ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 2 2016
Часть 1

ISSN 1812-7339

Журнал издается с 2003 г.

Электронная версия: **http://fundamental-research.ru**

Правила для авторов: **http://fundamental-research.ru/ru/rules/index**

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 33297

Главный редактор
Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

Зам. главного редактора
Бичурин Мирза Имамович, д.ф.-м.н., профессор

Ответственный секретарь редакции
Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.т.н., проф. Бошенятов Б.В. (Москва); д.т.н., проф. Важенин А.Н. (Нижний Новгород); д.т.н., проф. Гилёв А.В. (Красноярск); д.т.н., проф. Гоц А.Н. (Владимир); д.т.н., проф. Грызлов В.С. (Череповец); д.т.н., проф. Захарченко В.Д. (Волгоград); д.т.н. Лубенцов В.Ф. (Ульяновск); д.т.н., проф. Мадера А.Г. (Москва); д.т.н., проф. Пачурин Г.В. (Нижний Новгород); д.т.н., проф. Пен Р.З. (Красноярск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., к.ф.-м.н., проф. Мишин В.М. (Пятигорск); д.э.н., проф. Савон Д.Ю. (Ростов-на-Дону); д.э.н., проф. Макринова Е.И. (Белгород); д.э.н., проф. Роздольская И.В. (Белгород); д.э.н., проф. Коваленко Е.Г. (Саранск); д.э.н., проф. Зарецкий А.Д. (Краснодар); д.э.н., проф. Тяглов С.Г. (Ростов-на-Дону); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.э.н., проф. Серебрякова Т.Ю. (Чебоксары)

Журнал «Фундаментальные исследования» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. **Свидетельство – ПИ № 77-15598.**

Все публикации рецензируются.
Доступ к журналу бесплатен.

Журнал представлен в **Научной электронной библиотеке (НЭБ)** – головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Место в общем рейтинге **SCIENCE INDEX за 2013 год – 207** (из 3009 индексируемых РИНЦ журналов).

Журнал включен в **«Перечень рецензируемых научных изданий»**, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Ответственный секретарь редакции –
Бизенкова Мария Николаевна – +7 (499) 705-72-30
E-mail: **edu@rae.ru**
Почтовый адрес
г. Москва, 105037, а/я 47 АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ,
редакция журнала «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»
Учредитель – МОО «Академия Естествознания»
Издательство и редакция: Издательский Дом «Академия Естествознания»
Типография ИД «Академия Естествознания», г. Саратов, ул. Мамантовой, 5

Подписано в печать 27.01.2016
Формат 60x90 1/8
Технический редактор Кулакова Г.А.
Корректор Галенкина Е.С.
Усл. печ. л. 27,63.
Тираж 1000 экз. Заказ ФИ 2016/2

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

УСТОЙЧИВЫЙ ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ ЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА
Абрегов М.Х., Канчукоев В.З., Машуков И.К. 9

МЕХАНИЗМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ: ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ
Алепко А.В., Яковенко Д.М., Дубовсков В.В. 13

ТЕХНОЛОГИЯ И КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕЛКОМОДУЛЬНЫХ ШЛИЦЕВ И ЗУБЬЕВ
Боярский В.Г., Сихимбаев М.Р., Сихимбаева Д.Р. 18

АППАРАТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НЕЯВНЫЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ
Бутусов Д.Н., Каримов Т.И., Тутуева А.В. 22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СХВАТА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА С ГИБКИМИ ЗВЕНЬЯМИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НА ГРУЗ ВНЕШНЕЙ ВОЗМУЩАЮЩЕЙ СИЛЫ
Валюкевич Ю.А., Алепко А.В., Яковенко Д.М., Дубовсков В.В. 28

ШТАМПОВКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ГОРЯЧИХ ШТАМПАХ
Готлиб Б.М., Сергеев Р.Ф. 33

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КИНЕТИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СУЛЬФАТНО-КАРБОНАТНЫХ РАСПЛАВОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ МОНООКСИДОМ УГЛЕРОДА
Досмухамедов Н.К., Каплан В.А., Жолдасбай Е.Е., Досмухамедов Д.Н. 38

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ УСИЛЕННЫХ ЛЕДОВЫХ ПЕРЕПРАВ
Егоров А.Л., Мерданов Ш.М., Киселев П.В., Понятов А.Г. 43

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ВСПУЧЕННОГО ВЕРМИКУЛИТА ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ
Енджиевская И.Г., Василовская Н.Г., Гофман О.В., Игнатьев Г.В. 48

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОВША ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА ДЛЯ ПОДГРЕБАНИЯ СНЕГА
Закирзаков Г.Г., Конев В.В., Набиуллина Ю.А. 54

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕПЕЙ С ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫМИ ПРИБОРАМИ
Каримов Т.И., Андреев В.С., Бутусов Д.Н. 59

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ДЛЯ ВАКУУМНОЙ МАШИНЫ
Конев В.В., Бородин Д.М., Проботюк В.В., Гордиевских А.В. 65

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЕМБРАННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА
Лобасенко Б.А., Котляров Р.В., Сазонова Е.К. 70

ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ЛЕСТНИЧНЫХ БЛОК-СОПОЛИМЕРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ
Неёлова О.В., Газзаева Р.А., Коблова Л.Б. 76

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ МЕР ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ
В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ
Подскребкин А.Д., Дягилев В.Ф. 81

ПЕНОБЕТОНЫ НА БЫСТРОТВЕРДЕЮЩЕМ ЦЕМЕНТЕ
ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ЯКУТИИ
Рожин В.Н., Местников А.Е. 86

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА В БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ
Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф. 90

СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ
Смирнов Д.П. 94

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ
ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ГЛОБОИДНОГО ЧЕРВЯКА
Сутягин А.В., Малько Л.С., Трифанов И.В. 99

ИССЛЕДОВАНИЕ И СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КАРКАСНО-ЩИТОВЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
Шалагин И.Ю., Куриленко Н.И. 104

Экономические науки (08.00.00)

РАЗРАБОТКА АНТИКРИЗИСНОЙ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ
ПРЕДПРИЯТИЯ: МЕТОДОЛОГИЯ И ПРОБЛЕМЫ
Акчурина А.М., Ягудина А.Р., Васильев А.Ю. 109

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ РФ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРАКТИКИ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ В США
Алиев Б.Х., Султанов Г.С., Магомедов А.М. 115

РАЗВИТИЕ ИНТЕГРАЦИИ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА
И ИНФРАСТРУКТУРЫ В ЕВРАЗИЙСКОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ СОЮЗЕ
Асаул М.А. 120

ОБ ОДНОЙ МОДИФИКАЦИИ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ
ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ
Гаврилова М.О., Новоселова Ю.В., Севодин М.А. 125

ВЛИЯНИЕ НЕУПОРЯДОЧЕННОСТИ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЫ
РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ
Гамберг А.Е. 130

АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА
ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
Грахов В.П., Мохначев С.А., Фролова В.П. 135

НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ
Грибов А.Ф. 140

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТРАКТНЫХ ЦЕН
В СИСТЕМЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАКУПОК
Ильина М.В., Мамаева О.А. 145

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЛАГОСОСТОЯНИЯ В ОЦЕНКЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ
Киселева Л.С. *152*

СУЩЕСТВОВАНИЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМАХ ЛЕОНТЬЕВСКОГО ТИПА С ОГРАНИЧЕНИЯМИ И ОЦЕНКА ЕГО ПАРАМЕТРОВ ПРИ НЕЧЕТКОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ
Козловская Я.И., Петров А.Д., Севодин М.А. *159*

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕРКИ ТОЧНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗЕРВОВ ПРОИЗОШЕДШИХ, НО НЕЗАЯВЛЕННЫХ УБЫТКОВ
Кудрявцев А.А., Сихов М.Б., Сихова Г.М. *163*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ УЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОДСИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИРОВАННЫМ КАПИТАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЙ
Кыштымова Е.А. *169*

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ УБОРКИ ЗЕРНА
Моисеев А.В., Белая Е.М., Цаценко Н.А. *175*

НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СТЕЙКХОЛДЕР-КОМПАНИИ
Морозов В.О., Солодухин К.С., Чен А.Я. *179*

ОПЫТ ООО «ИННОВАЦИОННЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «ИННОТЕХ» В ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИИ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
Никитенко С.М., Никитенко М.С. *184*

СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СЛУЖАЩИХ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ
Пестерева Н.М., Кусаинова А.А., Янина Ю.В. *188*

КЛАСТЕРНО-СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
Плотникова Т.Н., Шибаева Т.А. *193*

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СПРОСА НА РЫБНУЮ ПРОДУКЦИЮ В ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА
Романова Л.В. *197*

О МЕХАНИЗМАХ ПОДДЕРЖКИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ МОДЕРНИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ
Севастьянова И.Г., Докшина М.А. *202*

АНАЛИЗ, СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ СОЦИАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА (НА ПРИМЕРЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ)
Степанова Н.Р. *206*

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ: ТРЕНДЫ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ
Тесленко И.В., Долгих М.Н. *211*

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА ПРИ ПОМОЩИ ОБОБЩЕННОГО КРИТЕРИЯ ГУРВИЦА
Фошин Д.В. *216*

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

SUSTAINABLE NUMERICAL METHODS FOR SOLVING CAUCHY PROBLEM FOR LINEAR SECOND ORDER DIFFERENTIAL EQUATIONS
Abregov M.K., Kanchukoev V.Z., Mashukov I.K. 9

THE MECHANISM OF PARALLEL STRUCTURE: REVIEW OF CURRENT STATUS, THE SCOPE OF THE MANIPULATORS IN THE INDUSTRY AND THE ANALYSIS OF DEVELOPMENT PROSPECTS
Alepko A.V., Yakovenko D.M., Dubovskov V.V. 13

THE TECHNOLOGY AND DESIGN OF TOOLING IN THE MANUFACTURE OF FINE-GRAINED SLOTS AND TEETH
Boyarskiy V.G., Sikhimbaev M.R., Sikhimbaeva D.R. 18

HARDWARE TARGETED IMPLICIT DIFFERENTIAL EQUATIONS SOLVERS
Butusov D.N., Karimov T.I., Tutueva A.V. 22

DEFINING THE PARAMETERS OF MOVEMENT GRIPPER PARALLEL MANIPULATOR WITH FLEXIBLE LINKS UNDER THE INFLUENCE OF THE LOAD ON THE EXTERNAL DISTURBING FORCE
Valyukevich Y.A., Alepko A.V., Yakovenko D.M., Dubovskov V.V. 28

LARGE-SIZED DIE FORGING IN HOT DIES
Gotlib B.M., Sergeev R.F. 33

MATHEMATICAL MODEL OF REDUCTION KINETICS OF SULFATE-CARBONATE MELTS ALKALI METALS CARBON MONOXIDE
Dosmukhamedov N.K., Kaplan V.A., Zholdasbay E.E., Dosmukhamedov D.N. 38

EQUIPMENT FOR THE CONTRUCTION OF REINFORCED ICE CROSSINGS
Egorov A.L., Merdanov S.M., Kiselev P.V., Ponyatov A.G. 43

COMPOSITIONAL MATERIAL BASED ON THE EXPANDED VERMICULITE FOR FIREPROOF COVERINGS
Endzhievskaya I.G., Vasilovskaya N.G., Gofman O.V., Ignatev G.V. 48

MODERNIZATION OF THE FRONT LOADER BUCKET FOR THE SNOW FEEDING
Zakirzakov G.G., Konev V.V., Nabiullina Y.A. 54

COMPUTER SIMULATION OF CIRCUITS WITH VACUUM TUBES
Karimov T.I., Andreev V.S., Butusov D.N. 59

DEVELOPMENT HEAT RECOVERY SYSTEM FOR VACUUM MACHINES
Konev V.V., Borodin D.M., Probotyuk V.V., Gordievskikh A.V. 65

MATHEMATICAL MODELING OF MEMBRANE CONCENTRATION BASED CYBERNETIC APPROACH
Lobasenko B.A., Kotlyarov R.V., Sazonova E.K. 70

PROTECTIVE COATINGS BASED ON SILICONE LADDER BLOCK COPOLYMERS USED IN MICROELECTRONICS
Neelova O.V., Gazzaeva R.A., Koblova L.B. 76

CHOOSING THE BEST ENERGY SAVING MEASURES IN THE SOCIAL SPHERE
Podskrebkin A.D., Dyagilev V.F. 81

FOAM CONCRETES ON EARLY-STRENGTH CEMENT
FROM LOCAL RAW MATERIALS OF YAKUTIA
Rozhin V.N., Mestnikov A.E. *86*

OPTIMIZATION OF THE THERMAL REGIME IN BIOGAS PLANTS
Sadchikov A.V., Kokarev N.F. *90*

METHOD OF MODELING DISTRIBUTED AUTOMATED
PROCESSES AND PRODUCTION
Smirnov D.P. *94*

THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL REGIMES ON THE OUTPUT PARAMETERS
OF THE PROCESS OF ROTATIONAL TURNING OF THE HELICAL SURFACE
GLOBOID WORM
Sutyagin A.V., Malko L.S., Trifanov I.V. *99*

RESEARCH AND WAYS TO IMPROVE FRAME-PANEL FENCCING STRUCTURES
Shalagin I.Y., Kurilenko N.I. *104*

Economic sciences (08.00.00)

DRAFT ANTI-CRISIS INVESTMENT STRATEGY COMPANIES:
METHODOLOGY AND PROBLEMS
Akchurina A.M., Yagudina A.R., Vasilev A.Y. *109*

PROSPECTS OF IMPROVEMENT OF TAX RUSSIAN FEDERATION SYSTEM
WITH USE OF PRACTICE OF THE TAXATION IN THE USA
Aliev B.K., Sultanov G.S., Magomedov A.M. *115*

THE DEVELOPMENT OF INTEGRATION IN THE FIELD OF TRANSPORT
AND INFRASTRUCTURE IN THE EURASIAN ECONOMIC UNION
Asaul M.A. *120*

ABOUT ONE MODIFICATION OF THE PROBLEM OF PLACEMENT
OF THE ENTERPRISES WHEN PLANNING DEVELOPMENT OF BRANCH
Gavrilova M.O., Novoselova Y.V., Sevodin M.A. *125*

INFLUENCE OF THE DISORDER OF PORTFOLIO OF PROJECTS
TO THE RESULTS OF ACTIVITY OF SMALL R&D ENTERPRIZES
OF DIFFERENT INDUSTRY BRANCHES
Gamberg A.E. *130*

