

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

№ 10, 2016

Издается с января 1958 г. ежемесячно

Том 59

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Главный редактор: ЛЕОНТЬЕВ Л.И.
(Российская Академия Наук, г. Москва)

Заместитель главного редактора: ПРОТОПОПОВ Е.В.
(Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)

Ответственный секретарь: ПОЛУЛЯХ Л.А.
(Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)

Заместитель ответственного секретаря: ОЛЕНДАРЕНКО Н.П.
(Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)

Члены редакционной коллегии:

АЛЕШИН Н.П. (Российская Академия Наук, г. Москва)
АСТАХОВ М.В. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
АШИХМИН Г.В. (ОАО «Институт Цветметобработка», г. Москва)
БЕЛОВ В.Д. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
БРОДОВ А.А., редактор раздела «Экономическая эффективность металлургического производства» (ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина», г. Москва)
ВОЛЫНКИНА Е.П. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
ГЛЕЗЕР А.М. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ГОРБАТЮК С.М. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ГРИГОРОВИЧ К.В., редактор раздела «Металлургические технологии» (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)
ГРОМОВ В.Е. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
ДУБ А.В. (ЗАО «Наука и инновации», г. Москва)
ЗИНГЕР Р.Ф. (Институт Фридриха-Александра, Германия)
ЗИНИНГРАД М. (Институт Ариэля, Израиль)
ЗОЛОТУХИН В.И. (Тульский государственный университет, г. Тула)
КОЛОКОЛЬЦЕВ В.М. (Магнитогорский государственный технический университет, г. Магнитогорск)
КОСТИНА М.В. (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)
КОСЫРЕВ К.Л. (АО «НПО «ЦНИИТМаш», г. Москва)
КУРНОСОВ В.В. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ЛАЗУТКИН С.С. (ГК «МетПром», г. Москва)

ЛИНН Х. (ООО «Линн Хай Терм», Германия)
ЛЫСАК В.И. (Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград)
МЫШЛЯЕВ Л.П. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
НИКУЛИН С.А. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ПОДГОРОДЕЦКИЙ Г.С., редактор раздела «Ресурсосбережение в черной металлургии» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ПЫШМИНЦЕВ И.Ю., редактор раздела «Инновации в металлургическом и лабораторном оборудовании, технологиях и материалах» (Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности, г. Челябинск)
РАПЕВ Ц.В., редактор раздела «Стали особого назначения» (Академия наук Болгарии, Болгария)
РУДСКОЙ А.И. (Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург)
СИМОНЯН Л.М., редактор раздела «Экология и рациональное природопользование» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
СОЛОДОВ С.В., редактор раздела «Информационные технологии и автоматизация в черной металлургии» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
СПИРИН Н.А. (Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург)
ТАНГ ГУОИ (Институт перспективных материалов университета Циньхуа, г. Шеньжень, Китай)
ТЕМЛЯНЦЕВ М.В. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
ФИЛОНОВ М.Р., редактор раздела «Материаловедение» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ШПАЙДЕЛЬ М.О. (Швейцарская академия материаловедения, Швейцария)
ЮРЬЕВ А.Б. (ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», г. Новокузнецк)

Учредители:



Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»



Сибирский государственный индустриальный университет

Настоящий номер журнала подготовлен к печати
Сибирским государственным индустриальным университетом

Адреса редакции:

119049, Москва, Ленинский пр-т, д. 4
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
Тел./факс: (495) 638-44-11, (499) 236-14-27
E-mail: fermet.misis@mail.ru, ferrous@isis.ru
www.fermet.misis.ru

654007, Новокузнецк, 7,
Кемеровской обл., ул. Кирова, д. 42
Сибирский государственный индустриальный университет,
Тел.: (3843) 74-86-28
E-mail: redjizvz@sibsiu.ru

Журнал «Известия ВУЗов. Черная металлургия» по решению ВАК входит в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук»

IZVESTIYA

VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA

IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY

Editor-in-Chief: LEONTEV L.I.
(Russian Academy of Sciences, Moscow)

Deputy Editor-in-Chief: PROTOPOPOV E.V.
(Siberian State Industrial University, Novokuznetsk)

Responsible Secretary: POLULYAKH L.A.
(National Research Technological University "MISIS", Moscow)

Deputy Responsible Secretary: OLENDARENKO N.P.
(Siberian State Industrial University, Novokuznetsk)

Editorial Board:

N.P. ALESHIN (Russian Academy of Sciences, Moscow)

M.V. ASTAKHOV (National Research Technological University "MISIS", Moscow)

G.V. ASHIKHMIN (JSC "Institute Tsvetmetobrabotka", Moscow)

V.D. BELOV (National Research Technological University "MISIS", Moscow)

A.A. BRODOV, Editor of the section "Economic efficiency of metallurgical production" (IP Bardin Central Research Institute for Ferrous Metallurgy, Moscow)

E.P. VOLYNKINA (Siberian State Industrial University, Novokuznetsk)

A.M. GLEZER (National Research Technological University "MISIS", Moscow)

S.M. GORBATYUK (National Research Technological University "MISIS", Moscow)

K.V. GRIGOROVICH, Editor of the section "Metallurgical Technologies" (Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Moscow)

V.E. GROMOV (Siberian State Industrial University, Novokuznetsk)

A.V. DUB (JSC "Science and Innovations", Moscow)

R.F. SINGER (Friedrich-Alexander University, Germany)

M. ZININGRAD (Ariel University, Israel)

V.I. ZOLOTUKHIN (Tula State University, Tula)

V.M. KOLOKOL'TSEV (Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk)

M.V. KOSTINA (Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Moscow)

K.L. KOSYREV (JSC "NPO "TSNIITMash", Moscow)

V.V. KURNOSOV (National Research Technological University "MISIS", Moscow)

S.S. LAZUTKIN (Group of Companies "MetProm", Moscow)

H. LINN (Linn High Therm GmbH, Hirschbach, Germany)

V.I. LYSAK (Volgograd State Technical University, Volgograd)

L.P. MYSHLYAEV (Siberian State Industrial University, Novokuznetsk)

S.A. NIKULIN (National Research Technological University "MISIS", Moscow)

