow \max \quad (1)$$

$$NPV_{(T)} = T \cdot \frac{\sum_{k=1}^n \tau_k x_k + \sum_{k=1}^n \tau x_{n+k}}{1+r_3} \rightarrow \max; \quad (2)$$

$$-\sum_{k=1}^n \gamma_k x_k - \sum_{k=1}^n \gamma x_{n+k} - x_{2n+1} - x_{2n+2} \leq 0; \quad (3)$$

$$-\delta_k x_k + x_{n+k} \leq 0; \quad (4)$$

$$x_{n+k} \leq q_k; \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^n x_k \leq M_0; \quad x_{2n+1} \leq Cr_0; \quad x_{2n+2} \leq Dot_0; \quad (6)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, 2n+2), \quad (7)$$

где

$$\gamma_k = \frac{1-\alpha_3}{1+\alpha_1 p - p} \left( -\frac{T}{T_k} - \alpha_2 \left( 1 - \frac{T}{T_k} \right) \right) + \frac{T}{T_k};$$

$$\gamma = \frac{1-\alpha_3}{1+\alpha_1 p - p} [1 + \alpha_1 p - p - \beta - \alpha_1 - \alpha_4 \beta];$$

$$\tau_k = -\alpha_3 \zeta_k + \alpha_2 \left( 1 - \frac{T}{T_k} \right);$$

$$\tau = \alpha_1 + \alpha_3 (1 - \zeta) + \alpha_4 \beta; \quad \psi = \frac{r_0 (12T_0 + 1)}{24};$$

$n$  – количество видов продукции, ед.,  $k = 1, \dots, n$  – порядковый номер ОПФ;  $T$  – срок действия (горизонт планирования),  $r$  – годовая ставка дисконтирования;  $x_k$  ( $k = 1, \dots, n$ ) – стоимость приобретаемых ОПФ  $k$ -го вида за период  $T$ , д.е.;  $x_{n+k}$  ( $k = 1, \dots, n$ ) – выручка от реализации всей продукции  $k$ -го вида за период  $T$ , произведенной на  $k$ -м ОПФ, д.е.;  $x_{2n+1}$  – сумма кредита, взятого под обеспечение финансирования проекта;  $x_{2n+2}$  – сумма дотаций предприятию за период  $T$ ;  $c_k$  – стоимость единицы  $k$ -го ОПФ, д.е./ед.ОПФ;  $P_k$  – стоимость продажи единицы продукции на  $k$ -го вида, д.е./ед. продукции;  $T_k$  – время полезного использования  $k$ -го ОПФ, лет;  $V_k$  – производительность  $k$ -го ОПФ за период  $T$ , ед. продукции/(ед. ОПФ);  $q_k$  – спрос на продукцию, произведенную на  $k$ -м ОПФ, за период  $T$  д.е./ед.прод;  $\delta_k = P_k V_k / c_k$  – фондоотдача  $k$ -го ОПФ за период  $T$ , %;  $\alpha_i$ ,  $i = 1, \dots, 4$  – соответственно ставки налогов на добавленную стоимость, имущество, прибыль, страховых взносов в социальные фонды;  $p$  – экспертный показатель материалоемкости производства (доля оборотных затрат в сумме всех затрат производителя);  $\beta$  – экспертный показатель трудоемкости производства (доля выручки от продаж, выделяемая в фонд оплаты

труда (ФОТ));  $M_0$  – максимальная сумма инвестиций в ОПФ;  $Cr_0$  – максимальная сумма кредита;  $Dot_0$  – максимальная сумма дотаций;  $\psi = [r_0(12T_0 + 1)/24]$  – сумма платежа за кредит по ставке  $r_0$  на срок  $T_0$ ;  $r_3 = rT / (1 - (1+r)^{-T}) - 1$  – эффективная ставка дисконтирования проекта за период  $T$ .