ANALYTICAL SYSTEM FOR INTEGRATED ASSESSMENT
OF HUMAN RESOURCE CAPACITY PROJECT ORGANIZATION
Grakhov V.P., Mokhnachev S.A., Frolova V.P. *135*

A NONLINEAR OPTIMIZATION MODEL OF THE OPERATING ACTIVITY
OF THE ENTERPRISE
Gribov A.F. *140*

METHODICAL PROVIDING WITH GENERATING CONTRACT PRICES
IN THE SYSTEM OF BUILDING PROCUREMENT
Ilina M.V., Mamaeva O.A. *145*

PERSPECTIVES OF CONTEMPORARY WELFARE INDICES USE
IN RUSSIA'S SOCIAL-ECONOMIC DEVELOPMENT ASSESSMENT
Kiseleva L.S. *152*

EXISTENCE OF EQUILIBRIUM POSITION IN LEONTIEF TYPE MODELS IN CASE OF LIMITATIONS AND ITS ESTIMATE WITH INITIAL DATA INTERVAL UNCERTAINTY
Kozlovskaya Y.I., Petrov A.D., Sevodin M.A. *159*

FEATURES OF THE ACCURACY OF THE STATISTICAL ESTIMATION FOR THE IBNR RESERVES
Kudryavtsev A.A., Sikhov M.B., Sikhova G.M. *163*

METHODOLOGICAL APPROACHES TO FORMATION OF ACCOUNTING AND ANALYTICAL SUBSYSTEMS FOR MANAGING THE INVESTED CAPITAL OF AN ENTERPRISE
Kyshtymova E.A. *169*

ECONOMIC JUSTIFICATION OF THE PROJECT OF INTRODUCTION OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF CLEANING OF GRAIN
Moiseev A.V., Belaya E.M., Tsatsenko N.A. *175*

FUZZY SET METHODS FOR STRATEGIC STAKEHOLDER ANALYSIS OF COMPANY
Morozov V.O., Solodukhin K.S., Chen A.Y. *179*

THE EXPERIENCE OF INNOTEX IN THE ORGANISATION AND DEVELOPMENT OF THE SMALL INNOVATIVE ENTERPRISES
Nikitenko S.M., Nikitenko M.S. *184*

CURRENT MODELS OF FORMATION PROFESSIONAL COMPETENCE OF PUBLIC SERVANTS IN PRIMORSKY REGION
Pestereva N.M., Kusainova A.A., Yanina Y.V. *188*

CLUSTER AND NETWORK MODEL OF REGIONAL DEVELOPMENT
Plotnikova T.N., Shibaeva T.A. *193*

FEATURES OF THE FORMATION OF DEMAND FOR FISH PRODUCTS IN CERTAIN REGIONS OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT
Romanova L.V. *197*

ABOUT MECHANISMS OF INNOVATION ACTIVITY SUPPORT IN CONDITIONS OF RUSSIAN ECONOMY MODERNIZATION
Sevastyanova I.G., Dokshina M.A. *202*

THE ANALYSIS, STATE AND DEVELOPMENT OF SOCIALLY-ORIENTED PROGRAMS IN THE FIELD OF CONSTRUCTION (ON THE EXAMPLE OF SVERDLOVSK REGION)
Stepanova N.R. *206*

PORTRAIT OF THE ENTRANT OF 2013 (THE GRADUATE OF SCHOOL ARRIVING IN ESTABLISHMENTS OF AN AVERAGE AND HIGHER EDUCATION): RESULTS RESEARCH
Teslenko I.V., Dolgikh M.N. *211*

CHOICE OF THE OPTIMAL INVESTMENT PROJECT ON THE BASIS OF THE GENERALIZED HURWICZ CRITERION
Foshin D.V. *216*

УДК 519.6

УСТОЙЧИВЫЙ ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ ЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Абрегов М.Х., Канчукоев В.З., Машуков И.К.

ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail: bsk@kbsu.ru

Работа посвящена построению устойчивого численного метода решения задачи Коши для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка, которая часто используется при исследовании прикладных задач физики, техники, биологии и других областей науки. Известно, что решение данной задачи может оказаться неустойчивым. В таком случае сложно получить ее решение численно, поскольку ошибки округления и усечения оказывают на результат такое же влияние, как и изменение начальных условий. Предложенный в работе метод основывается на редукции исходной задачи Коши к эквивалентной задаче для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с нелокальным интегральным условием и последующем ее решении конечно-разностным методом. Конечно-разностная схема, аппроксимирующая дифференциальную задачу с нелокальным условием со вторым порядком точности по шагу сетки, сводится к решению двух устойчивых конечно-разностных схем второго порядка с граничными условиями первого рода.

Ключевые слова: задача Коши для обыкновенного линейного дифференциального уравнения второго порядка, устойчивость решения, численный метод решения, априорная оценка

SUSTAINABLE NUMERICAL METHODS FOR SOLVING CAUCHY PROBLEM FOR LINEAR SECOND ORDER DIFFERENTIAL EQUATIONS

Abregov M.K., Kanchukoev V.Z., Mashukov I.K.

Kabardino-Balkaria State University K.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: bsk@kbsu.ru

The work is dedicated to building a sustainable numerical method for solving the Cauchy problem for a linear ordinary differential equation of the second order, which is often used in the study of applied problems of physics, engineering, biology, and other fields of science. It is known that the solution of this problem may be unstable. In this case, it is difficult to obtain a solution numerically, since rounding errors and truncation have on the result of the same effect as changing the initial conditions. The proposed work method is based on reducing the initial problem to an equivalent Cauchy problem for a linear ordinary differential equation of second order with a nonlocal integral condition and its subsequent decision finite-difference method. Finite-difference scheme approximating differential problem with nonlocal condition for a second order of accuracy for grid spacing is reduced to the solution of two stable finite-difference schemes of the second order with boundary conditions of the first kind.

Keywords: cauchy problem for an ordinary linear differential equation of the second order, stability of the solution, a numerical method for the solution, a priori estimate

Рассмотрим задачу Коши для линейного дифференциального уравнения второго порядка

$$\left(k(x)u'\right)' - g(x)u = f(x), \quad 0 < x < l; \quad (1)$$

$$u(0) = 0; \quad k(0)u'(0) = 0. \quad (2)$$

Будем предполагать, что коэффициенты и правая часть уравнения (1) удовлетворяют условиям: $k(x) \in C^3[0, l]$; $g(x), f(x) \in C^2[0, l]$; $c_2 \geq k(x) \geq c_1 > 0$; $0 \leq g(x) \leq \overline{g}$.

Известно [5], что решение задачи (1)–(2) существует и единственно в классе функций $C^4[0, l]$. Однако это решение, как показано в [2], при больших значениях l может оказаться неустойчивым. Это означает, что сколь угодно малые изменения начальных условий могут вызвать сколь угодно большие изменения решения при больших значениях l. В этом случае сложно получить указанное решение численно, так как ошибки округления и усечения оказывают такое же влияние, как и изменение начальных условий, и приводят к тому, что решение становится неограниченным.

Проинтегрировав уравнение (1) по отрезку $[0, l]$ и воспользовавшись начальным условием (2), приходим к эквивалентной задаче

$$\left(k(x)u'\right)' - g(x)u = f(x), \quad x \in (0, l); \quad (3)$$

$$u(0) = 0; \quad (4)$$

$$k(l)u'(l) = \int_0^l g(x)u\,dx + \int_0^l f(x)dx. \quad (5)$$

На равномерной сетке

$$\omega_h = \{x_i = ih, i = 0,1,2,...,N;\ hN = l\}$$

задачу (3)–(5) аппроксимируем конечно-разностной схемой

$$\frac{1}{h}\left[a_{i+1}\frac{y_{i+1}-y_i}{h}-a_i\frac{y_0-y_{i-1}}{h}\right]-d_iy_i=-\varphi_i,$$

$$i=1, 2, ..., N-1;$$

$$y_0=0; \qquad (6)$$

$$a_N\frac{y_N-y_{N-1}}{h}=\sum_{i=1}^{N-1}d_iy_ih+\sum_{i=1}^{N-1}\varphi_ih+\varphi_0\frac{h}{2};$$

где

$$a_i=k\left(x_{i-\frac{1}{2}}\right);\ d_i=g(x_i);\quad \varphi_i=f(x_i). \qquad (7)$$

Нетрудно показать, что разностная схема (6) аппроксимирует дифференциальную задачу (3)–(5) с точностью $0(h^2)$. Используя обозначения [3]

$$\left(ay_{\bar{x}}\right)_x=\frac{1}{h}\left[a_{i+1}\frac{y_{i+1}-y_i}{h}-a_i\frac{y_i-y_{i-1}}{h}\right];$$

$$(u,v)=\sum_{i=1}^{N-1}u_i\cdot v_i\cdot h;\quad y_{\bar{x},i}=\frac{y_i-y_{i-1}}{h};$$

$$(u,v]=\sum_{i=1}^{N}u_iv_ih,$$

перепишем задачу (6) в форме

$$\left(ay_{\bar{x}}\right)_x-dy=\varphi; \qquad (8)$$

$$y_0=0;\quad a_Ny_{\bar{x},N}=(d,y)+(\varphi,1)+\frac{h}{2}\cdot\varphi_0. \qquad (9)$$

Нетрудно показать единственность решения задачи (8), (9). Действительно, если $\bar{y}$ и $\bar{\bar{y}}$ – два решения задачи (8), (9), то, очевидно, разность $v=\bar{y}-\bar{\bar{y}}$ будет решением задачи

$$\left(av_{\bar{x}}\right)_x-dv=0,\quad i=1, 2, ..., N-1, \qquad (10)$$

$$v_0=0;\quad a_nv_{\bar{x},N}=(d,v). \qquad (11)$$

Суммируя (10) по i от 1 до $N-1$, приходим к равенству

$$a_nv_{\bar{x},N}-a_1v_{\bar{x},1}=(d,v),$$

из которого следует, с учетом условия (22), что $a_1v_{\bar{x},1}=0$.

Таким образом, сеточная функция v будет решением конечно-разностной задачи Коши

$$\left(av_{\bar{x}}\right)_x-dv=0;\quad v_0=0;\quad a_1v_{\bar{x},1}=0,$$

из которой следует, что $v_i=0$, $i=0, 1, ..., N$, что означает единственность решения задачи (8), (9).

Будем искать решение задачи (8), (9) в виде

$$y_i=P_i+y_NQ_i,\quad i=0, 1, ..., N, \qquad (12)$$

где P_i и Q_i – сеточные функции, определенные на сетке ω_h, как решения разностных задач:

$$\left(aP_{\bar{x}}\right)_x-dP=\varphi;\quad P_0=0;\ P_N=0; \qquad (13)$$

$$\left(aQ_{\bar{x}}\right)_x-dQ=0;\quad Q_0=0;\ Q_N=1, \qquad (14)$$

где коэффициенты a, d и правая часть φ определены по формулам (7). Как известно [3], задачи (13) и (14) однозначно разрешимы в силу условий на a, d.

Для решения задачи (13) имеет место априорная оценка [4]

$$\|P\|_{C(\omega_h)}\le\frac{l^2}{c_1}\|\varphi\|_{C(\omega_h)}, \qquad (15)$$

а для решения задачи (14) имеет место равномерная оценка

$$\|Q\|_{C(\omega_h)}\le 1. \qquad (16)$$

Непосредственной подстановкой можно убедиться, что функция y, определенная по формуле (12), удовлетворяет уравнению (8) и начальному условию $y_0=0$. Подставив (12) в нелокальное условие (9), приходим к равенству

$$a_NP_{\bar{x},N}+y_Na_NQ_{\bar{x},N}=$$

$$=(d,P)+y_N(d,Q)+(\varphi,1)+0,5h\varphi_0,$$

откуда выражаем y_N:

$$y_N=\frac{-a_NP_{\bar{x},N}+(d,P)+(\varphi,1)+0,5h\varphi_0}{a_NQ_{\bar{x},N}-(d,Q)}. \qquad (17)$$

Покажем ограниченность y_N. Преобразуем правую часть (17). Суммируя уравнение (13) по i от 1 до $N-1$, приходим к равенству

$$-a_NP_{\bar{y},N}+(d,P)+(\varphi,1)=-a_1P_{\bar{x},1}. \qquad (18)$$

Суммируя уравнение (14) по i от 1 до $N-1$, получаем

$$a_1Q_{\bar{x},1}=a_NQ_{\bar{x},N}-(d,Q). \qquad (19)$$

С учетом (18) и (19) выражение (17) для y_N принимает вид

$$y_N=\frac{-a_1P_{\bar{x},1}+0,5h\varphi_0}{a_1Q_{\bar{x},1}}. \qquad (20)$$

Оценим снизу $a_1Q_{\bar{x},1}$. Это число не может быть отрицательным, что противоречило бы принципу максимума [3] первой краевой задачи для уравнения (14). Также $Q_{\bar{x},1}\ne 0$, это противоречит условию $Q_N=1$. Следовательно, $Q_{\bar{x},1}>0$.