G.S. PODGORODETSKII, Editor of the section "Resources Saving in Ferrous Metallurgy" (National Research Technological University "MISIS", Moscow)

I.YU. PYSHMINTSEV, Editor of the section "Innovations in metallurgical industrial and laboratory equipment, technologies and materials" (Russian Research Institute of the Pipe Industry, Chelyabinsk)

TS.V. RASHEV, Editor of the section "Superduty steel" (Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria)

A.I. RUDSKOI (Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg)

L.M. SIMONYAN, Editor of the section "Ecology Rational Use of Natural Resources" (National Research Technological University "MISIS", Moscow)

S.V. SOLODOV, Editor of the section "Information Technologies and Automatic Control in Ferrous Metallurgy" (National Research Technological University "MISIS", Moscow)

M. SPEIDEL (Swiss Academy of Materials, Switzerland)

N.A. SPIRIN (Ural Federal University, Ekaterinburg)

TANG GUOI (Institute of Advanced Materials of Tsinghua University, Shenzhen, China)

M.V. TEMLYANTSEV (Siberian State Industrial University, Novokuznetsk)

M.R. FILONOV, Editor of the section "Material science" (National Research Technological University "MISIS", Moscow)

A.B. YUR'EV (OJSC "ZSMK", Novokuznetsk)

Founders:



National Research Technological University "MISIS"



Siberian State Industrial University

This issue of the journal was prepared by
Siberian State Industrial University

Editorial Addresses:

119049, Moscow, Leninskii prosp., 4
National Research Technological University "MISIS",
Tel./fax: +7 (495) 638-44-11, +7 (499) 236-14-27
E-mail: fermet.misis@mail.ru, ferrous@sisis.ru
www.fermet.misis.ru

654007, Novokuznetsk, Kemerovo region,
Kirova str., 42
Siberian State Industrial University,
Tel.: +7 (3843) 74-86-28
E-mail: redjizvz@sibsiu.ru

Journal "Izvestiya VUZov. Chernaya Metallurgiya = Izvestiya. Ferrous metallurgy" is included in the "List of the leading peer-reviewed scientific journals and publications, in which should be published major scientific results of dissertations for the degree of doctor and candidate of sciences" by the decision of the Higher Attestation Commission.

Journal "Izvestiya VUZov. Chernaya Metallurgiya = Izvestiya. Ferrous metallurgy" is registered in Federal Service for Supervision in the Sphere of Mass Communications PI number FS77-35456

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- Сарычев В.Д., Громов В.Е., Невский С.А., Низовский А.И., Коновалов С.В. Формирование нанослоев за счет развития гидродинамических неустойчивостей при внешних энергетических воздействиях 679
- Акимов В.В., Мишуров А.Ф., Акимова Е.В. Жаростойкость безвольфрамовых твердых сплавов TiC – TiNi в зависимости от объемного состава композиции при нагреве до высоких температур 688

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Кабаков З.К., Сенатова И.А., Габеляя Д.И. Математическое моделирование формирования зазора между заготовкой и кристаллизатором при непрерывной разливке стали 692

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

- Нохрина О.И., Рожихина И.Д., Ходосов И.Е. Получение металлизированных продуктов с использованием углей Кузбасса 697

ИННОВАЦИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОМЫШЛЕННОМ И ЛАБОРАТОРНОМ ОБОРУДОВАНИИ, ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛАХ

- Полевой Е.В., Юнин Г.Н., Темлянецев М.В. Разработка и промышленное освоение технологии дифференцированной термической обработки железнодорожных рельсов с использованием тепла прокатного нагрева 704
- Рубин Г.Ш., Чукин М.В., Гун Г.С., Полякова М.А. Функционально-целевой анализ как метод структурирования свойств и функций металлоизделий 715
- Пилпенко С.С., Багузин М.Р., Потепенков А.П. Разработка и исследование гидравлического редукторно-мультипликаторного привода с блочными дозаторами 720
- Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А., Никитин А.Г. Исследование и разработка новых составов порошковой проволоки системы C – Si – Mn – Cr – V – Mo для наплавки прокатных валков 727

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

- Юрьев Б.П., Гольцев В.А. Исследование процесса окисления магнетита 735

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

- Постольник Ю.С., Тимошпольский В.И., Трусова И.А. Нагрев тел в металлургических печах на основе модели теоретического противотока 740

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

- Кулаков С.М., Мусатова А.И., Баранов П.П., Койнов Р.С. Мультиструктурное моделирование сроков окупаемости проектных решений 746
- К 70-летию со дня рождения Бориса Алексеевича Романцева 753

CONTENTS

MATERIAL SCIENCE

- V.D. Sarychev, V.E. Gromov, S.A. Nevskii, A.I. Nizovskii, S.V. Konovalov Nanolayers formation at hydrodynamic instability development under the external energy effects 679
- V.V. Akimov, A.F. Mishurov, E.V. Akimova Heat resistance of tungstenfree TiC – TiNi hard alloys in dependence on volumetric compound of composition at heating up to high temperatures 688

METALLURGICAL TECHNOLOGIES

- Z.K. Kabakov, I.A. Senatova, D.I. Gabelaya Mathematical modeling of gap formation between billet and mold at steel continuous casting 692

RESOURCE SAVING IN FERROUS METALLURGY

- O.I. Nokhrina, I.D. Rozhikhina, I.E. Khodosov Manufacture of metallized products with the usage of Kuzbass coals 697

INNOVATIONS IN METALLURGICAL INDUSTRIAL AND LABORATORY EQUIPMENT, TECHNOLOGIES AND MATERIALS

- E.V. Polevoi, G.N. Yunin, M.V. Temlyantsev Development and commercial introduction of technology for differentiated heat treatment of railway rails with rolling heat utilization 704
- G.Sh. Rubin, M.V. Chukin, G.S. Gun, M.A. Polyakova Function-target analysis as the method of properties and functions structuring of metalware 715
- S.S. Pilipenko, M.R. Baiguzin, A.P. Potapenkov Development and research of a hydraulic geared-multiplier drive with a sectional metering control 720
- N.A. Kozyrev, N.V. Kibko, A.A. Umanskii, D.A. Titov, A.G. Nikitin Research and development of new compositions of cored wire of C – Si – Mn – Cr – V – Mo system for rolls surfacing 727