Охарактеризуем далее содержательный смысл условий модели (1)–(7). Соотношение (1) представляет собой целевой критерий, отражающий, на горизонте  $T$ , дисконтированное сальдо стратегических доходов (прибыль и поток имущества) и стратегических расходов (инвестиции), с учетом составляющей платности заемного финансирования, а (2) – целевой критерий налогового органа при его взаимодействии с производителем. При этом в первом приближении считается, что налоговый орган собирает лишь основные налоги, объем которых пропорционален объему производимой продукции, а также налог на имущество предприятий. Соотношение (3) отражает условие неотрицательности текущих денежных средств производителя на горизонте  $T$ , позволяющее устранить риски его неплатежеспособности. Условия (4) и (5) ограничивают объемы производства продукции в системе либо проектными возможностями основных производственных фондов (производительностью, фондоотдачей, уровнем развития научного технического прогресса и т.п.), либо условиями внешней рыночной среды (платежеспособный спрос на продукцию, определяемый рыночной нишей производителя, долей рынка, уровнем доходов потребителей и т.п.). Условия (6) учитывают ограниченность объемов инвестиционного, кредитного и дотационного ресурсов соответственно, а условия (7) имеют содержательный смысл неотрицательности значений искомым переменных задачи.

Согласно монографии [10], двухкритериальная ЗЛП (1)–(7) эквивалентна однокритериальной линейной задаче с теми же ограничениями и максимизацией свертки целевых критериев

$$NPV = \mu \cdot NPV_{(P)} + (1 - \mu) \cdot NPV_{(T)} \rightarrow \max,$$

где параметр  $\mu \in (0; 1)$  трактуется как весовой коэффициент значимости критерия  $NPV_{(P)}$ .

Задача линейного программирования в модели (1)–(7) имеет решение при всех допустимых значениях переменных в силу компактности допустимого множества и принадлежности множеству решений нулевого вектора ( $X = 0$ ),

где  $X = (x_1, \dots, x_n; x_{n+1}, \dots, x_{2n}; x_{2n+1}, x_{2n+2})^T$  – вектор-столбец, содержащий инвестиционную, производственную и финансовую группу искомым переменных. Наличие нетривиальных решений задачи в модели (1)–(7) показано ниже при ее численном анализе с использованием оптимизационного программного продукта «Карма», подробно описанного в работах [1, 9]. Система «Карма» содержит модули занесения и контроля входной информации, графического, многопараметрического и многокритериального анализа задач линейного оптимального управления, а также элементов финансово-хозяйственной деятельности, и тем самым представляет собой систему поддержки принятия решений, ориентированную на оперативный, экспертный анализ экономических проектов широкого круга приложений. Указанный комплекс показал свою эффективность при анализе ряда инвестиционных проектов мезо- [2, 4, 5, 8, 9] и микроэкономического уровня [1, 3, 6, 7]. Рассмотрим численный эксперимент по модели (1)–(7) с использованием финансово-аналитического программного продукта [1]. При этом в качестве основных задач эксперимента будем рассматривать выбор оптимальных значений срока действия производственного проекта в зависимости от различных форм его финансирования.

Пусть, например,

$$n = 1; \quad \beta = 0,2; \quad \mu = 1; \quad p = 0,2; \quad \alpha_1 = 0,18;$$

$$\alpha_2 = 0,02; \quad \alpha_3 = 0,2; \quad \alpha_4 = 0,3; \quad r = 0,3;$$

$$M_0 = 80000 \text{ тыс. руб.}; \quad c_1 = 25000 \text{ тыс. руб.};$$

$$P_1 = 20 \text{ тыс. руб./т}; \quad T_1 = 20 \text{ лет};$$

$$V_1 = 5100 \text{ т/год}; \quad q_1 = 10000 \text{ тыс. руб./год}.$$

Отметим, что данный набор значений входных параметров модели характеризует некоторый реальный инвестиционный проект по производству, на основе угольного сырья, востребованной рынком продукции.

На рис. 1 приведены графики зависимости чистой приведенной стоимости  $NPV_{(P)}$  производителя от горизонта планирования  $T$  при варьировании форм его финансирования (дотации ( $Dot_0$ ) и/или кредиты ( $Cr_0$ )):