Пусть r_i – сеточная функция, определенная на ω_h, и является решением разностной задачи

$$\left(c_1 r_{\bar{x}}\right)_x - \bar{g} r = 0; \quad r_0 = 1; \quad r_N = 0. \quad (21)$$

Умножим уравнение (21) скалярно на Q, а уравнение (14) скалярно на r и вычтем почленно одно из другого. Применяя разностную формулу интегрирования по частям [3] и учитывая краевые условия (14), (21), приходим к равенству

$$-\left(aQ_{\bar{x}}, r_{\bar{x}}\right] - a_1 Q_{\bar{x},1} + \left(c_1 r_{\bar{x}}, Q_{\bar{x}}\right] -$$

$$- c_1 r_{\bar{x},N} - \left(dQ, r\right) + \left(\bar{g} r, Q\right) = 0,$$

откуда находим

$$a_1 Q_{\bar{x},1} = -c_1 r_{\bar{x},N} + \\ + \left(\left(c_1 - a\right) Q_{\bar{x}}, r_{\bar{x}}\right] + \left(\left(\bar{g} - d\right) Q, r\right). \quad (22)$$

Нетрудно показать, что для всех $i = 1, 2, \ldots, N$ выполняются неравенства

$$Q_{\bar{x}} \geq 0, \; r_{\bar{x}} < 0, \; Q \geq 0, \; r \geq 0.$$

С учетом этих оценок из (22) получаем

$$a_1 Q_{\bar{x},1} \geq -c_1 r_{\bar{x},N}. \quad (23)$$

Оценим снизу выражение $-c_1 r_{\bar{x},N}$. Используя точное решение задачи (21), находим, что

$$-c_1 r_{\bar{x},N} = \alpha(h),$$

где
$$\alpha(h) = \frac{2c_1\sqrt{\frac{\bar{g}}{c_1}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\bar{g}}{4c_1}h^2}}{\left(1 + \frac{\bar{g}}{2c_1}h^2 + \sqrt{\frac{\bar{g}}{c_1}} \cdot h\sqrt{1 + \frac{\bar{g}}{4c_1}h^2}\right)^{\frac{l}{h}} - \left(1 + \frac{\bar{g}}{2c_1}h^2 - \sqrt{\frac{\bar{g}}{c_1}} \cdot h\sqrt{1 + \frac{\bar{g}}{4c_1}h^2}\right)^{\frac{l}{h}}}.$$

Положив

$$\alpha(0) = \lim_{h \to 0+} \alpha(h) = c_1\sqrt{\frac{\bar{g}}{c_1}} sh\left(\sqrt{\frac{\bar{g}}{c_1}}\right),$$

на отрезке $\left[0, \frac{l}{2}\right]$ получим непрерывную, возрастающую по h функцию. Следовательно, для любого $h \in \left(0, \frac{l}{2}\right]$ имеет место неравенство $-c_1 r_{\bar{x},N} > \alpha(0)$. Таким образом, $a_1 Q_{\bar{x},1} \geq a(0)$, откуда следует, что

$$\frac{1}{a_1 Q_{\bar{x},1}} \leq \frac{1}{\sqrt{c_1}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\bar{g}}} \cdot sh\left(\sqrt{\frac{\bar{g}}{c_1}}\right). \quad (24)$$

Теперь оценим сверху модуль выражения $a_1 P_{\bar{x},1}$. Умножая скалярно разностное уравнение (13) на сеточную функцию $v_i = 1 - \frac{x_i}{l}$, определенную на ω_h, получим

$$\left(v, \left(aP_{\bar{x}}\right)_x\right) - \left(dP, v\right) = -\left(\varphi, v\right). \quad (25)$$

Применяя разностную формулу интегрирования по частям [4] в (25) и учитывая краевые условия (13) и равенства $v_{\bar{x}} = -\frac{1}{l}$; $v_N = 0$, $v_0 = 1$, получаем

$$a_1 P_{\bar{x},1} = \frac{1}{l}\left(aP_{\bar{x},1}\right) - (dP, \nu) + (\varphi, \nu). \quad (26)$$

Применяя неравенство Коши – Буняковского [1, 3], оценим по модулю слагаемые в правой части (26):

а)
$$\left|\frac{1}{l}\left(aP_{\bar{x}}, 1\right]\right| \leq \frac{c_2}{l}\left(\sum_{i=1}^{N} P_{\bar{x},i}^2 h\right)^{\frac{1}{2}}\left(\sum_{i=1}^{N} h\right)^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \frac{c_2}{l} \cdot \sqrt{l} \cdot \left\|P_{\bar{x}}\right]\right\| \leq \frac{c_2}{l} \cdot \sqrt{l} \cdot \frac{l\sqrt{l}}{c_1}\|\varphi\|_{C(\omega_h)} = \frac{c_2}{c_1} \cdot l \cdot \|\varphi\|_{C(\omega_h)};$$

б) $\left|\left(dP,1-\frac{x}{l}\right)\right|=\left|\sum_{i=1}^{N}d_iP_i\left(1-\frac{x_i}{l}\right)h\right|\le\overline{g}\cdot\|P\|_{C(\omega_h)}\cdot\frac{l}{3}\le$

$$\le\overline{g}\cdot\frac{l}{3}\cdot\frac{l^2}{c_1}\cdot\|\varphi\|_{C(\omega_h)}=\overline{g}\cdot\frac{1}{c_1}\cdot\frac{l^3}{3}\cdot\|\varphi\|_{C(\omega_h)};$$

в) $\left|\left(\varphi,1-\frac{x}{l}\right)\right|=\left|\sum_{i=1}^{N-1}\varphi_i\left(1-\frac{x_i}{l}\right)h\right|\le\frac{l}{2}\|\varphi\|_{C(\omega_h)}$.

С учетом полученных оценок и неравенства $\left|\frac{h}{2}\varphi_0\right|\le\frac{l}{2}\|\varphi\|_{C(\omega_h)}$, из (26) находим

$$\left|a_1\mathrm{P}_{\overline{x},1}+0,5h\varphi_0\right|\le\left|a_1\mathrm{P}_{\overline{x},1}\right|+\frac{l}{2}\|\varphi\|_{C(\omega_h)}\le l\left(1+\frac{c_2}{c_1}+\frac{\overline{g}}{c_1}\frac{l^2}{3}\right)\|\varphi\|_{C(\omega_h)}. \quad (27)$$

Из (24) и (27) получаем оценку

$$\left|y_N\right|\le l\left(1+\frac{c_2}{c_1}+\frac{\overline{g}}{c_1}\frac{l^2}{3}\right)\cdot\frac{1}{\sqrt{c_1}}\cdot\frac{1}{\sqrt{\overline{g}}}\cdot sh\left(\sqrt{\frac{\overline{g}}{c_1}}\right)\cdot\|\varphi\|_{C(\omega_h)}. \quad (28)$$

Из (12), используя оценки (15), (16) и (28), получаем равномерную оценку решения конечно-разностной схемы (8), (9),

$$\|y\|_{C(\omega_h)}\le M\cdot\|\varphi\|_{C(\omega_h)}, \quad (29)$$

где
$$M=\frac{l^2}{c_1}+l\left(1+\frac{c_2}{c_1}+\frac{\overline{g}}{c_1}\frac{l^2}{3}\right)\cdot\frac{1}{\sqrt{c_1}}\cdot\frac{1}{\sqrt{\overline{g}}}\cdot sh\left(\sqrt{\frac{\overline{g}}{c_1}}\right)\cdot\|\varphi\|_{C(\omega_h)}.$$

Из оценки (29) следует устойчивость конечно-разностной схемы (8), (9). Алгоритм решения задачи (8), (9) заключается в решении задач (13) и (14) методом прогонки [3], вычислении y_N по формуле (20) и подстановке их в формулу (12). В силу условий на коэффициенты в задачах (13) и (14) метод прогонки при их решении будет устойчивым, погрешность в исходных данных не будет возрастать.

Изложенный выше метод можно использовать для нахождения решения задачи (1), (2) с более высоким порядком точности по шагу h.

Список литературы

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М.. Численные методы. – М.: Наука, 1987.

2. Ортега Дж., Пул У.. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 1986.

3. Самарский А.А.. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1989.

4. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. – М.: Наука, 1989.

5. Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1956.

References

1. Bahvalov N.S., Zhidkov N.P., Kobelkov G.M.. Chislennye metody. M.: Nauka, 1987.

2. Ortega Dzh., Pul U.. Vvedenie v chislennye metody reshenija differencial'nyh uravnenij. M.: Nauka, 1986.

3. Samarskij A.A.. Teorija raznostnyh shem. M.: Nauka, 1989.

4. Samarskij A.A., Gulin A.V. Chislennye metody. M.: Nauka, 1989.

5. Stepanov V.V. Kurs differencialnyh uravnenij. M.: Gosudarstvennoe izdatelstvo tehniko-teoreticheskoj literatury, 1956.

УДК 621.865

МЕХАНИЗМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ: ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ

Алепко А.В., Яковенко Д.М., Дубовсков В.В.

ФГБОУ ВПО «Институт сферы обслуживания и предпринимательства» (филиал), Донской государственный технический университет, Шахты, e-mail: mail@sssu.ru

В работе рассматриваются механизмы параллельной структуры. Механизмов данного класса существует огромное количество, и с каждым годом их применение в различных приложениях увеличивается. В данном обзоре демонстрируются наиболее значимые работы. Представлена роботизированная система FLOAT, разработанная в качестве лечебного устройства для выполнения различных терапевтических упражнений. Данные механизмы используются не только в медицине, но и в промышленности, например для перемещения различного груза или его ориентации в пространстве. Приведена классификация параллельных манипуляторов с гибкими звеньями. В заключение рассмотрены перспективы развития данного класса оборудования, которые будут определяться расширением спектра решаемых задач, в первую очередь в направлении автоматизации операций, обладающих способностью к автономному решению как можно большего числа задач.

Ключевые слова: манипулятор, тросовый, гибкие связи, параллельный манипулятор, перемещение груза

THE MECHANISM OF PARALLEL STRUCTURE: REVIEW OF CURRENT STATUS, THE SCOPE OF THE MANIPULATORS IN THE INDUSTRY AND THE ANALYSIS OF DEVELOPMENT PROSPECTS

Alepko A.V., Yakovenko D.M., Dubovskov V.V.

Institute of the Service Sector and Entrepreneurship (branch), Don State Technical University, Shakhty, e-mail: mail@sssu.ru

The work deals with mechanisms of parallel structure. The mechanism of this class, there is a huge number, and every year their use in various applications is increasing. This overview shows the most significant works. Presented FLOAT robotic system developed as a medical device for various therapeutic exercises. These mechanisms are not only used in medicine, but also in industry, for example, to move the various cargo or its orientation in space. Classification of parallel manipulators with flexible links. In conclusion, the prospects of development of this class of equipment, which will be determined by spreading tasks, primarily in the direction of automation of operations with the ability for autonomous decision of the greatest possible number of problems.

Keywords: manipulator, rope, flexible communication, parallel manipulator, the movement

Целью данной работы является представление концепций и рассмотрение передового опыта в области машиностроения, а также демонстрация образцов значительных работ в этой области.

В настоящее время существует большое разнообразие параллельных механизмов [1, 3]. В зависимости от архитектуры они могут быть разделены на группы, которые отличаются по типу связи между неподвижной базовой платформой и рабочим органом. Особый интерес представляют манипуляторы с гибкими звеньями, которые обладают такими полезными качествами, как большое рабочее пространство, большая перемещаемая масса, быстрое развертывание, низкое взаимодействие с пользователем, что может быть полезно для тактильных устройств. Рабочий орган приводится в действие набором гибких звеньев, роль которых могут выполнять тросы. К тому же данный класс оборудования иногда называется тросовым параллельным манипулятором.

Несмотря на их многочисленные преимущества, есть несколько проблем, связанных с гибкими звеньями манипуляторов. Гибкие звенья манипуляторов способны только тянуть, но не могут толкать. Поэтому рабочий орган должен поддерживаться всеми звеньями одновременно, не допуская их провисания. В результате моделирование и методы анализа, которые были разработаны для обычных манипуляторов с жесткими связями, не могут быть непосредственно применены к данному типу механизмов. Однако количество возможных применений параллельных манипуляторов с гибкими звеньями с каждым годом увеличивается.

Классификация параллельных манипуляторов с гибкими звеньями

Классификацию параллельных механизмов можно получить, рассматривая количество степеней свободы рабочего органа n и числа гибких звеньев m [2].

● Если $m < n + 1$, то манипулятор называется ограниченным, а движение рабочего органа не может полностью контролироваться (рис. 1, а).

● Если $m = n + 1$, то манипулятор называется вполне ограниченным. Движения рабочего органа могут полностью контролироваться с этим минимальным количеством звеньев (рис. 1, б, в, г).

● Если $m > n + 1$, то число кабелей превышает число степеней свободы, и манипулятор, как говорят, с избыточными ограничениями (рис. 1, д, е).

Для избыточных тросовых параллельных механизмов движение рабочего органа может полностью контролироваться. Избыточность также может быть использована для создания отказоустойчивых систем.

Из-за многочисленных положительных качеств манипуляторы с гибкими звеньями используются повсюду, начиная медицины и заканчивая военной промышленностью. Манипуляторы используются в таких областях, как строительство, моделирование транспортных средств, спасательные операции, погрузо-разгрузочные операции, радиотелескопы, реабилитация. Далее рассмотрим краткое описание наиболее важных работ.

Одним из первых созданных тросовых параллельных манипуляторов был NIST Robocrane (рис. 2). Он был разработан Джеймсом С. Альбусом и его командой из Национального института стандартов и технологий. Манипулятор использует перевернутую платформу Стюарта, мобильная платформа с 6 ногами, где каждая из шести ножек была заменена на трос [5]. NIST RoboCrane имеет возможность поднимать и точно манипулировать тяжелые грузы на большие расстояния, во всех шести степенях свободы. Лабораторные испытания RoboCrane продемонстрировали способность управлять такими инструментами, как пилы, шлифовальные машины и сварочные горелки, и точно позиционировать тяжелые предметы, такие как стальные балки и чугунные трубы.

В 2003 году американским изобретателем Джеймсом Томпсоном из Рошароне (штат Техас) и Рональдом Густавом Пресвудом из Хьюстона (штат Техас) было предложено несколько схем параллельных манипуляторов с гибкими звеньями [6] (одна из которых представлена на рис. 3), предназначенных для перемещения грузов.