PHYSICO-CHEMICAL BASICS OF METALLURGICAL PROCESSES

- B.P. Yur'ev, V.A. Goltsev Study of the magnetite oxidation 735

INFORMATION TECHNOLOGIES AND AUTOMATIC CONTROL IN FERROUS METALLURGY

- Yu.S. Postol'nik, V.I. Timoshpol'skii, I.A. Trusova Blank heating in metallurgical furnaces based on a theoretical counterflow model 740

ECONOMIC EFFICIENCY OF METALLURGICAL PRODUCTION

- S.M. Kulakov, A.I. Musatova, P.P. Baranov, R.S. Koinov Multistructural simulation of payback period of project decisions 746
- To the 70th Anniversary of Boris Alekseevich Romanov 753

МУЛЬТИСТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СРОКОВ ОКУПАЕМОСТИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Кулаков С.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Автоматизации
и информационных систем» (kulakov-ais@mail.ru)

Мусатова А.И., старший преподаватель кафедры «Корпоративной экономики
и управления персоналом» (musatova-ai@yandex.ru)

Баранов П.П., д.э.н., профессор кафедры «Финансов, учета и аудита» (bpavel@ngs.ru)

Койнов Р.С., ведущий специалист по информатизации (koynov_rs@mail.ru)

Сибирский государственный индустриальный университет
(654007, Россия, г. Новокузнецк, Кемеровская обл., ул. Кирова, 42)

Аннотация. На базе многоструктурного подхода сформулирована и решена задача разработки алгоритмического обеспечения системы поддержки принятия решений о сроках окупаемости инвестиционного проекта, которая функционирует в изменяющейся обстановке. Предложено определять срок окупаемости проекта по прогнозным вариантам его масштаба, источников и размеров инвестиций, ожидаемых денежных поступлений от реализации проекта и финансового состояния предприятия – заказчика проекта. Для этого разработаны математические модели вариантных сроков окупаемости проекта, позволяющие осуществлять пошаговую ситуационную имитацию накопления доходов, направляемых на компенсацию затрат по проекту. Варианты оценок срока окупаемости предоставляются лицу, осуществляющему выбор лучшего, с точки зрения его предпочтения, варианта. Приведен пример многовариантного расчета срока окупаемости применительно к проекту реконструкции сталеплавильного производства.

Ключевые слова: многовариантность, прогнозирование, чистая прибыль, амортизационные отчисления, инвестиции, проект, доход, дисконтирование, оценка, сроки окупаемости.

DOI: 10.17073/0368-0797-2016-10-746-752

В условиях рыночной экономики предприятия имеют ограниченные свободные финансовые ресурсы, поэтому принятие решений по реализации предлагаемых инвестиционных проектов (реконструкции, модернизации, организационно-технических мероприятий) требует оценки их эффективности с использованием объединения различных методов, моделей и критериев. Инвестиционный проект рассматривается с разных сторон: финансовой, технологической, маркетинговой, организационной и временной. Как правило, основным ограничителем реализации инвестиционного проекта является возможность его финансирования. Источники денежных средств варьируются по степени их доступности: внутренний источник (собственные средства), внешний источник (банковские кредиты и займы) и смешанный источник финансирования.

В настоящее время используются разнообразные методы оценки эффективности инвестиционных проектов [1 – 7], выбор которых зависит от масштабности и продолжительности осуществления проекта, от объема инвестиций (в том числе капитальных вложений), финансовой устойчивости предприятия и от множества других факторов. Малые инвестиционные проекты (не требующие значительных инвестиций) оцениваются простейшими (статическими) метода-

ми, которые определяют срок окупаемости, норму прибыли на капитал, чистый доход. Крупномасштабные проекты вызывают необходимость сложных расчетов ожидаемых денежных потоков и оцениваются динамическими методами [8 – 10], которые определяют, с учетом фактора времени, дисконтированный срок окупаемости, чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму прибыли, индекс доходности [11].

Базовым (первоначальным) показателем оценивания эффективности инвестиционного проекта является расчетный срок окупаемости ($T_{ок}^p$), т. е. период времени, за который сумма ожидаемых (прогнозируемых) ежегодных денежных поступлений $D(t_j)$ от реализации проекта окупит (компенсирует) сумму I первоначальных затрат (инвестиций) [12]:

$$T_{ок}^p = \frac{I}{\sum_{j=1}^n D(t_j)}, \text{ лет.} \quad (1)$$

Руководитель предприятия (заказчик проекта) как лицо, принимающее решение, в первую очередь анализирует расчетный срок окупаемости инвестиций, определяет его экономическую и финансовую обоснован-

ность, сравнивает с собственной оценкой предельного срока для конкретного проекта.

Важно отметить, что исходные данные, необходимые для расчета срока окупаемости, имеют многовариантную природу, обусловленную многообразием возможных способов инвестирования и прогнозирования соответствующих доходов от реализации проекта. С учетом этого целесообразно использовать метод многоструктурного моделирования, позволяющий многовариантно оценивать сроки окупаемости.

Основной составляющей дохода от внедрения проекта является чистая прибыль от реализации продукции:

$$\Pi_p^a = \sum_{i=1}^n [(\Pi_i - C_i) \text{ТП}_i] - \text{Н, руб}, \quad (2)$$

где Π_i – оптовая (рыночная) цена i -й товарной продукции (ТП_{*i*}), руб/ед; C_i – полная себестоимость (издержки) единицы i -й продукции, руб/ед; Н – налог на прибыль, руб.