$$1) - Cr_0 = Dot_0 = 0;$$

$$2) - Cr_0 = 100, Dot_0 = 0;$$

$$3) - Cr_0 = 0, Dot_0 = 100;$$

$$4) - Cr_0 = 0, Dot_0 = 500;$$

$$5) - Cr_0 = 0, Dot_0 = 5000.$$

Как видно из рисунка, без финансирования текущей деятельности (график 1), исследуемый проект имеет оптимальное значение  $NPV$  при  $T=9$  лет. При наличии заёмного финансирования ( $Cr_0 > 0$ ) (график 2), оптимальный срок действия проекта не меняется, однако в значительной мере изменяется форма графика после достижения оптимума, что можно трактовать как повышение общей устойчивости проекта. Данный факт численно отражается в увеличении срока действия проекта  $T \approx 15$  лет, при котором он имеет положительную  $NPV_{(P)}$ . Подключение форм безвозмездного финансирования (рост объемов дотаций  $Dot_0$ ) приводит к значительному улучшению характеристик устойчивости проекта (графики 3–5). При значительных объемах безвозмездной финансовой поддержки график принимает характерный вид возрастающей, выпуклой вверх кривой. Из рис. 1, кроме данных для анализа оптимальных сроков действия, можно получить и дру-

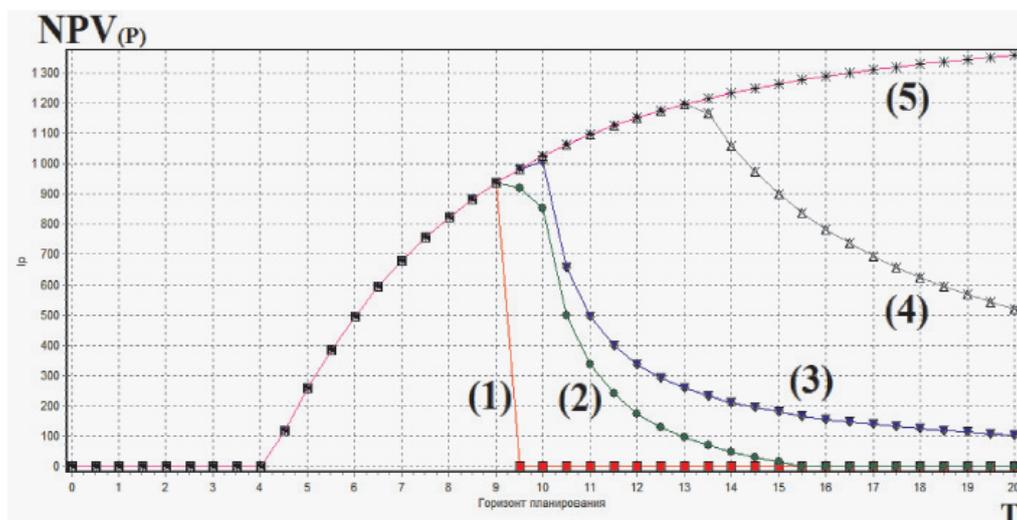


Рис. 1. Зависимости  $NPV$  проекта от горизонта планирования и форм финансирования

гую информацию о проекте. В частности, наглядно оцениваются срок окупаемости (приблизительно 4 года), максимальные значения  $NPV_{(P)}$  при варьировании не только выбранных параметров финансирования, но и любого другого параметра из списка приведенных выше.

Проведем следующий численный эксперимент по определению оптимального объема финансирования проекта. При заданных выше характеристиках проекта будем увеличивать значение параметра  $Cr_0$

(максимальная сумма кредита) до тех пор, пока сумма значений переменных  $x_{2n+1}, x_{2n+2}$  в задаче (1)–(7) не достигнет максимума. Основной задачей эксперимента будем рассматривать определение таких характеристик проекта, как ставка и срок кредита на обеспечение текущей деятельности.

На рис. 2 приведены зависимости эффективности  $NPV_{(P)}$  проекта от изменения параметра  $Cr_0$ , а на рис. 3, 4 – зависимости  $NPV_{(P)}$  от ставки и срока кредита соответственно.