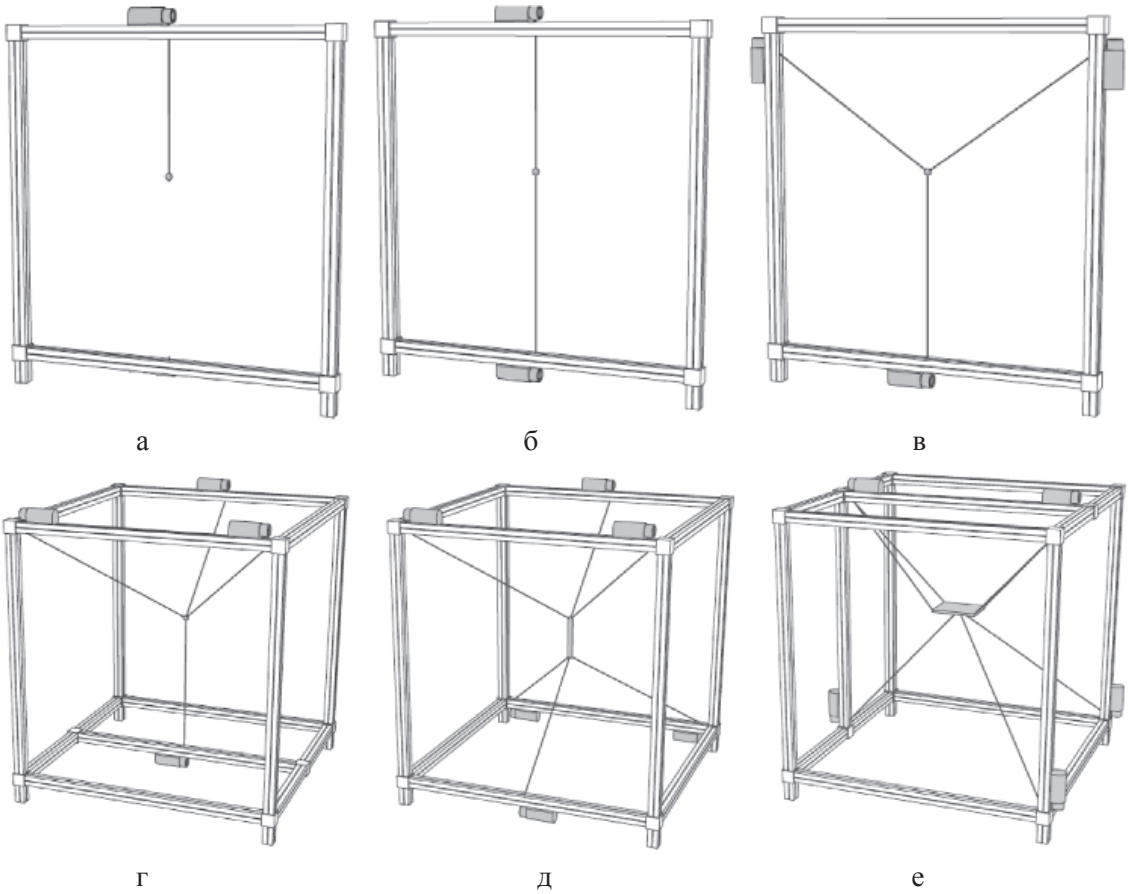


Рис. 1. Классификация параллельных манипуляторов

Рис. 2. NIST Robocrane

Как видно из рис. 3, манипулятор состоит из четырех вертикальных колонн 1, возле основания каждой из которых размещены барабаны 4, предназначенные для намотки (или смотки) одних концов гибких звеньев 2. Другие концы гибких звеньев 2, проходящие через удерживающие элементы 5, соединяются со схватом 3. Направление вращения, а также скорость вращения барабанов 4 задается блоком управления 6. Таким образом, меняя длины гибких звеньев 2 путем их намотки (смотки) на барабаны 4 возможно изменять положение схвата 3 в пространстве рабочей зоны параллельного манипулятора, которая ограничена вертикальными колонами 1 [4].

В работе [7] предложена концепция параллельного манипулятора FLOAT, схематично представленного на рис. 4. Как видно из рис. 4, кинематика данного манипулятора схожа с вышерассмотренной кинематикой параллельного манипулятора на основе гибких звеньев. Данная роботизированная система FLOAT разрабатывалась в качестве лечебного устройства для выполнения различных терапевтических упражнений. FLOAT позволяет не только поддерживать вес пользователя во время произвольных движений, но она также может помочь инициировать движение и отслеживать траекторию центра масс.

На рис. 5 представлен манипулятор, разработанный для реабилитации плечевого и локтевого движения. Развитие этого роботизированного устройства оправдывается большим количеством людей с проблемами плеча. Эти проблемы обусловлены инсультом, полиомиелитом, артритом. Устройство может применяться в физиотерапии. Разработанный на основе параллельной структуры манипулятор образован четырьмя кабелями, которые соединяют стационарную платформу и мобильную платформу, что позволяет реализовать основные движения плеча. Таким образом, эта структура имеет необходимые требования, которые должны применяться в клиниках физической терапии, больницы и дома, облегчая и оптимизируя работу физиотерапевта, а также предоставляя информацию об эволюции пациента.

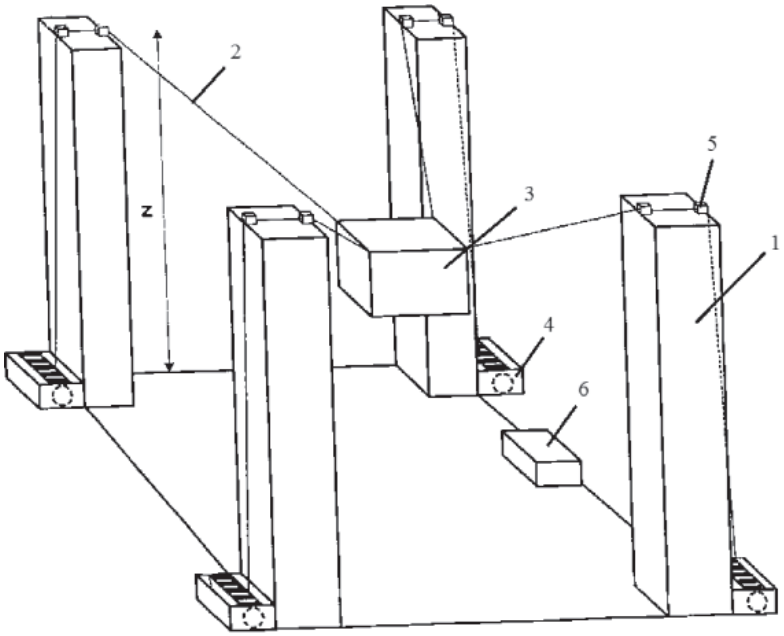


Рис. 3. Параллельный манипулятор с гибкими звеньями

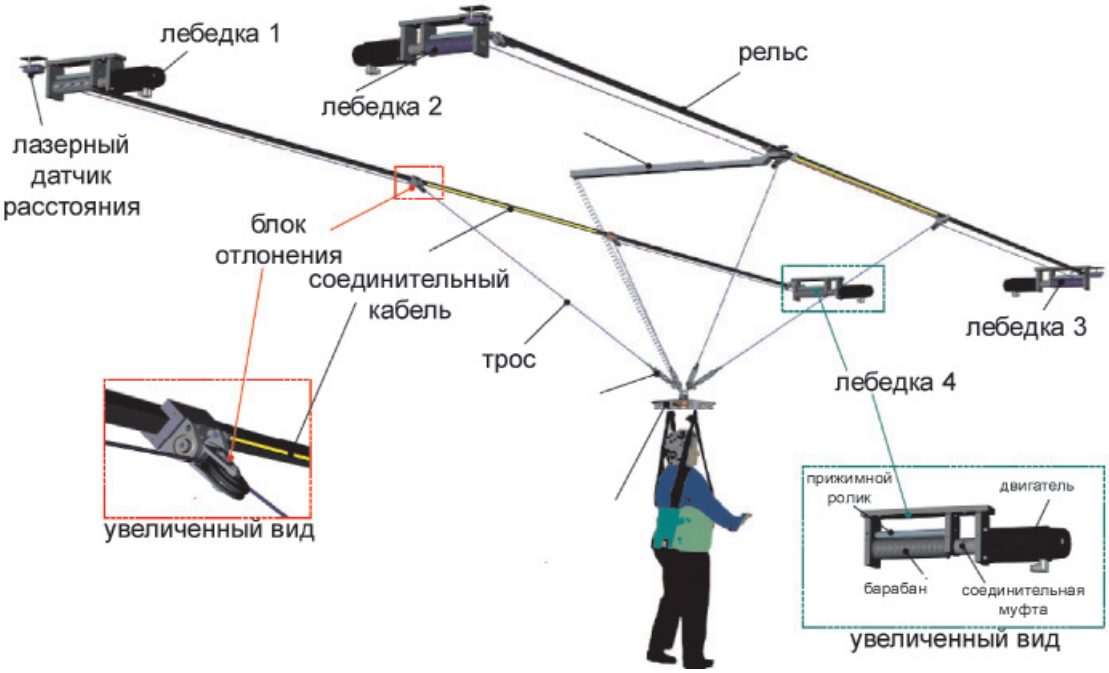


Рис. 4. Концепция системы подготовки FLOAT

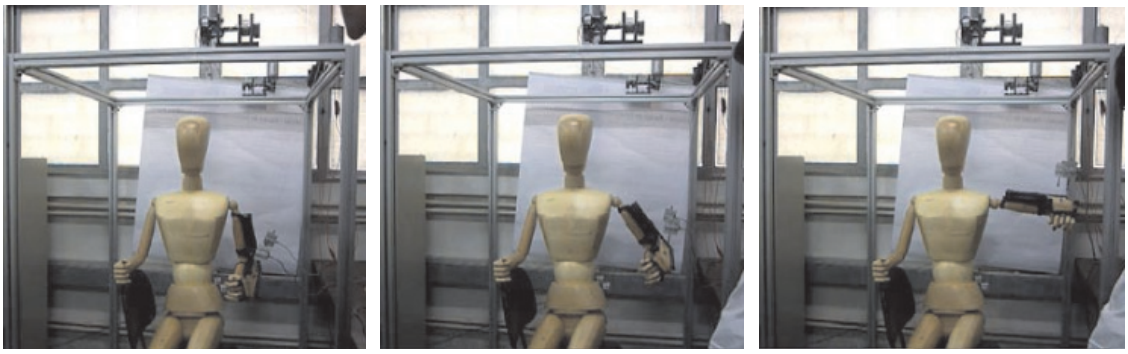


Рис. 5. Экспериментальная последовательность движения

Таким образом, учитывая тенденцию развития, весьма перспективным представляется развитие данного класса оборудования в первую очередь в направлении повышения степени автоматизации при выполнении сложных трудоемких операций механической обработки, сборки, сварки, погрузо-разгрузочных работ, а также упрощение взаимодействия с пользователем для тактильных устройств.

Вывод

Большой интерес исследователей к манипуляторам с гибкими звеньями в последние несколько десятилетий подтверждает их эффективность и целесообразность дальнейшего их развития.

Перспективы развития данного класса оборудования будут определяться расширением спектра решаемых задач, в первую очередь в направлении автоматизации операций, обладающих способностью к автономному решению как можно большего числа задач.

Ввиду многообразия возлагаемых на разрабатываемые роботехнические системы задач, сочетающих в себе значительную зону обслуживания и большие массогабаритные показатели перемещаемого груза, определяется целесообразность воплощения в перспективе различных конструктивных решений.

Работа выполнена в рамках гранта (проекта) РФФИ 14-08-31484.

Список литературы

1. Валюкевич Ю.А., Алепко А.В. Планирование траектории перемещения манипулятора с подвесом схвата на гибких звеньях (часть 1) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки». – Новочеркасск, 2011. – № 6 (159).

2. Притыкин Ф.Н. Обобщенный метод исследования мобильности плоских механизмов манипуляторов // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 1. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3095.

3. Ступин В.Е. Тенденции интеграции радиотехнических и мехатронных средств // Инженерный вестник Дона. – 2007. – № 1. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2007/39.

4. Толстунов О.Г., Валюкевич Ю.А. Исследование и анализ характеристик параллельных манипуляторов с гибкими связями // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4; URL: www.science-education.ru/104-6868.

5. Albus J.S., Bostelman R.V., Dagalakis N. Journal of Robotics System: the Nist Robocrane // Ref. Libr. – 1992. – Vol. 10. – № 5. – P. 709–724.

6. Clark Thompson, Ronald Presswood, «Cable controlled crane, methods for making and using same» US Patent № 20030168647 A1 (3 Feb 2003).

7. Vallery H., Lutz P. and Curt A. Journal Mechanisms and Machine Science: Multidirectional Transparent Support for Overground Gait Training // Ref. Libr. – 2013. – Vol. 12. – P. 87–102.

References

1. Valjukevich Ju.A., Alepko A.V. Planirovanie traektorii peremeshhenija manipuljatora s podvesom shvata na gibkih zvenjah (chast 1) // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Tehnicheskie nauki». Novocherkassk, 2011. no. 6 (159).

2. Pritykin F.N. Obobshhennyj metod issledovanija mobilnosti ploskih mehanizmov manipuljatorov // Inzhenernyj vestnik Dona. 2015. no. 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3095.

3. Stupin V.E. Tendencii integracii radiotehnicheskih i mehatronnyh sredstv // Inzhenernyj vestnik Dona. 2007. no. 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2007/39.

4. Tolstunov O.G., Valjukevich Ju.A. Issledovanie i analiz harakteristik parallelnyh manipuljatorov s gibkimi svjazjami // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2012. no. 4; URL: www.science-education.ru/104-6868.

5. Albus J.S., Bostelman R.V., Dagalakis N. Journal of Robotics System: the Nist Robocrane // Ref. Libr. 1992. Vol. 10. no. 5. pp. 709–724.

6. Clark Thompson, Ronald Presswood, «Cable controlled crane, methods for making and using same» US Patent no. 20030168647 A1 (3 Feb 2003).

7. Vallery H., Lutz P. and Curt A. Journal Mechanisms and Machine Science: Multidirectional Transparent Support for Overground Gait Training // Ref. Libr. 2013. Vol. 12. pp. 87–102.

УДК 621.9.02

ТЕХНОЛОГИЯ И КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕЛКОМОДУЛЬНЫХ ШЛИЦЕВ И ЗУБЬЕВ

[1]Боярский В.Г., [2]Сихимбаев М.Р., [2]Сихимбаева Д.Р.

[1]Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: bojar45@yandex.com;

[2]Карагандинский экономический университет, Караганда, e-mail: smurat@yandex.ru, sdinara2007@yandex.ru

В статье рассматриваются альтернативные методы изготовления мелкомодульных шлицев и зубьев шестерен и зубчатых колес взамен их получения снятием стружки. Несмотря на достижения в совершенствовании механической обработки зубчатых деталей, процессы их обработки резанием имеют ряд существенных недостатков: производительность труда остается невысокой, а коэффициент использования металла низким, так как значительная часть металла превращается в стружку. Замена процессов резания при обработке зубчатых деталей процессами пластической деформации в холодном состоянии является прогрессивным методом обработки в технологии машиностроения. Рассматриваются два основных метода получения шлицев и зубьев – метод штамповки и метод накатывания и конструкции технологической оснастки, используемые для их реализации.

Ключевые слова: шлицы, модуль, пластическая деформация, технологическая оснастка, накатывание, накатная головка, профиль зуба, штамп, пуансон, матрица, кинематика, центр, зубофрезерование

THE TECHNOLOGY AND DESIGN OF TOOLING IN THE MANUFACTURE OF FINE-GRAINED SLOTS AND TEETH

[1]Boyarskiy V.G., [2]Sikhimbaev M.R., [2]Sikhimbaeva D.R.