Можно определить (выделить) следующие возможные варианты использования расчетной чистой прибыли для компенсации затрат (инвестиций) на разработанный проект:

а) вся чистая прибыль направляется на покрытие инвестиций

$$D_1 = \Pi_p^a, \text{ руб}; \quad (3)$$

б) прирост чистой прибыли от реализации проекта, связанный с модернизацией действующего объекта, направляется на покрытие инвестиций:

$$D_2 = \Delta \Pi_p^a; \quad \Delta \Pi_p^a = (\Pi_{p2}^{\text{ед}} - \Pi_{p1}^{\text{ед}}) \text{ТП}, \text{ руб}; \quad (4)$$

здесь $\Pi_{p1}^{\text{ед}}$ и $\Pi_{p2}^{\text{ед}}$ – чистая прибыль (при прочих равных условиях) после и до модернизации, руб/ед; $\text{ТП} = \sum_{i=1}^n \text{ТП}_i$ –

суммарный объем товарной продукции;

в) часть (доля) d чистой прибыли, отчисляемая в фонд накопления, направляется на покрытие инвестиций (фонд создается по решению акционеров – собственников)

$$D_3 = \Pi_p^a d, \text{ руб}; \quad (5)$$

г) часть прироста чистой прибыли, отчисляемая в фонд накопления

$$D_4 = \Delta \Pi_p^a d, \text{ руб}. \quad (6)$$

Кроме перечисленных вариантов дохода денежных поступлений, при самофинансировании проекта к доходу могут быть дополнительно отнесены варианты амортизационные отчисления от основных фондов и нематериальных активов, используемых в проекте: рав-

номерные амортизационные отчисления (А); ускоренные амортизационные отчисления (A_y), предусмотренные действующими нормативно-правовыми актами: $D_5 = \Pi_p^a + A$; $D_6 = \Pi_p^a + A_y$.

Задача оценки сроков окупаемости состоит в следующем.

Дано.

1. Исходные данные для расчета срока окупаемости проекта:

- объем инвестиций на разработку и реализацию проекта (И);
- чистая прибыль за единичный период t (год, месяц), выбранный в качестве шага расчета срока окупаемости $T_{\text{ок}}$, руб/ t ;
- первоначальная стоимость ($C_{\text{оф}}$) вводимых основных фондов проекта, руб;
- средневзвешенная норма амортизации инвестиций, %.

2. Варианты математической модели дохода от реализации проекта:

$$D_1; D_2; D_3; D_4; D_5 = D_1 + A; D_6 = D_1 + A_y;$$

$$D_7 = D_2 + A; D_8 = D_2 + A_y; D_9 = D_3 + A;$$

$$D_{10} = D_3 + A_y; D_{11} = D_4 + A; D_{12} = D_4 + A_y.$$

3. Варианты модели вложений инвестиций в проект:

- единовременное полное вложение средств в проект (I_1);
- равномерное распределение инвестиций по единичным интервалам времени (I_2);
- линейно растущие или убывающие вложения инвестиций во времени (I_3);
- распределение вложений в соответствии с произвольным нелинейным законом (I_4).

Требуется.

1. Оценить альтернативные сроки окупаемости с использованием вариантов моделей инвестиционных вложений в проект и вариантов моделей доходов от реализации проекта.

2. Проранжировать варианты сроки окупаемости проекта и предоставить их лицу, принимающему решение (ЛПР), для выбора наиболее предпочтительного срока.

Для решения поставленной задачи разработаны многомодельная система (рис. 1) и процедура оценивания сроков окупаемости проекта на основе ожидаемых денежных поступлений (доходов от реализации проекта) и расходов на каждом шаге (отрезке времени) расчетного периода для анализа и выбора рационального варианта, которая включает три основных вида моделей прогнозирования сроков окупаемости проекта:

- модели, предполагающие равномерное поступление доходов (М1);
- модели, прогнозирующие неравномерное поступление доходов (М2);

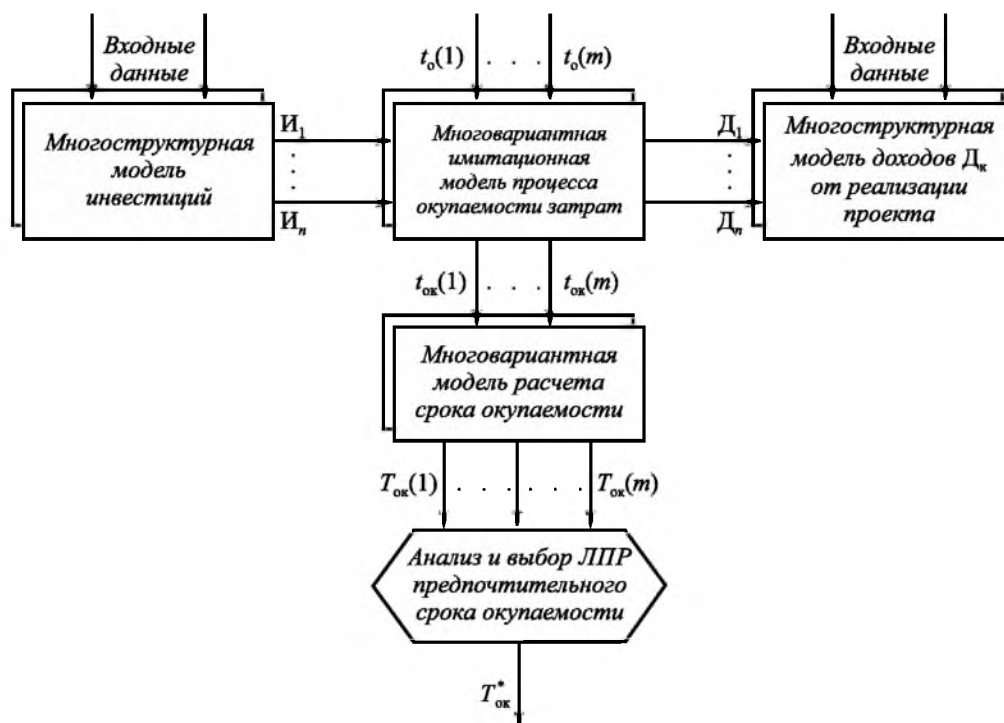


Рис. 1. Схема мультиструктурной системы моделирования окупаемости инвестиционного проекта:

$t_0(1), \dots, t_0(m)$ – моменты начала внедрения проекта; $t_{ок}(1), \dots, t_{ок}(m)$ – моменты окупаемости для вариантных моделей инвестирования и компенсации затрат; $I_1, \dots, I_n$ – варианты программы инвестирования; $D_1, \dots, D_m$ – варианты моделей формирования доходов от реализации проекта; $T_{ок}(1), \dots, T_{ок}(m)$ – вариантные сроки окупаемости проекта, $T_{ок} = t_{ок} - t_0$

Fig. 1. Diagram of multilattice system of modeling of investment project payback:

$t_0(1), \dots, t_0(m)$ – moments of the beginning of the project implementation; $t_{ок}(1), \dots, t_{ок}(m)$ – moments of the payback for variant investment patterns and recovery of expenses; $I_1, \dots, I_n$ – patterns of investment program; $D_1, \dots, D_m$ – variants of models of income generation from the realization of the project; $T_{ок}(1), \dots, T_{ок}(m)$ – variant payback period of the project, $T_{ок} = t_{ок} - t_0$

– модели, учитывающие дисконтирование неравномерных прогнозируемых доходов (МЗ).