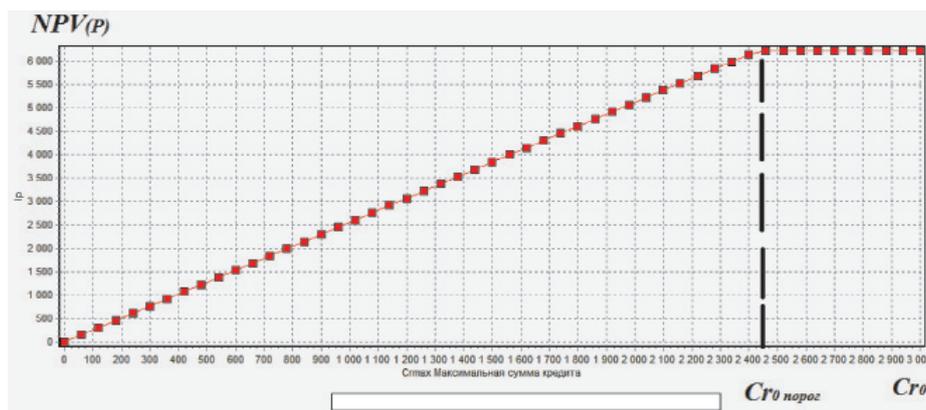


Рис. 2. Зависимость  $NPV$  проекта от максимального объема кредита

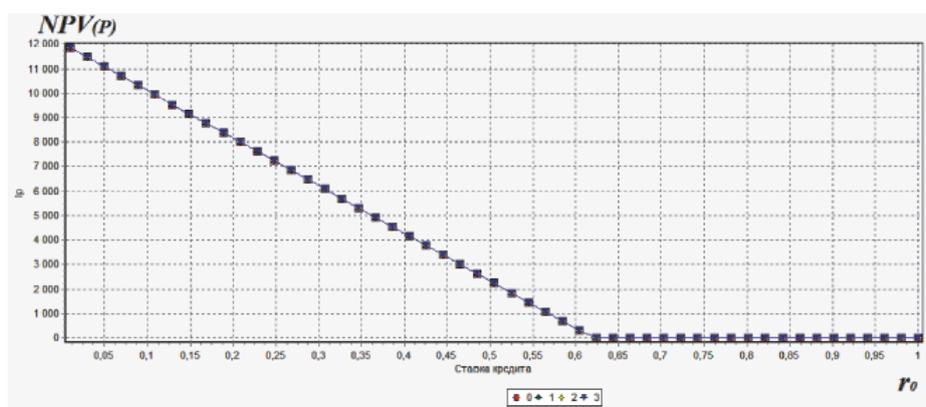


Рис. 3. Зависимости  $NPV$  проекта от ставки кредита

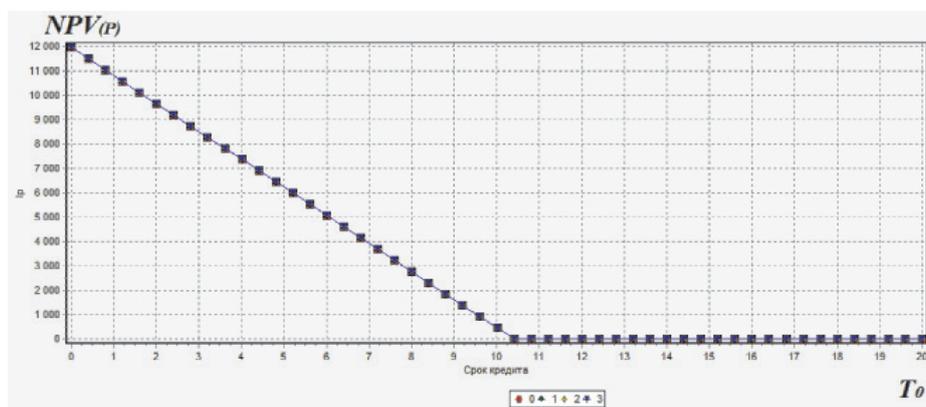


Рис. 4. Зависимость  $NPV$  проекта от срока кредита

Из рисунков визуально определяются характеристики проекта, связанные с его заемным финансированием. В частности, рис. 2 иллюстрирует пороговые значения критерия и соответствующего ему параметра  $Cr_0$  при заданных исходных параметрах. По рис. 3 и 4 принимающее решения лицо может выбирать целесообразные для него значения ставок и сроков кредита.