[1]Karaganda State Technical University, Karaganda, e-mail: bojar45@yandex.com;

[2]Karaganda Economic University, e-mail: smurat@yandex.ru, sdinara2007@yandex.ru

The article discusses alternative methods for manufacturing fine-grained slots and gear teeth and gear in return for their obtaining a removal of chips. Despite the achievements in improving machining gear parts, the processes of their machining process have a number of disadvantages: labour productivity remains low, and the utilization rate of metal is low, since a significant portion of the metal turns into swarf. Replacement of cutting processes in the processing of gear parts by plastic deformation in a cold state are progressive processing techniques in engineering technology. Discusses two primary methods for obtaining slots and of the teeth – method of stamping and a method of rolling and construction of production tools used to implement them.

Keywords: splines, modulus, plastic deformation, tooling, rolling, rolling head, the profile of the tooth, stamp, punch, matrix, kinematics, center, gear milling

Зубчатые передачи и шлицевые соединения получили широкое распространение благодаря своей универсальности, высокому КПД, возможности применения в широком диапазоне скоростей и мощностей, компактности и надежности. В то же время предъявляются высокие требования к качеству рабочих поверхностей зубчатых колес и шлицевых соединений. Для их обработки требуется высокая квалификация и специальная подготовка операторов. Обработка зубьев и шлицев является одним из самых сложных видов механической обработки, выполняемых на специализированных станках с применением дорогостоящего специального инструмента.

Важнейшими задачами при разработке технологии изготовления зубчатых колес являются: выбор рациональных методов обработки и конструкций инструментов, обеспечивающих экономию металла, повышение качества, производительности и стабильности процесса, снижение себестоимости и трудоемкости обработки. Решение этих сложных взаимосвязанных задач невозможно без глубокого анализа существующих и создания новых перспективных методов обработки и конструкций инструмента [1, 2].

Изготовление шлицев и зубьев обычно производится методом снятия стружки. Несмотря на достижения в совершенствовании механической обработки зубчатых деталей, процессы их обработки резанием имеют ряд существенных недостатков: производительность труда остается невысокой, а коэффициент использования металла низким, так как значительная часть металла превращается в стружку. Замена процессов резания при обработке шлицев и зубьев шестерен и колес процессами пластической деформации является одним из путей прогрессивной технологии.

Предложенные ранее схемы получения зубьев и шлицев методом пластической деформации были принципиально верны. Эти схемы были положены в основу современной технологии изготовления зубьев и шлицев пластическим деформированием, что дало возможность разработать многие технические решения, позволяющие этим методом получать зубья высокой точности.

В настоящее время накоплен значительный опыт в разработке и исследовании технологии получения зубьев пластическим деформированием, изучена и осмыслена физическая сущность этого процесса.

Процесс деформирования зубьев и шлицев ранее рассматривался как кинематический – подобно процессу нарезания зубчатых колес, не учитывались особенности пластической деформации при конструировании технологической оснастки и инструмента, что являлось ошибкой в исследованиях прошлых лет. Достижение высокого качества профилей зуба и шлицев не представлялось возможным ввиду отсутствия необходимого оборудования, обладающего достаточной мощностью и жесткостью.

Рассмотрены два метода технологии получения шлицев и зубьев методом пластической деформации и технологической оснастки для их реализации, имеющие практическое применение [3, 4].

Разработана конструкция специального штампа для получения конических шлицев методом пластической деформации, в холодном состоянии, который устанавливается на гидравлическом прессе усилием 400 Тс.

Заготовка вводится в отверстие корпуса 1 и устанавливается на нижний центр 2. С помощью пневмопривода заготовка переключением пневмокрана центр направляет заготовку в верхнее положение до упора 3. В этом положении деталь центрируется верхним 4 и нижним 2 центрами.

В центрах деталь устанавливается так, чтобы ось заготовки совпадала с осью симметрии кулачков. При выполнении этого условия сумма радиальных и тангенциальных сил, действующих на деталь во время выдавливания шлицев, равна нулю, и поэтому на заготовке не будут возникать силы, ее изгибающие.

К верхнему ползуну пресса прикреплен обжимающий корпус 5. При перемещении вниз корпус 5 конической поверхностью преобразует осевое усилие ползуна пресса в радиальное усилие пуансонов 6. Рабочая часть пуансонов имеет форму впадины шлицев. В процессе деформирования металл, вытесняемый пуансоном, идет на удлинение заготовки. Небольшая часть вытесняется вверх, основной же объем металла – вниз, и заготовка удлиняется в этом направлении до 5 мм. Поэтому в штампе верхний и нижний центр сделаны плавающими. Ограничителем хода корпуса 5 служит жесткий упор 7.

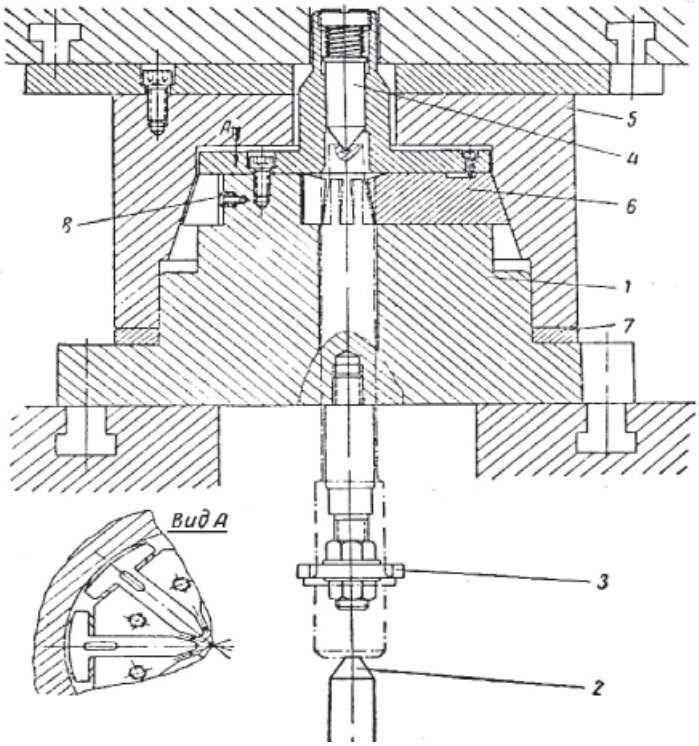


Рис. 1. Штамп для получения шлицев

Подгонкой упора по высоте получают шлицы соответствующей глубины и ширины.

При движении ползуна с прикрепленным к нему корпусом 5 вверх пуансоны под воздействием пружин 8 возвращаются в исходное положение, и шлицы заготовки больше не соприкасаются с рабочей частью пуансона. Центр 2 при повороте пневмораспределительного крана опускает деталь в нижнее положение.

Второй способ пластического деформирования позволяет получать профиль зуба в холодном состоянии накатыванием на обычном металлорежущем оборудовании (токарном или револьверном станке). Получение полного профиля производится в два этапа. На первом этапе профиль формируется накатыванием с помощью специальной накатной головки с планетарной передачей. После накатывания оставляется припуск на окончательную обработку. На втором этапе обработка зубчатого профиля осуществляется холодным калиброванием проталкиванием заготовки через зубчатую матрицу.

На рис. 2 представлена схема разработанной конструкции планетарной накатной головки для накатывания с осевой подачей тремя накатными роликами 6, расположенными под углом 120 градусов.

Головка состоит из неподвижного корпуса 5 и крышек корпуса 3 и 7, внутри которых запрессованы опорные кольца 4. Внутри корпуса находятся подвижные сепараторы 8 и 9, в которых установлены три накатных ролика 6. Накатные ролики выполнены так, что по обе стороны от рабочей части имеются гладкие цилиндрические шейки, которые в процессе накатывания зубьев обкатываются по внутренней поверхности опорных колец 10. Синхронизация вращения накатываемой заготовки и накатных роликов в начальный момент деления на требуемое число зубьев и в процессе дальнейшего формообразования зубьев осуществляется зацеплением зубчатого колеса 1 с шестеренками 2, установленными на конических хвостовиках накатных роликов.

Конструктивной особенностью головки [5, 6] является невозможность перемещения накатных роликов в радиальном направлении, то есть для каждой отдельной головки межцентровые расстояния есть величина постоянная. Опорные кольца 4 в паре с шейками накатных роликов образуют своеобразный подшипник качения, способный воспринимать значительные усилия. Это определяет повышенную жесткость накатной головки и возможность применения ее для накатывания зубчатых профилей с модулем до 2,5 мм. Возникающие упругие деформации весьма незначительны и не оказывают заметного влияния на точность и качество поверхности накатываемого профиля зуба. Отсутствие промежуточных тел качения упрощает конструкцию и обеспечивает восприятие значительных нагрузок при сравнительно небольших габаритах. Так как в головках межцентровое расстояние – величина постоянная, для накатывания различных зубчатых профилей в каждом отдельном случае требуются разные по геометрическим параметрам накатные ролики. Поэтому наиболее целесообразно головки использовать в крупносерийном и массовом производстве.

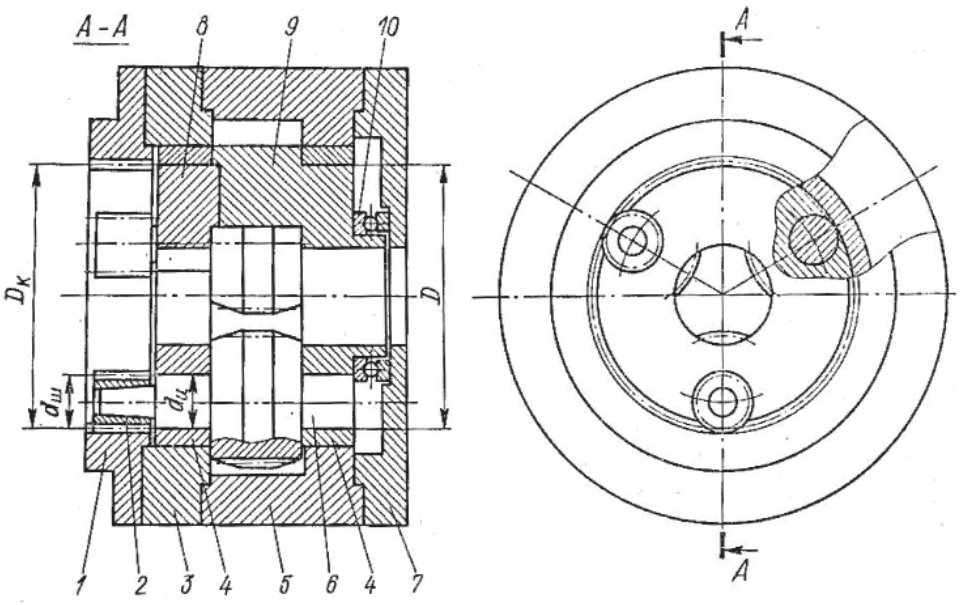


Рис. 2. Накатная головка

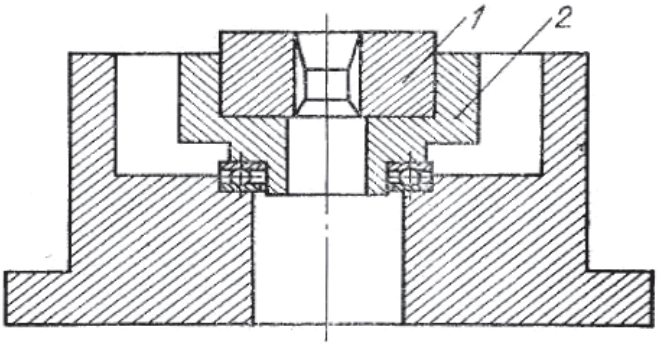


Рис. 3. Штамп для получения профиля зубьев с чистовыми размерами

Применение планетарной накатной головки повышенной жесткости позволяет получать предварительный зубчатый профиль высокой точности.

Схема конструкции штампа для окончательного выдавливания профиля зуба представлена на рис. 3. Матрица 1 имеет окончательный профиль зуба, а профиль направляющего кольца соответствует профилю предварительно накатанного зуба. Установка обоймы 2, в которую помещается матрица, на опорный подшипник позволяет производить холодное выдавливание как прямозубых, так и косозубых колес.

Операции по получению зубчатых профилей и шлицев методами пластической деформации в холодном состоянии позволяют образовать готовый профиль зуба на детали и выполнять окончательную обработку после механической обработки или предварительного накатывания (чистовое холодное накатывание зубчатых колес взамен шевингования).

По сравнению с традиционным методом обработки зубьев колес и шлицевых соединений фрезерованием и зубофрезерованием пластическое деформирование обладает высокой производительностью, характеризуется отсутствием металлической стружки во время формообразования, высоким качеством обработки поверхностей и улучшением физико-механических характеристик обрабатываемых заготовок. Повышается долговечность деталей, и как следствие, уменьшается потребность в запчастях. Детали, обработанные методом пластической деформации, имеют меньшую поводку при термообработке. Уменьшение затрат на инструмент, высвобождение дорогостоящего зубофрезерного оборудования характерно для метода пластической деформации при получении профиля зубьев и шлицев. Точность зубчатых профилей и шлицев, изготовленных методами пластической деформации, приближается к точности профилей, полученной зубофрезерованием, а в некоторых случаях даже превышает ее.

Список литературы

1. Барбарич М.В., Хоруженко М.В. Накатывание цилиндрических зубчатых колес. – М.: Машиностроение, 1970. – 220 с.

2. Бродский А.З., Егорова Д.Д. Технологические процессы изготовления винтовых и зубчатых профилей пластическим деформированием в холодном состоянии // Внедрение прогрессивных технологических процессов в холодноштамповочном производстве. – Л.: ЛДНТП, 1981. – 91 с.

3. Клепиков В.В., Бодров А.И. Технология машиностроения: учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА, 2004. – 860 с.

4. Лапин В.В., Писаревский М.И., Самсонов В.В., Сизов Ю.И. Накатывание резьб, червяков, шлицев и зубьев. – Л.: Машиностроение, Ленингр. Отделение, 1986. – 228 с.

5. Мазуренко Ю.П. Холодное накатывание зубчатых венцов цилиндрических колес. – Львов: Вища шк., 1980. – 163 с.