Укрупненный алгоритм прогнозирования сроков окупаемости инвестиционного проекта приведен на рис. 2, его детализация представлена в работе [13].

Множество М1 моделей предполагает, что денежные потоки от внедрения проекта будут поступать равномерно по интервалам времени (по годам, кварталам или месяцам). Первоначально определяются сроки окупаемости проекта для моделей дохода D_1, D_2 и осуществляется проверка соответствия $T_{ок1}, T_{ок2}$ экспертно установленным границам $T_{ок}^*, T_{ок}^{**}$. Оценки $T_{ок1}, T_{ок2}$, соответствующие данным границам, запоминаются. Последующие оценки сроков окупаемости выполняются для моделей дохода D_3, D_4 , отличающихся от D_1, D_2 , учетом доли d чистой прибыли или ее прироста, отчисляемых в фонд накопления. При этом предполагается, что доля d может по шагам (интервалам времени) изменяться в заданных пределах от d^* до d^{**} с выбранным шагом Δd , который может принимать значения от Δd^* до Δd^{**} . Оценки $T_{ок3}, T_{ок4}$, соответствующие заданным границам T^*, T^{**} , запоминаются.

Аналогично определяются сроки окупаемости проекта для моделей $D_5 - D_{12}$ доходов, включающих в себя модели D_1, D_2, D_3, D_4 , а также амортизационные отчис-

ления (равномерные – для D_5, D_7, D_9, D_{11} и ускоренные – для D_6, D_8, D_{10}, D_{12}).

Все полученные прогнозные оценки срока окупаемости проекта оформляются в виде специальных таблиц, которые соответствуют пошаговой процедуре определения вариантов срока окупаемости, предоставляемых заказчику проекта для выбора предпочтительного значения $\hat{T}_{ок}$. Формулы пошаговой процедуры, соответствующие блокам алгоритма (рис. 2), показаны в табл. 1.

Модели М2 сроков окупаемости базируются на результатах расчета доходов и сроков окупаемости для моделей М1 и отличаются от этих моделей тем, что предполагается неравномерное по времени поступление денежных потоков от внедрения проекта. При этом составляющие дохода (чистая прибыль, амортизационные отчисления) изменяются по-разному. Необходимо прогнозировать значения указанных составляющих дохода на предстоящие интервалы времени. Начальный прогноз чистой прибыли рассчитывается в соответствии с формулой (2), а начальные амортизационные отчисления – на основе заданных капитальных вложений и нормы амортизации.

В дальнейшем рассматриваются прогнозные изменения параметров модели доходов от первоначальных