Следует отметить, что приведенная на рисунках картина распределений  $NPV_{(P)}$ , а также потребность в кредите возникают, как правило, при таких условиях реализации проекта, когда характеристики его эффективности находятся в диапазонах своих рисков, критических значений. Например, текущие рыночные цены единицы продукции, наблюдавшиеся в реальном проекте, находились в диапазоне  $P_1 = 30-40$  тыс. руб./т, что свидетельствовало об эффективности и прибыльности проекта и его возможностях финансирования без привлечения кредитного ресурса. Однако приведенные зависимости реализуются при достаточно пессимистических значениях параметров:  $P_1 = 20$  тыс. руб./т и уровне значений  $NPV_{(P)}$ , не превышающем 1000 тыс. руб. на каждый год срока действия проекта. Данный факт имеет свое естественное содержательное объяснение, так как именно в случае рискованных вариантов реализации проектов кредитный ресурс играет свою экономическую роль их стабилизатора в смысле увеличения запасов финансовой устойчивости, несмотря на потери результативности.

Таким образом, с помощью модели (1)–(7) и системы поддержки принятия решений [1, 3, 4, 9] нами получены значения оптимальных сроков действия производственного проекта в зависимости от форм его финансирования. При этом численно определены параметры финансирования текущей деятельности и показано, что оно может значительно улучшить характеристики устойчивости производственного проекта в случае критических сценариев его реализации.

#### Список литературы

1. Горбунов М.А., Медведев А.В., Победаш П.Н., Смольянинов А.В. Оптимизационный пакет прикладных программ «Карма» и его применение в задачах бизнес-планирования // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 4. – С. 42–47.
2. Косинский П.Д., Медведев А.В., Меркурьев В.В., Победаш П.Н. Математическое моделирование агломерации муниципальных образований // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 8–6. – С. 1446–1449.
3. Медведев А.В. Концепция оптимизационно-имитационного бизнес-планирования // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2014. – № 1–2. – С. 198–201.
4. Медведев А.В. Концепция оптимизационно-имитационного моделирования регионального социально-экономического развития // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2013. – № 7. – С. 21–25.
5. Медведев А.В. Моделирование стратегии социально-экономического развития региона на основе мезоэкономического подхода и оптимизационной математической модели // *Вестник Красноярского государственного университета. Серия «Физико-математические науки»*. – 2006. – № 1. – С. 208–214.
6. Медведев А.В. Модель оптимального финансово-инвестиционного планирования деятельности производственного предприятия // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2015. – № 9–4. – С. 622–625.
7. Медведев А.В. Оптимизационная система поддержки принятия решений в бизнес-планировании // *Успехи современного естествознания*. – 2015. – № 1–4. – С. 679–683.
8. Медведев А.В., Косинский П.Д., Бондарева Г.С. Экономико-математическое моделирование агропродовольственного кластера региона // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 10–10. – С. 2203–2206.
9. Медведев А.В., Победаш П.Н., Смольянинов А.В. Система поддержки принятия решений при управлении региональным экономическим развитием на основе решения линейной задачи математического программирования // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2013. – № 12. – С. 110–115.
10. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 256 с.

#### References

1. Gorbunov M.A., Medvedev A.V., Pobedash P.N., Smolyaninov A.V. Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental research], 2015, no. 4, pp. 42–47.
2. Kosinskiy P.D., Medvedev A.V., Merkur'ev V.V., Pobedash P.N. Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental Research], 2013, no. 8–6, pp. 1446–1449.
3. Medvedev A.V. Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy [International Journal of applied and fundamental research], 2014, no. 1–2, pp. 198–201.
4. Medvedev A.V. Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy [International Journal of applied and fundamental research], 2013, no. 7, pp. 21–25.
5. Medvedev A.V. Vestnik Krasnoyarskogo gosuniversiteta. Fiziko-matematicheskiye nauki [Krasnoyarsk State University Bulletin. Physics and Mathematics sciences], 2006, no. 1, pp. 208–204.
6. Medvedev A.V. Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy [International Journal of applied and fundamental research], 2015, no. 9-4, pp. 622–625.
7. Medvedev A.V. Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya [The success of modern science], 2015, no. 1–4, pp. 679–683.
8. Medvedev A.V., Kosinskiy P.D., Bondareva G.S. Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental Research], 2013, no. 10–10, pp. 2203–2206.
9. Medvedev A.V., Pobedash P.N., Smolyaninov A.V. Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i Fundamentalnykh issledovaniy [International Journal of applied and fundamental research], 2013, no. 12, 110–115.
10. Podinovskiy V.V., Noghin V.D. Pareto-optimal'nye resheniya mnogokriterial'nykh zadach [Pareto-optimal solutions of multicriterion problems]. Moscow, Nauka, 1982, 256 p.