6. Писаревский М.И. Накатывание точных резьб, шлицев и зубьев. – 2-е изд., – Л.: Машиностроение, 1973. – 200 с.

References

1. Barbarich M.V., Horuzhenko M.V. Nakatyvanie cilindricheskih zubchatyh koles. M.: Mashinostroenie, 1970. 220 p.

2. Brodskij A.Z., Egorova D.D. Tehnologicheskie processy izgotovlenija vintovyh i zubchatyh profilej plasticheskim deformirovaniem v holodnom sostojanii // Vnedrenie progressivnyh tehnologicheskih processov v holodnoshtampovochnom proizvodstve. L.: LDNTP, 1981. 91 p.

3. Klepikov V.V., Bodrov A.I. Tehnologija mashinostroenija: uchebnik. M.: FORUM: INFRA, 2004. 860 p.

4. Lapin V.V., Pisarevskij M.I., Samsonov V.V., Sizov Ju.I. Nakatyvanie rez'b, chervjakov, shlicev i zub'ev. L.: Mashinostroenie, Leningr. Otdelenie, 1986. 228 p.

5. Mazurenko Ju.P. Holodnoe nakatyvanie zubchatyh vencov cilindricheskih koles. L'vov: Vishha shk., 1980. 163 p.

6. Pisarevskij M.I. Nakatyvanie tochnyh rez'b, shlicev i zub'ev. 2-e izd., L.: Mashinostroenie, 1973. 200 p.

УДК 519.622

АППАРАТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НЕЯВНЫЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Бутусов Д.Н., Каримов Т.И., Тутуева А.В.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Санкт-Петербург, e-mail: butusovdn@mail.ru

В статье рассматривается архитектура аппаратно-ориентированных решателей обыкновенных дифференциальных уравнений на основе нового семейства вещественно-неявных методов Рунге – Кутты и алгоритма численной экстраполяции по формуле Эйткена – Невилла. Приводится математическое описание трехстадийного L-устойчивого вещественно-неявного метода третьего порядка алгебраической точности. Построена область устойчивости метода. Проведено экспериментальное исследование предлагаемых методов на наборе тестовых задач, включая осциллятор Ван дер Поля, хаотическую нелинейную систему Спротта G и автокаталитическую реакцию Робертсона. Оценивается вычислительная эффективность исследуемых методов при последовательной и параллельной реализации по сравнению с методом РадоIIA, неявным методом Эйлера и однократно-неявным методом Рунге – Кутты третьего порядка. Результаты экспериментальной оценки показывают преимущество экстраполяционного решателя на основе неявного метода Эйлера при параллельной реализации задачи Ван дер Поля. Вещественно-неявный метод оказывается наилучшим при параллельной реализации задач Спротта и Робертсона.

Ключевые слова: численное интегрирование, неявный метод Рунге – Кутты, решатель ОДУ, параллельные вычисления, моделирование

HARDWARE TARGETED IMPLICIT DIFFERENTIAL EQUATIONS SOLVERS

Butusov D.N., Karimov T.I., Tutueva A.V.

Saint-Petersburg State Electrotechnical University, St. Petersburg, e-mail: butusovdn@mail.ru

The paper describes a family of hardware-targeted solvers for ordinary differential equations based on really-implicit Runge-Kutta numerical integration methods and Aitken-Neville extrapolation formula. The mathematical notion of three-stage L-stable really-implicit method of accuracy order 3 is given and the stability region is presented. New parallel architectures of solvers for ordinary differential equations are discussed. Several test problems were considered, including Van der Pol oscillator, chaotic Sprott Case G system and autocatalytic Robertson reaction. A performance of methods was compared by plotting computational costs via obtained accuracy for each method. The comparison of studied methods with Radau IIA and linearly-implicit method of order 3 showed the superior properties of really-implicit method parallel implementation for Sprott G and Robertson problems. The implicit Euler extrapolation solver showed better performance on Van der Pol oscillator. Both of the proposed methods are suitable for implementation in parallel computing systems.

Keywords: numerical integration, implicit Runge-Kutta method, ODE Solver, parallel computing, simulation

В современной вычислительной математике выделяется направление так называемых аппаратно-ориентированных численных методов интегрирования – алгоритмов численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений, пригодных для использования как на компьютерах общего назначения, так и во встраиваемых системах. Сформулируем некоторые из требований к таким методам [1]:

1. Метод должен быть самостартующим.
2. Метод должен обладать устойчивостью, достаточной для реализации поставленной задачи на всей совокупности аппаратных средств при заданных параметрах дискретизации.
3. Метод должен работать с равномерной выборкой точек входного сигнала.
4. Алгоритм метода должен предусматривать возможность распараллеливания решения на вычислителе с соответствующей архитектурой.
5. При реализации на персональном компьютере метод должен показывать вычислительную эффективность, сопоставимую с таковой для известных методов.
6. Алгоритм метода должен быть мало подвержен влиянию ошибок округления и вычислительной погрешности.

Первое требование исключает многошаговые методы, широко применяемые в настоящее время в САПР радиоэлектронных устройств. Второму требованию не соответствуют любые полностью явные численные методы. Третье и пятое требования исключают применение большинства неявных методов Рунге – Кутты. С учетом четвертого требования на роль аппаратно-ориентированных методов претендуют:

1) неявные методы семейства Рунге – Кутты особого вида;
2) экстраполяционные методы с неявными опорными методами;
3) экстраполяционные методы с полунеявными опорными методами.

В настоящей статье рассматриваются представители первых двух классов алгоритмов: экстраполяционный метод на основе неявного метода Эйлера и трехстадийный вещественно-неявный метод Рунге – Кутты третьего порядка. Проводится практическое сравнение данных аппаратно-ориентированных методов между собой и с другими численными методами на ряде тестовых задач при последовательной и параллельной реализации.

Постановка задачи. Общий вид неявных методов Рунге – Кутты

Рассмотрим решение обыкновенного дифференциального уравнения

$$\dot{y} = f(t, y), \qquad (1)$$

где t – независимая переменная (время), а $f(t, y)$ – некоторая, в общем случае нелинейная, функция, которую мы будем называть функцией правой части (ФПЧ). Переформулируем стандартную запись методов Рунге – Кутты, введя обозначение

$$z_i = \sum_{j=1}^{s} a_{ij} k_j.$$

Здесь $z_i = k_i - y_0$. Тогда, учитывая, что $k_i = hf(t_n + c_i h, x_n + z_i)$ [4]:

$$z_i = h\sum_{j=1}^{s} a_{ij} f(t_n + c_i h, x_n + z_i). \qquad (2)$$

Из (2) следует общая форма записи для s-стадийного метода Рунге – Кутты в новых переменных z:

$$\left(I_s \otimes I_n\right)\begin{pmatrix} z_1 \\ \vdots \\ z_s \end{pmatrix} = h\left(A \otimes I_n\right)\begin{pmatrix} f(t_n + c_1 h, x_n + z_1) \\ \vdots \\ f(t_n + c_s h, x_n + z_s) \end{pmatrix};$$

$$x_{n+1} = x_n + \sum_{i=1}^{s} d_i z_i, \qquad (3)$$

где $d = bA^{-1}$, I_j – единичная матрица размерности $j \times j$, а $\otimes$ – умножение Кронекера. Решение уравнения (2) осуществляется с помощью итераций Ньютона, общий вид которых

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{x}_k - J(\mathbf{x}_k)^{-1} F(\mathbf{x}_k) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow J(\mathbf{x}_k)\underbrace{(\mathbf{x}_{k+1} - \mathbf{x}_k)}_{\Delta\mathbf{x}} = -F(\mathbf{x}_k),$$

при этом отыскивается такое значение $\mathbf{x}^*$, при котором $F(\mathbf{x}^*) = 0$.

Для схемы (3) метод Ньютона может быть записан следующим образом:

$$W_0(\mathbf{z})\Delta\mathbf{z} = \left(I_s \otimes I_n\right)\mathbf{z}_k - h(A \otimes I)F(\mathbf{z}_k), \qquad (4)$$

где W_0 – якобиан функции F_0. Затем определяется новое значение вектора переменных:

$$\mathbf{z}_{k+1} = \mathbf{z}_k + \Delta\mathbf{z}.$$

Вещественно-неявные методы Рунге – Кутты

Идея распараллеливания методов Рунге – Кутты состоит в том, чтобы вычислять s независимых компонент вектора $\Delta\mathbf{z}_k$ в параллельных потоках. Действительно, если матрица метода может быть представлена в виде

$$T^{-1}AT = \begin{bmatrix} \lambda_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \lambda_s \end{bmatrix} = \Lambda,$$

то после замены переменных

$$\tilde{\mathbf{z}}_k = \left(T^{-1} \otimes I_n\right)\mathbf{z}_k; \quad \Delta\tilde{\mathbf{z}}_k = \left(T^{-1} \otimes I_n\right)\Delta\mathbf{z}_k;$$

$$\tilde{F} = (T^{-1} \otimes I_s)F$$

итерационная схема (3) преобразуется к виду

$$\begin{bmatrix} I_n - h\lambda_1 J_1 & & \\ & \ddots & \\ & & I_n - h\lambda_s J_s \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\tilde{\mathbf{z}}_k^1 \\ \vdots \\ \Delta\tilde{\mathbf{z}}_k^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_n & & \\ & \ddots & \\ & & I_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{z}}_k^1 \\ \vdots \\ \tilde{\mathbf{z}}_k^s \end{bmatrix} - h\begin{bmatrix} \lambda_1 I_n & & \\ & \ddots & \\ & & \lambda_s I_n \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \tilde{F}_1(\mathbf{z}_k) \\ \vdots \\ \tilde{F}_n(\mathbf{z}_k) \end{bmatrix},$$

где $J_i = \partial f / \partial y(t_0 + c_i h, \mathbf{y}_0 + \mathbf{z}_i)$ – якобиан функции правой части в точке$(t_0 + c_i h, \mathbf{y}_0 + \mathbf{z}_i)$. В конце каждой итерации потоки собираются, преобразуются в старую систему координат. Такие методы будем называть вещественно-неявными методами Рунге – Кутты, ВНРК (англ. Really Implicit Runge-Kutta, RIRK). Заметим, что $\lambda_i \neq \lambda_j$, $i \neq j$, в противном случае матрица T сингулярная и T^{-1} не существует. С помощью подходов многокритериальной оптимизации авторами был синтезирован L-устойчивый метод 3-го порядка, имеющий таблицу Бутчера

$$\begin{array}{c|lll} 0 & 1{,}241909014159768 & -1{,}5195517348621990{,}27 & 7642720699974 \\ \frac{1}{2} & 0{,}09092772965586 & 0{,}4907545045602340{,}00015 & 2722474169 \\ 1 & 0{,}66627740720938 & 0{,}666718023133105\ 0{,}166 & 654236145957 \\ \hline & \frac{1}{6} & \frac{2}{3} & \frac{1}{6} \end{array}, \qquad (5)$$

собственные векторы матрицы A которого порождают матрицу

$$\Lambda=\begin{bmatrix} 1{,}268061091160091 & 0 & 0 \\ 0 & 0{,}501135643448590 & 0 \\ 0 & 0 & 0{,}130121020257280 \end{bmatrix}.$$

Область устойчивости метода (5) приведена на рис. 1.

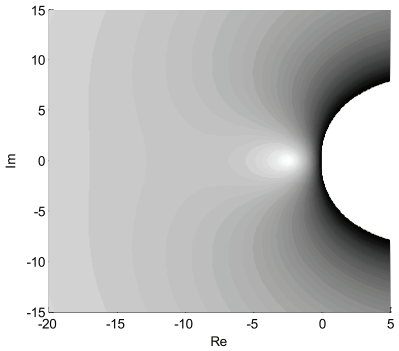


Рис. 1. Область устойчивости вещественно-неявного метода (5)

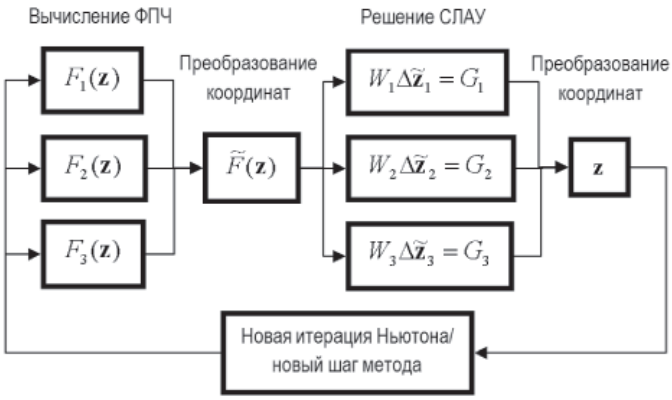


Рис. 2. Схема параллельного решателя на основе трехстадийного метода ВНРК

На рис. 2 представлена архитектура параллельного решателя ОДУ на основе ВНРК. В случае если применяемый вычислитель поддерживает работу с комплексными числами, подобная организация вычислений теоретически возможна и для методов с комплексными элементами матрицы Λ. Однако на практике оказывается, что точность решения такими методами существенно ниже по сравнению с использованием непреобразованной матрицы A.

Экстраполяционные методы

Идея экстраполировать решения, взятые с разным шагом интегрирования, для повышения порядка точности метода лишь немного моложе классических разностных схем Рунге – Кутты. Предложенный Ричардсоном [5] способ экстраполяции получил свое развитие в работах Грэгга, Булирша, Штёра [3], а также многих других авторов. По сравнению с методами Рунге – Кутты, экстраполяционные методы, с одной стороны, требуют большего числа вычислений функции правой части на шаге. С другой стороны, такие методы обладают способностью организации вычислительных потоков с единственным обменом данных на шаге, а не с двумя, как в случае ВНРК, что сокращает накладные расходы.