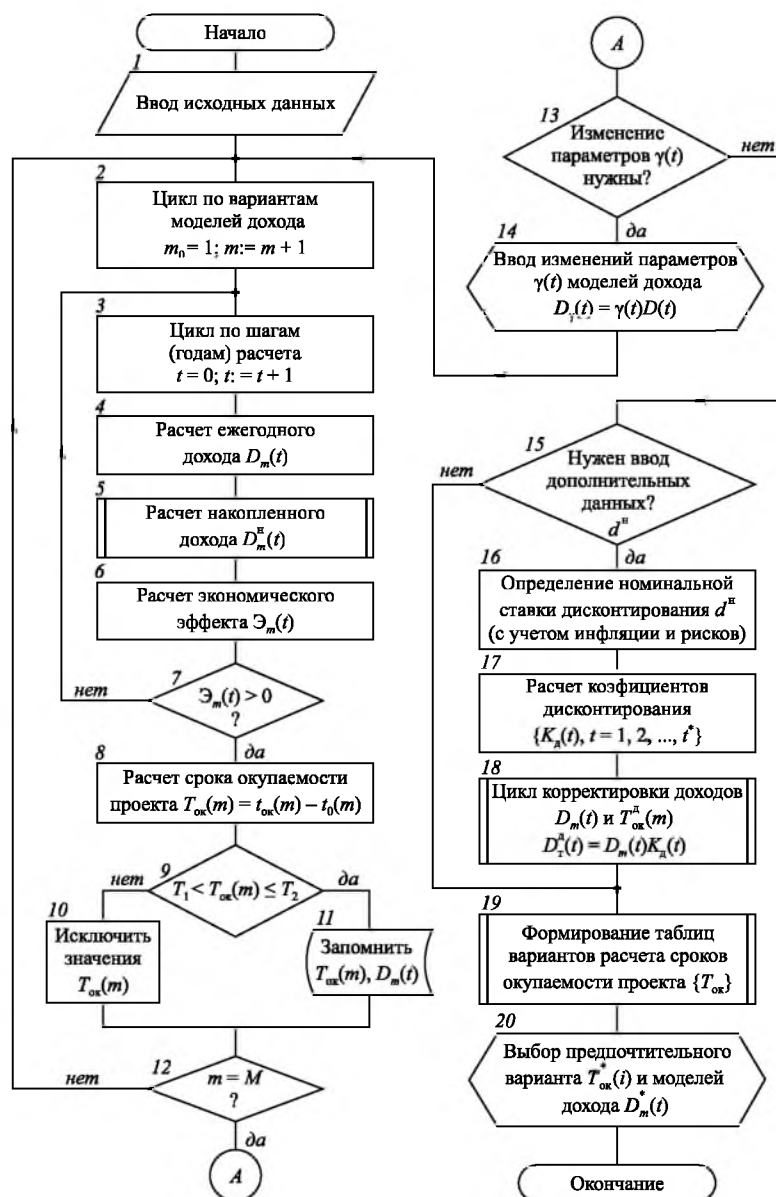


Рис. 2. Алгоритм формирования вариантных сроков окупаемости проекта

Fig. 2. Formation algorithm of variant payback period of the project

Т а б л и ц а 1

Определение срока окупаемости капитальных вложений

Table 1. Assessment of payback period of capital investments

Шаг расчета (год) t_j	Текущие денежные поступления, млн. руб			Год t_j^* и срок $T_{ок}$ окупаемости проекта, лет
	ежегодный доход $D(t_j)$	накопленный доход $\sum_{j=1}^3 D(t_j)$	экономический эффект $\mathcal{E}(t_j)$: доход (+) убытки (-)	
$t_0 = 0$	$D_t(t_0) = 0$	0	$\mathcal{E}(t_0) = 0$; при $K_{вл}(t_0)$	$\mathcal{E}(t_0) < 0$; $t_0 = 0$
$t_1 = 1$	$D(t_1)$	$D^H(t_1) = D(t_1)$	$\mathcal{E}(t_1) = D^H(t_1) - K_{вл}(t_0)$	$\mathcal{E}(t_1) < 0$; $t_1 = 1$
$t_2 = 2$	$D(t_2)$	$D^H(t_2) = D^H(t_1) + D(t_2)$	$\mathcal{E}(t_2) = D^H(t_2) - K_{вл}(t_0)$	$\mathcal{E}(t_2) < 0$; $t_2 = 2$
$t_3 = 3$	$D(t_3)$	$D^H(t_3) = D^H(t_2) + D(t_3)$	$\mathcal{E}(t_3) = D^H(t_3) - K_{вл}(t_0)$	$\mathcal{E}(t_3) > 0$; $t_3 = 3$
Итого	$\sum_{j=1}^3 D(t_j)$	$D^H(t_3) = \sum_{j=1}^3 D(t_j)$	$\mathcal{E}(t_3)$	$T_{ок} = (t^* - 1) + t_{мц}^*$

значений, определяемые экспертным путем. Например, чистая прибыль в первые интервалы времени (1 – 2 года или месяца) будет существенно меньше по сравнению с начальным расчетом, а в последующих интервалах прогнозируется ее нарастание. Амортизационные отчисления, начиная со второго интервала, будут уменьшаться за счет износа основных фондов.

В моделях M2 также учитываются возможные изменения чистой прибыли от проекта путем введения коэффициента γ_t пошагового варьирования. Кроме того,

амортизационные отчисления пошагово корректируются с учетом равномерного и ускоренного убывания остаточной стоимости основных фондов проекта.

Для всех вариантов $\{T_{ок}(m), m = 1, \bar{M}\}$ расчета срока окупаемости проекта с использованием моделей M2 осуществляется оценка ожидаемого экономического эффекта $\mathcal{E}(t)$ по шагам (интервалам времени) и проверка условия $\mathcal{E}(t) \geq 0$ окупаемости проекта. Специальные таблицы результатов расчета сроков окупаемости для рассматриваемых моделей M2 отличаются

Т а б л и ц а 2

Определение срока окупаемости капитальных вложений (статическим методом)

Table 2. Assessment of payback period of capital investments (static method)

Шаг расчета (год) t_j	Чистая прибыль, млн. руб	Амортизационные отчисления		Текущие денежные поступления, млн. руб		
		$H_a, \%$	млн. руб	ежегодный доход	накопленный доход	экономический эффект $\Delta(t_j)$
1. Равномерное поступление ожидаемых денежных потоков по годам (при номинальных H_a)						
0	проектируемый цех					$K_{пл}^{од} = 2970,50$
1	204,40	23	683,22	887,62	887,62	-2082,88
2	204,40	23	683,22	887,62	1775,24	-1195,26
3	204,40	23	683,22	887,62	2662,86	-307,64
4	204,40	23	683,22	887,62	3550,48	+579,98
Итого	817,60	23	2732,88	3550,48	3550,48	+579,98
$T_{ок1}^p = \frac{K_{пл}}{\Pi_p^q + A} = \frac{2970,5}{204,4 + 683,22} = 3,35$ года или $T_{ок1}^p = (4-1) + \frac{2970,5 - 2662,86}{887,62} = 3 + 0,35 = 3,35$ года						
2. Равномерное поступление ожидаемых денежных потоков по годам (при ускоренных H_u)						
1	204,40	46	1366,43	1570,83	1570,83	-1399,67
2	204,40	46	1366,43	1570,83	3141,66	+171,16
Итого	408,80	46	2732,86	3141,66	3141,66	+171,16
$T_{ок2}^p = \frac{K_{пл}}{\Pi_p^q + A_y} = \frac{2970,5}{204,4 + 1366,43} = 1,89$ года или $T_{ок2}^p = (2-1) + \frac{2970,5 - 1570,83}{1570,83} = 1 + 0,89 = 1,89$ года						
3. Неравномерное поступление ожидаемых денежных потоков по годам (при номинальных H_a)						
1	204,40	23	683,22	883,53	883,53	-2086,97
2	204,40	23	526,08	755,00	1638,53	-1331,97
3	204,40	23	405,08	685,11	2323,64	-646,86
4	204,40	23	311,91	634,86	2958,50	-12,00
5	204,40	23	240,17	579,47	3537,97	+567,47
Итого	1022,00	23	2166,46	3537,97	3537,97	+567,47
$T_{ок3}^p = (t^* - 1) + t_{мд}^*$; $T_{ок3}^p = (5-1) + \frac{2970,5 - 2958,5}{579,47} = 4 + 0,02 = 4,02$ года						
4. Неравномерное поступление ожидаемых денежных потоков по годам (при ускоренных H_u)						
1	204,40	46	1366,43	1566,74	1566,74	-1403,76
2	204,40	46	737,87	966,80	2533,54	-436,96
3	204,40	46	398,45	678,48	3212,02	+241,52
Итого	613,20	46	2502,75	3212,02	3212,02	+241,52
$T_{ок4}^p = (t^* - 1) + t_{мд}^*$; $T_{ок4}^p = (3-1) + \frac{2970,5 - 2533,54}{678,48} = 2 + 0,64 = 2,64$ года						

от результатов расчета с использованием моделей М1 значительным количеством вариантных оценок $T_{ок}(m)$, что обусловлено пошаговым повторением расчетов для разных амортизационных отчислений и размеров чистой прибыли.