Суть экстраполяционных методов заключается в следующем. Выберем ряд натуральных чисел

$$n_1 < n_2 < n_3 \ldots \qquad (6)$$

и определим соответствующие длины шагов, относящиеся к исходному шагу H как

$$h_i = \frac{H}{n_i}.$$

После этого с помощью так называемого опорного метода вычислим значения функции y в точке $t_0 + H$, используя различные длины шагов:

$$T_{j,1} \overset{def}{=} y(t_0 + H) = y(t_0 + h_i n_i). \qquad (7)$$

Затем применим алгоритм рациональной интерполяции Эйткена – Невилла, результатом которого является так называемая экстраполяционная таблица:

$$\begin{matrix} T_{11} & & & \\ T_{21} & T_{22} & & \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & \\ \dots & \dots & \dots & T_{kk} \end{matrix}.$$

Первый столбец таблицы формируется по формуле (7). Последующие колонки заполняются с помощью рекурсивной формулы [4]:

$$T_{j,k+1} = T_{j,k} + \frac{T_{j,k} - T_{j-1,k}}{(n_j / n_{j-k}) - 1}.$$

В качестве опорного метода выберем неявный метод Эйлера первого порядка, исходя из выдвинутых требований к устойчивости разностной схемы, а в качестве экстраполяционной последовательности – ряд натуральных чисел. На рис. 3 показана архитектура параллельного решателя на основе экстраполяционного метода третьего порядка. Если максимальное число итераций Ньютона в блоках пропорционально шагу, метод может быть эффективно разделен на три вычислительных потока. Максимальное число итераций Ньютона может быть выбрано как

$$N_i = \lfloor N_1 / n_i \rfloor,$$

где N_1 – число итераций Ньютона на 1-й стадии экстраполятора.

Экспериментальная оценка свойств численных методов

Оценим свойства предложенных аппаратно-ориентированных методов, рассмотрев решение популярных тестовых задач.

Задача VDPL – уравнение осциллятора Ван дер Поля

$$\dot{x}_1 = x_2;$$

$$\dot{x}_2 = \mu(1 - x_1^2)x_2 - x_1.$$

При моделировании используется значение $\mu = 4$.

BRUS – модель циклической химической реакции, предложенная Лефевером и Николисом в 1971 г. и известная в литературе [4] как «брюсселятор»:

$$\dot{x}_1 = A + x_1^2 x_2 - (B+1)x_1;$$

$$\dot{x}_2 = Bx_1 - x_1^2 x_2. \qquad (8)$$

Параметры системы (8) выбраны следующим образом: $A = 2$, $B = 8{,}553$.

SPRG – система уравнений Case G, предложенная Спроттом в 1994 г. и описывающая хаотическую нелинейную динамическую систему:

$$\dot{x}_1 = 0{,}4x_1 + x_3;$$

$$\dot{x}_2 = x_1 x_3 - x_2;$$

$$\dot{x}_3 = -x_1 + x_2.$$

ROBER – разноскоростная система уравнений, описывающая автокаталитическую реакцию Робертсона:

$$\dot{x}_1 = -0{,}04x_1 + 10^4 x_2 x_3;$$

$$\dot{x}_2 = 0{,}04x_1 - 10^4 x_2 x_3 - 3 \cdot 10^7 x_2^2;$$

$$\dot{x}_3 = 3 \cdot 10^{72} x_2.$$

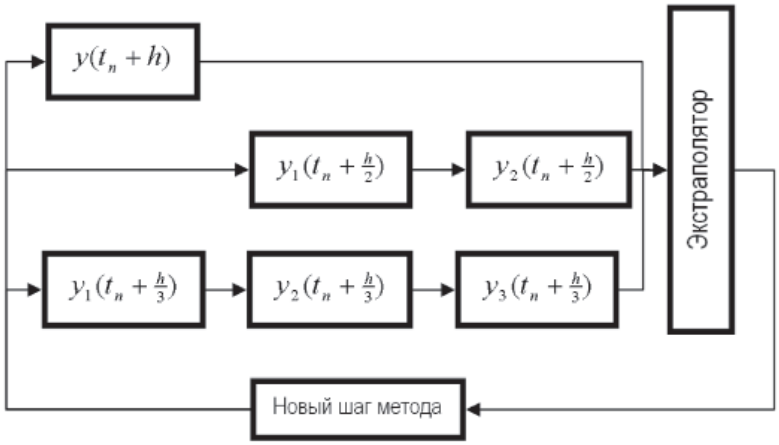


Рис. 3. Организация параллельных вычислений экстраполяционным методом третьего порядка в двух или трех потоках

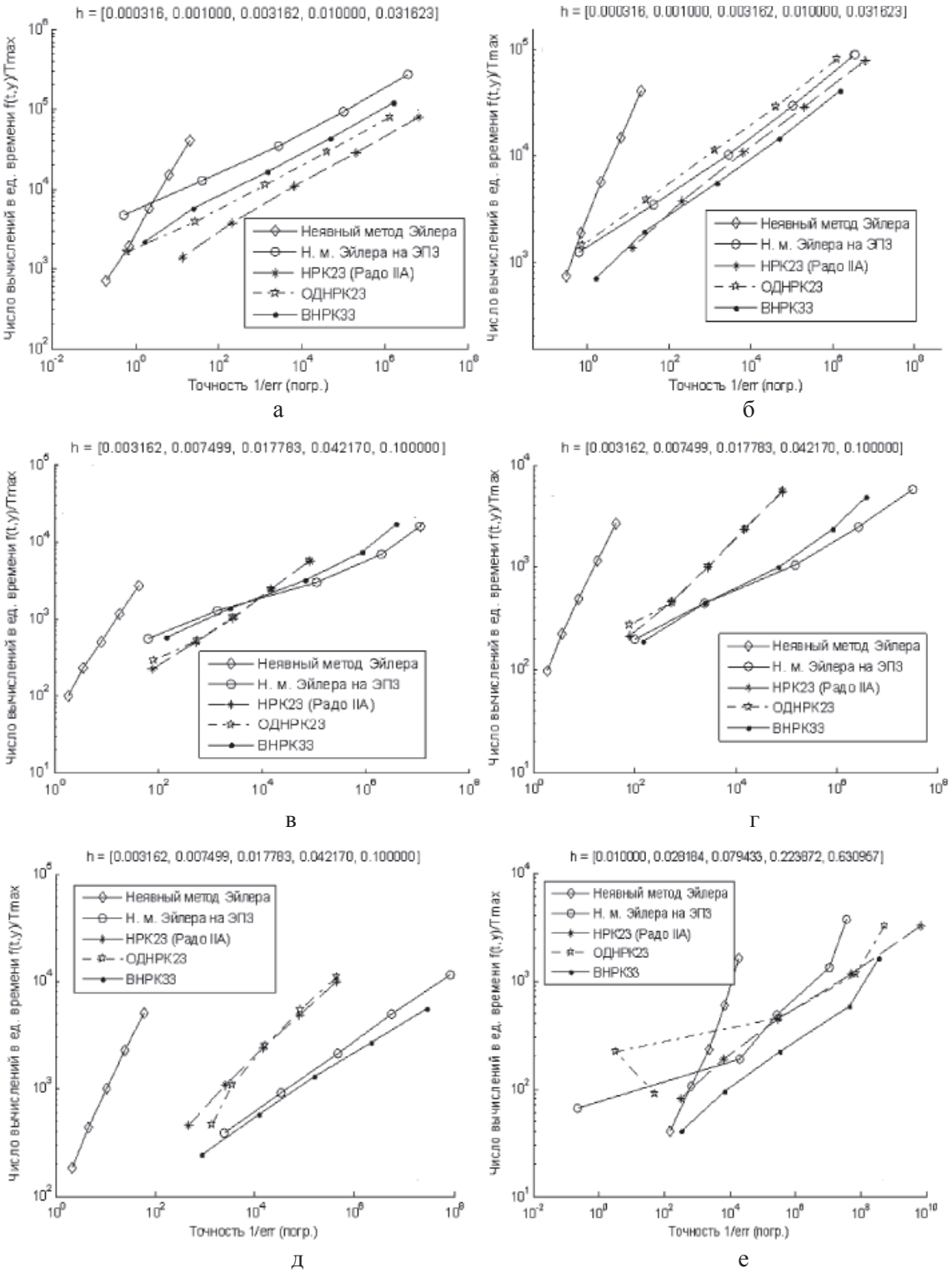


Рис. 4. Сравнение эффективности численных методов интегрирования на задачах: BRUS при последовательной (а) и параллельной (б) реализациях, VDPL при последовательной (в) и параллельной (г) реализациях, SPRG (д) и ROBER (е) при параллельной реализации

Результаты решения тестовых задач аппаратно-ориентированными методами сравним с решениями, полученными неявным методом Эйлера, двухстадийным методом Радо IIA 3-го порядка и двухстадийным методом ОДНРК 3-го порядка, описанным Р. Александером [2]

Оба исследуемых аппаратно-ориентированных алгоритма разделены на три вычислительных потока. Метод ВНРК

исследовался при 10 итерациях Ньютона, а ЭПНЭ3 – на последовательности итераций [10, 5, 3] для различных значений шага. Для оценки погрешности использовалось эталонное решение, рассчитанное методом высокого порядка с шагом в 100 раз меньшим, чем шаг тестируемых методов. Представлены графики отношения числа вычислений в единицу времени к достигаемой точности решения.

Заключение

В статье рассмотрено решение ряда нелинейных дифференциальных уравнений с применением аппаратно-ориентированных методов численного интегрирования. Показано, что оба рассмотренных класса методов – экстраполяционные на основе неявного метода Эйлера и вещественно-неявные методы Рунге – Кутты – являются аппаратно-ориентированными с точки зрения критериев 15, приведенных во введении.

Анализ экспериментальных данных показывает, что при параллельной реализации метод ВНРК почти всегда оказывается самым экономичным по числу вычислений функции правой части $f(t, y)$. При этом на задачах Спротта и Робертсона он показывает лучшую точность. Несмотря на то, что неявный экстраполяционный метод Эйлера имеет в большинстве случаев более высокую вычислительную сложность (кроме задачи VDPL), он в то же время наименее подвержен негативному влиянию машинного шума коэффициентов.

Дальнейшим направлением исследований является исследование решения аппаратно-ориентированными методами задач высокого порядка, а также разработка методов ВНРК более высокого порядка точности с аналитической формулировкой коэффициентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках договора № НК 14-01-31277\14 от 06.02.2014 г.

Список литературы

1. Бутусов Д.Н., Каримов А.И., Каримов Т.И., Долгушин Г.К. Семейство аппаратно-ориентированных методов численного интегрирования // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4.

2. Alexander R. Diagonally Implicit Runge – Kutta Methods for Stiff O.D.E.'s. SIAM Journal on Numerical Analysis. – 1977. v № 6 (14). – С. 1006–1021.

3. Bulirsch R., Stoer J. Numerical treatment of ordinary differential equations by extrapolation methods. Numerische Mathematik. – 1966. – № 1 (8). – С. 1–13.

4. Hairer E., Nørsett S.P., Wanner G. Solving Ordinary Differential Equations I. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1993.

5. Richardson L.F. The Approximate Arithmetical Solution by Finite Differences of Physical Problems Involving Differential Equations, with an Application to the Stresses in a Masonry Dam // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – 1911. – № 459–470 (210). – С. 307–357.

References

1. Butusov D.N., Karimov A.I., Karimov T.I., Dolgushin G.K. Semejstvo apparatno-orientirovannyh metodov chislennogo integrirovanija. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 4.

2. Alexander R. Diagonally Implicit Runge–Kutta Methods for Stiff O.D.E.'s. SIAM Journal on Numerical Analysis. 1977. no. 6 (14). pp. 1006–1021.

3. Bulirsch R., Stoer J. Numerical treatment of ordinary differential equations by extrapolation methods. Numerische Mathematik. 1966. no. 1 (8). pp. 1–13.

4. Hairer E., Nørsett S.P., Wanner G. Solving Ordinary Differential Equations I. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1993.

5. Richardson L.F. The Approximate Arithmetical Solution by Finite Differences of Physical Problems Involving Differential Equations, with an Application to the Stresses in a Masonry Dam. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 1911. no. 459–470 (210). pp. 307–357.

УДК 621.865

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СХВАТА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА С ГИБКИМИ ЗВЕНЬЯМИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НА ГРУЗ ВНЕШНЕЙ ВОЗМУЩАЮЩЕЙ СИЛЫ

Валюкевич Ю.А., Алепко А.В., Яковенко Д.М., Дубовсков В.В.

ФГБОУ ВПО «Институт сферы обслуживания и предпринимательства» (филиал), Донской государственный технический университет, Шахты, e-mail: mail@sssu.ru

В работе рассматривается математическая модель структуры манипулятора с подвесом схвата на гибких звеньях. Рассматриваемая структура манипулятора с подвесом схвата на гибких связях конструктивно состоит из четырех канатов, одни концы которых соединены в точке крепления схвата, другие концы канатов пропущены через шкивы и закреплены на барабанах. По измеренным значениям полных усилий в звеньях параллельного манипулятора и использованию полученных аналитических выражений, возможно, определить направление и величину вектора внешней возмущающей силы, прикладываемой к точке крепления нагруженного схвата. Определены скорости изменения обобщенных координат при движении нагруженного схвата манипулятора вдоль отрезка прямой с постоянной линейной скоростью. Для проверки адекватности полученной математической модели с использованием среды Matlab была разработана компьютерная модель.

Ключевые слова: манипулятор, тросовый, гибкие связи, параллельный манипулятор, перемещение груза

DEFINING THE PARAMETERS OF MOVEMENT GRIPPER PARALLEL MANIPULATOR WITH FLEXIBLE LINKS UNDER THE INFLUENCE OF THE LOAD ON THE EXTERNAL DISTURBING FORCE

Valyukevich Y.A., Alepko A.V., Yakovenko D.M., Dubovskov V.V.

Institute of the Service Sector and Entrepreneurship (branch), Don State Technical University, Shakhty, e-mail: mail@sssu.ru

In this paper received the mathematical model of the structure of manipulator with the suspension gripper on flexible links. Consider the structure of the manipulator with suspension capture on flexible connections constructively consists of four ropes, one end of which is connected to an anchor point gripper, the other ends of the ropes passed through pulleys mounted on drums. Based measured values of the total effort in the links of the parallel structure manipulator and use of analytical expressions may determine the direction and magnitude of the vector of external perturbing forces applied to the anchor point of the loaded gripper. Identified the rates of change of the generalized coordinates when moving along a line segment with a constant linear velocity. To test the adequacy of the obtained mathematical models using Matlab environment was developed a computer model.

Keywords: manipulator, rope, flexible communication, parallel manipulator, the movement

Манипуляторы параллельной структуры находят все большее применения в отраслях промышленности в таких странах, как Япония, США, Китай, при выполнении различных работ. Это связано с их положительными свойствами: маштабируемостью, хорошим соотношением полезной нагрузки к массе гибких связей манипулятора [1, 4].