Модели М3 являются развитием моделей М2. Отличительной особенностью моделей М3 является учет изменения ценности денег во времени, которое учитывается посредством введения коэффициента дисконтирования K_d^c денежного потока, определяемого по схеме сложных процентов на основе номинальной ставки дисконтирования. Последняя устанавливается многовариантно на основе анализа процентных ставок по кредитам с учетом инфляции и рисков. Разработан комплекс компьютерных программ, реализующих методику мультиструктурного моделирования сроков окупаемости инвестиционных проектов [14, 15]. Пример реализации разработанных математических моделей (М1, М2, М3) для одного из инвестиционных проектов, связанных с реконструкцией электросталеплавильного производства, фрагментарно приведен в табл. 2, 3.

Выводы. Представлены основные положения многомодельного подхода к определению ожидаемых сроков окупаемости инвестиционного проекта, который включает вариантные модели инвестиций в проект, альтернативные модели формирования доходов от реализации проекта, многовариантную имитационную модель процесса окупаемости затрат. Представленный подход и его алгоритмическое обеспечение позволяют принимать решения в условиях неопределенности и выполнять интерактивные расчеты сроков окупаемости по фазам жизненного цикла инвестиционного проекта. Выполнен конкретный пример применения многовариантного расчета сроков окупаемости инвестиционного проекта для электросталеплавильного цеха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (официальное издание) / Министерство экономики, Министерство финансов РФ; рук. авт. кол.: Косов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. – М.: Экономика, 2000. – 421 с.
2. Крылов Э.И., Власова В.М., Журавкова И.В. Анализ эффективности инвестиционной и инновационной деятельности предприятия: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 608 с.
3. Лаврухина Н.В. Сравнительный анализ методов оценки экономической эффективности инвестиций // Теория и практика общественного развития. 2014. № 16. С. 82 – 86.
4. Рахлина Е.Р. Обзор методов оценки эффективности инвестиционных проектов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 6 – 1. С. 213 – 220.
5. Сергеева Д.П. Методы оценки эффективности инвестиционных проектов с учетом рекомендаций микроэкономики // Инновационная наука. 2015. № 9 (9). С. 201 – 204.
6. Wahl S., 1983 – Investment appraisal and economic evaluation of mining enterprise. Trans. Tech. Publications, Houston.
7. Kharisova, A.R., Puryaev A.S. (2013). Research on the matters of innovative projects effectiveness valuation. Modern Research of Social Problems, 2013, no. 8, p. 55.
8. Кириллов Ю.В., Назимко Е.Н. Экономико-математический подход к вычислению срока окупаемости инвестиционного проекта // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 45 (300). С. 49 – 54.
9. Наумов А.А. К вопросу о точности оценки дисконтированного срока окупаемости инвестиционного проекта // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2013. № 44 (182). С. 25 – 28.
10. Кылосова В.В. Понятие, виды и методы оценки эффективности инвестиций // Современные тенденции развития науки и технологий. 2015. № 4 – 5. С. 83 – 86.
11. Achim Wambach. Payback criterion, hurdle rates and the gain of waiting. International Review of Financial Analysis, Vol. 9, Issue 3, Autumn 2000, P. 247 – 258
12. Инвестиции: Учебник / С.В. Валдайцев; под ред. В.В. Ковалева, В.В. Иванова, В.А. Лялина. – М.: ТК Велби: Проспект, 2004. – 440 с.
13. Кулаков С.М., Мусатова А.И., Баранов П.П. Многовариантное оценивание ожидаемых сроков окупаемости инвестиционного проекта // Научное обозрение. 2014. № 8 (Ч. 3). С. 1121 – 1133.
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015663033 РФ. Программа ситуационного прог-

Т а б л и ц а 3

Определение срока окупаемости капитальных вложений (динамическим методом)

Table 3. Assessment of payback period of capital investments (dynamic method)

Шаг расчета (год) t_j	Текущие денежные поступления		Коэффициент дисконтирования	Текущие дисконтированные денежные поступления, млн. руб		
	обозначения	значения, млн. руб		ежегодный доход	накопленный доход	экономический эффект $\Delta(t_j)$
1	$\Pi_{p1}^a + A_{y1}$	1566,74	0,87	1363,06	1363,06	–1607,44
2	$\Pi_{p2}^a + A_{y2}$	966,80	0,76	734,77	2097,83	–872,67
3	$\Pi_{p3}^a + A_{y3}$	678,48	0,66	447,80	2545,63	–424,87
4	$\Pi_{p4}^a + A_{y4}$	538,12	0,58	312,11	2857,74	–112,76
5	$\Pi_{p5}^a + A_{y5}$	455,49	0,51	232,30	3090,04	+119,54
Итого	$\Sigma(\Pi_{pj}^a + A_{yj})$	4205,63	0,73	3090,04	3090,04	+119,54

$$T_{ок5}^a = (t^* - 1) + t_{ок}^*; \quad T_{ок5}^a = (5 - 1) + \frac{2970,5 - 2857,74}{232,3} = 4 + 0,48 = 4,48 \text{ года}$$

нозирования экономической эффективности инвестиционных проектов / Кулаков С.М., Мусатова А.И., Баранов П.П., Койнов Р.С.; правообладатель Сибирский государственный индустриальный университет. № 2015660042; заявл. 20.10.2015; зарегистрир. 09.12.2015.

15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015662775 РФ. Программа многовариантного оцени-

вания ожидаемых сроков окупаемости инвестиционного проекта / Кулаков С.М., Мусатова А.И., Баранов П.П., Койнов Р.С.; правообладатель Сибирский государственный индустриальный университет. № 2015619296 заявл. 06.10.2015; зарегистрир. 01.01.2015.

Поступила 24 мая 2016 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2016. Vol. 59. No. 10, pp. 746–752.

MULTISTRUCTURAL SIMULATION OF PAYBACK PERIOD OF PROJECT DECISIONS

S.M. Kulakov, A.I. Musatova, P.P. Baranov, R.S. Koinov

Siberian State Industrial University, Russia, Novokuznetsk

Abstract. The problem of the development of algorithmic supplement for decision-making in the field of investments payback evaluation was formulated and solved based on multi-structured approach. It was proposed to determine the payback of draft according to the forecast variants of its scale, sources and amount of investment. The expected cash flows from the project and the financial condition of the company – the customer's project. Mathematical model of variant payback period of the project, allowing to carry out turn-based simulation of the accumulation of situational revenue to compensate for the cost-projection was developed. Options of payback period estimates are provided to the person performing the selection of the best options in terms of his preferences. An example of multivariate calculation of the payback period concerning the project of steelmaking production reconstruction is given.

Keywords: multivariate forecasting net profit, depreciation, investment, project income, discounting, valuation, payback period.

DOI: 10.17073/0368-0797-2016-10-746-752

REFERENCES

1. Kosov V.V., Livshits V.N., Shakhnazarov A.G. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh projektov (ofitsial'noe izdanie)*. Ministerstvo ekonomiki, Ministerstvo finansov RF [Guidelines on assessment of the efficiency of investment projects (official publication). Ministry of economic affairs, Finance ministry RF]. Moscow: Ekonomika, 2000, 421 p. (In Russ.).
2. Krylov E.I., Vlasova V.M., Zhuravkova I.V. *Analiz effektivnosti investitsionnoi i innovatsionnoi deyatel'nosti predpriyatiya: ucheb. posobie* [Performance analysis of investment and innovative activity of an enterprise: Tutorial]. Moscow: Finansy i statistika, 2003, 608 p. (In Russ.).
3. Lavrukhina N.V. Comparative analysis of assessment methods of economical investment efficiency. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*. 2014, no. 16, pp. 82–86. (In Russ.).
4. Rakhlina E.R. Review of efficiency assessment methods of investment projects. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2015, no. 6–1, pp. 213–220. (In Russ.).
5. Sergeeva D.P. Methods of efficiency assessment of investment projects regarding to the recommendations of microeconomics. *Innovatsionnaya nauka*. 2015, no. 9 (9), pp. 201–204. (In Russ.).
6. Wahl S. *Investment appraisal and economic evaluation of mining enterprise*. Houston: Trans. Tech. Publications, 1983.

7. Kharisova, A.R., Puryaev A.S. Research on the matters of innovative projects effectiveness valuation. *Modern Research of Social Problems*. 2013, no. 8, p. 55.
8. Kirillov Yu.V., Nazimko E.N. Econometric-mathematical approach to the calculation of the payback period of investment project. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*. 2012, no. 45 (300), pp. 49–54. (In Russ.).
9. Naumov A.A. On the issue of closeness in estimation of the capitalized payback period of the investment project. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya*. 2013, no. 44 (182), pp. 25–28. (In Russ.).
10. Kylosova V.V. Notion, types and methods of efficiency assessment of investment expenditures. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii*. 2015, no. 4–5, pp. 83–86. (In Russ.).
11. Achim Wambach. Payback criterion, hurdle rates and the gain of waiting. *International Review of Financial Analysis*. 2000, vol. 9, no. 3, pp. 247 – 258.
12. Valdaitsev S.V. etc. *Investitsii: uchebnik* [Investment expenditures: Text-book] . Kovalev V.V., Ivanov V.V., Lyalin V.A. eds. Moscow: TK Velbi: Prospekt, 2004, 440 p. (In Russ.).
13. Kulakov S.M., Musatova A.I., Baranov P.P. Multivariant assessment of the expected payback periods of the investment project. *Nauchnoe obozrenie*. 2014, no. 8 (Part 3), pp. 1121–1133. (In Russ.).
14. Kulakov S.M., Musatova A.I., Baranov P.P., Koinov R.S. *Programma situatsionnogo prognozirovaniya ekonomicheskoi effektivnosti investitsionnykh projektov* [Program of situational forecasting of the economic efficiency of investment projects]. Certificate of state registration of computer program no. 2015663033, 2015. (In Russ.).
15. Kulakov S.M., Musatova A.I., Baranov P.P., Koinov R.S. *Programma mnogovariantnogo otsenivaniya ozhidaemykh srokov okupaemosti investitsionnogo projekta* [Program of multivariant assessment of the expected payback periods of the investment project]. Certificate of state registration of computer program no. 2015662775, 2015. (In Russ.).

Information about the authors:

S.M. Kulakov, Dr Sci. (Eng.), Professor, Head of the Chair “Automation and Information Systems” (kulakov-ais@mail.ru)

A.I. Musatova, Senior Lecturer of the Chair “Corporate Economics and Personnel Management” (musatova-ai@yandex.ru)

P.P. Baranov, Dr Sci. (Economics), Professor of the Chair “Finance, Accounting and Audit” (bpavel@ngs.ru)

R.S. Koinov, Informatization Leading Specialist (koinov_rs@mail.ru)

Received May 24, 2016

Над номером работали:

Леонтьев Л.И., *главный редактор*

Протопопов Е.В., *заместитель главного редактора*

Ивани Е.А., *заместитель главного редактора*

Олендаренко Н.П., *заместитель ответственного секретаря*

Потапова Е.Ю., *заместитель главного редактора по развитию*

Бащенко Л.П., *ведущий редактор*

Неунывахина Д.Т., *ведущий редактор*

Расенец В.В., *верстка, иллюстрации*

Кузнецов А.А., *системный администратор*

Острогорская Г.Ю., *менеджер по работе с клиентами*

Подписано в печать 19.10.2016. Формат 60×90 ¹/₈. Бум. офсетная № 1.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 10,0. Заказ 5216. Цена свободная.

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСиС.
119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4.
Тел./факс: (499) 236-76-17, 236-76-35