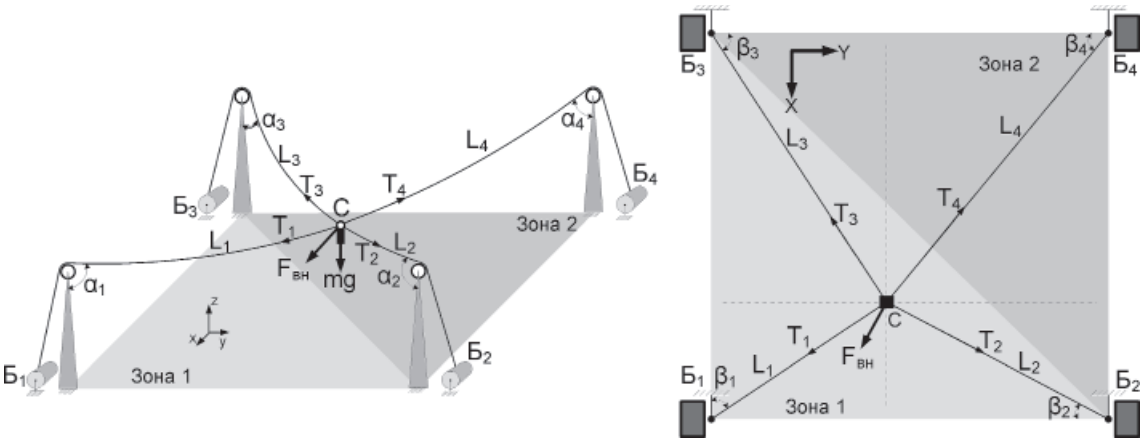
Требуется определить параметры движения нагруженного схвата параллельного манипулятора с гибкими звеньями, вызванного действием внешней возмущающей силы, обозначенной как $F_{вн}$ на рис. 1.

Известно, что действие веса груза mg создает в звеньях параллельного манипулятора усилия, обозначенные через T_1, T_2, T_3, T_4 на рис. 1.

В работе [2, 3] получены уравнения, позволяющие рассчитать значение усилий в звеньях манипулятора в зависимости от положения нагруженного. Добавив к данным уравнениям вектор внешней возмущающей силы $F_{вн}$, получим

$$\begin{cases}(T_1+\Delta T_1)\cdot\sin\alpha_1+(T_2+\Delta T_2)\cdot\sin\alpha_2+(T_3+\Delta T_3)\cdot\sin\alpha_3=mg+F_{внZ},\\(T_1+\Delta T_1)\cdot\cos\alpha_1\cdot\cos\beta_1+(T_2+\Delta T_2)\cdot\cos\alpha_2\cdot\sin\beta_2-(T_3+\Delta T_3)\cdot\cos\alpha_3\cdot\sin\beta_3=F_{внX},\\-(T_1+\Delta T_1)\cdot\cos\alpha_1\cdot\sin\beta_1+(T_2+\Delta T_2)\cdot\cos\alpha_2\cdot\cos\beta_2-(T_3+\Delta T_3)\cdot\cos\alpha_3\cdot\cos\beta_3=F_{внY};\end{cases}\quad(1)$$

$$\begin{cases}(T_2+\Delta T_2)\cdot\sin\alpha_2+(T_3+\Delta T_3)\cdot\sin\alpha_3+(T_4+\Delta T_4)\cdot\sin\alpha_4=mg+F_{внZ},\\(T_2+\Delta T_2)\cdot\cos\alpha_2\cdot\sin\beta_2-(T_3+\Delta T_3)\cdot\cos\alpha_3\cdot\sin\beta_3-(T_4+\Delta T_4)\cdot\cos\alpha_4\cdot\sin\beta_4=F_{внX},\\(T_2+\Delta T_2)\cdot\cos\alpha_2\cdot\cos\beta_2-(T_3+\Delta T_3)\cdot\cos\alpha_3\cdot\cos\beta_3+(T_4+\Delta T_4)\cdot\cos\alpha_4\cdot\cos\beta_4=F_{внY}.\end{cases}\quad(2)$$



а б

Рис. 1. Геометрическая интерпретация процесса распределения усилий в звеньях параллельного манипулятора: а – общий вид; б – в плоскости XOY; где $Б_1$, $Б_2$, $Б_3$, $Б_4$ – барабаны, осуществляющие изменение длины звеньев манипулятора; P_1, P_2, P_3, P_4 – ролики; C – схват с грузом; mg – вектор силы тяжести

В уравнениях (1) и (2) T_1, T_2, T_3, T_4 – измеренные значения усилий в соответствующих звеньях манипулятора при отсутствии внешней возмущающей силы $F_{вн}$, которая представлена в виде проекций на оси декартовой системы координат $F_{внX}$, $F_{внY}$, $F_{внZ}$; ΔT_1, ΔT_2, ΔT_3, ΔT_4 – приращения усилий в звеньях манипулятора, вызванные действием внешней возмущающей силы $F_{вн}$. Коэффициенты $\sin\alpha_1$, $\sin\alpha_2$, $\sin\alpha_3$, $\sin\alpha_4$, $\cos\alpha_1$, $\cos\alpha_2$, $\cos\alpha_3$, $\cos\alpha_4$, $\sin\beta_1$, $\sin\beta_2$, $\sin\beta_3$, $\sin\beta_4$, $\cos\beta_1$, $\cos\beta_2$, $\cos\beta_3$, $\cos\beta_4$ получены с использованием методом элементарной геометрии [5].

Выразив искомые компоненты вектора внешней возмущающей силы $F_{вн}$ ($F_{внX}$, $F_{внY}$, $F_{внZ}$) из уравнений (1), (2), получим следующие аналитические формулы:

$$\begin{cases} F_{внZ} = (T_1 + \Delta T_1)\cdot \sin\alpha_1 + (T_2 + \Delta T_2)\cdot \sin\alpha_2 + (T_3 + \Delta T_3)\cdot \sin\alpha_3 - mg, \\ F_{внX} = (T_1 + \Delta T_1)\cdot \cos\alpha_1 \cdot \cos\beta_1 + (T_2 + \Delta T_2)\cdot \cos\alpha_2 \cdot \sin\beta_2 - (T_3 + \Delta T_3)\cdot \cos\alpha_3 \cdot \sin\beta_3, \\ F_{внY} = -(T_1 + \Delta T_1)\cdot \cos\alpha_1 \cdot \sin\beta_1 + (T_2 + \Delta T_2)\cdot \cos\alpha_2 \cdot \cos\beta_2 - (T_3 + \Delta T_3)\cdot \cos\alpha_3 \cdot \cos\beta_3; \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} F_{внZ} = (T_2 + \Delta T_2)\cdot \sin\alpha_2 + (T_3 + \Delta T_3)\cdot \sin\alpha_3 + (T_4 + \Delta T_4)\cdot \sin\alpha_4 - mg, \\ F_{внX} = (T_2 + \Delta T_2)\cdot \cos\alpha_2 \cdot \sin\beta_2 - (T_3 + \Delta T_3)\cdot \cos\alpha_3 \cdot \sin\beta_3 - (T_4 + \Delta T_4)\cdot \cos\alpha_4 \cdot \sin\beta_4, \\ F_{внY} = (T_2 + \Delta T_2)\cdot \cos\alpha_2 \cdot \cos\beta_2 - (T_3 + \Delta T_3)\cdot \cos\alpha_3 \cdot \cos\beta_3 + (T_4 + \Delta T_4)\cdot \cos\alpha_4 \cdot \cos\beta_4. \end{cases} \quad (4)$$

Таким образом, по измеренным значениям полных усилий в звеньях параллельного манипулятора и использованию полученных аналитических выражений (3) и (4) возможно определить направление и величину вектора внешней возмущающей силы, прикладываемой к точке крепления нагруженного схвата.

При решении данной задачи примем допущение о том, что приложенное к точке крепления схвата с грузом внешнее возмущающее воздействие в виде силы $F_{вн}$ не изменяет своей величины, а также направления действия. В этом случае нагруженный схват манипулятора будет перемещаться по линейной траектории из точки $M_{нач}(x_{нач}, y_{нач}, z_{нач})$ в точку $M_{кон}(x_{кон}, y_{кон}, z_{кон})$ с постоянной линейной скоростью, определяемой величиной внешней возмущающей силы $F_{вн}$. Так как координаты ($x_{нач}$, $y_{нач}$, $z_{нач}$) точки $M_{нач}$, определяющей начало отрезка линейной траектории движения нагруженного схвата известны, то координаты ($x_{кон}$, $y_{кон}$, $z_{кон}$) точки $M_{кон}$ можно вычислить следующим образом:

$$\begin{cases} x_{кон} = x_{нач} + S\cdot F_{внXнорм}, \\ y_{кон} = y_{нач} + S\cdot F_{внYнорм}, \\ z_{кон} = z_{нач} + S\cdot F_{внZнорм}, \end{cases} \quad (5)$$

где – величина пути, пройденного схватом с грузом, на протяжении которого действовала внешняя возмущающая сила $F_{вн}$,

$F_{внXнорм}$, $F_{внYнорм}$, $F_{внZнорм}$ – нормированные компоненты вектора $F_{вн}$, определяемые как

$$\begin{cases} F_{внXнорм} = \dfrac{F_{внX}}{|F_{вн}|}, \\ F_{внYнорм} = \dfrac{F_{внY}}{|F_{вн}|}, \\ F_{внZнорм} = \dfrac{F_{внZ}}{|F_{вн}|}. \end{cases} \quad (6)$$

Когда ведущей координатой является координата x, ведомые координаты y и z могут быть вычислены по следующим уравнениям:

$$\begin{pmatrix} y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dfrac{y_{кон} - y_{нач}}{x_{кон} - x_{нач}}(x - x_{нач}) + y_{нач} \\ \dfrac{z_{кон} - z_{нач}}{x_{кон} - x_{нач}}(x - x_{нач}) + z_{нач} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где $x_{нач} \le x \le x_{кон}$. Если ведущей является координата y, то ведомые координаты x и z могут быть вычислены следующим образом:

$$\begin{pmatrix} x \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dfrac{x_{кон} - x_{нач}}{y_{кон} - y_{нач}}(y - y_{нач}) + x_{нач} \\ \dfrac{z_{кон} - z_{нач}}{y_{кон} - y_{нач}}(y - y_{нач}) + z_{нач} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

где $y_{нач} \le y \le y_{кон}$. По аналогии с (7) и (8), если ведущей является координата z, то ведомые координаты x и y можно найти из уравнений

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dfrac{x_{кон} - x_{нач}}{z_{кон} - z_{нач}}(z - z_{нач}) + x_{нач} \\ \dfrac{y_{кон} - y_{нач}}{z_{кон} - z_{нач}}(z - z_{нач}) + y_{нач} \end{pmatrix}, \quad (9)$$

где $z_{нач} \le z \le z_{кон}$. Подставив (8) в (3), получим закон изменения обобщенных координат $L1$, $L2$, $L3$ и $L4$ вдоль линейной траектории, заданной двумя точками $M_{нач}$ и $M_{кон}$ в пространстве:

$$\begin{pmatrix} L1(x) \\ L2(x) \\ L3(x) \\ L4(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{(x1-x)^2 + \left(\dfrac{y_{кон} - y_{нач}}{x_{кон} - x_{нач}}(x - x_{нач}) + y_{нач} - y1\right)^2 + \left(z1 - \dfrac{z_{кон} - z_{нач}}{x_{кон} - x_{нач}}(x - x_{нач}) + z_{нач}\right)^2} \\ \sqrt{(x2-x)^2 + \left(\dfrac{y_{кон} - y_{нач}}{x_{кон} - x_{нач}}(x - x_{нач}) + y_{нач} - y2\right)^2 + \left(z2 - \dfrac{z_{кон} - z_{нач}}{x_{кон} - x_{нач}}(x - x_{нач}) + z_{нач}\right)^2} \\ \sqrt{(x-x3)^2 + \left(\dfrac{y_{кон} - y_{нач}}{x_{кон} - x_{нач}}(x - x_{нач}) + y_{нач} - y3\right)^2 + \left(z3 - \dfrac{z_{кон} - z_{нач}}{x_{кон} - x_{нач}}(x - x_{нач}) + z_{нач}\right)^2} \\ \sqrt{(x-x4)^2 + \left(\dfrac{y_{кон} - y_{нач}}{x_{кон} - x_{нач}}(x - x_{нач}) + y_{нач} - y4\right)^2 + \left(z4 - \dfrac{z_{кон} - z_{нач}}{x_{кон} - x_{нач}}(x - x_{нач}) + z_{нач}\right)^2} \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Для определения скорости изменения обобщенных координат $v1$, $v2$, $v3$ и $v4$ при движении нагруженного схвата манипулятора вдоль отрезка прямой с постоянной линейной скоростью v используем векторный метод, сущность которого поясняет рис. 2.

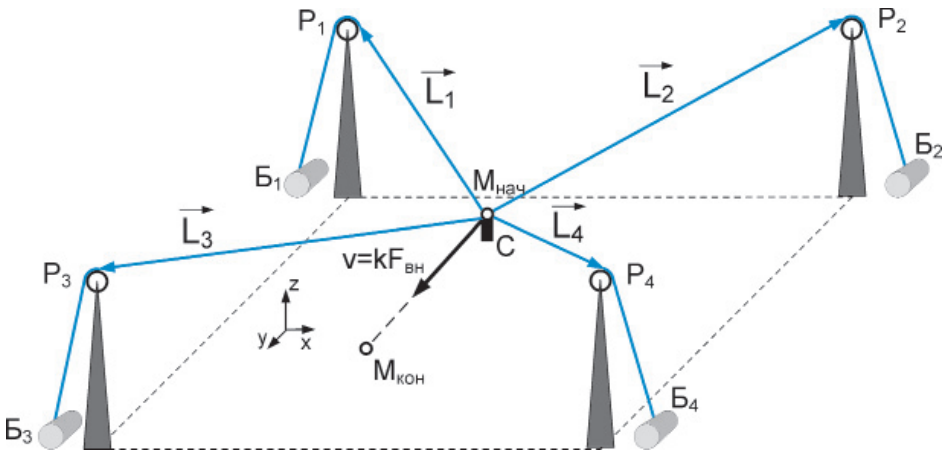


Рис. 2. Схема к задаче о нахождении обобщенных скоростей

При использовании векторного подхода звенья манипулятора представим в виде векторов $\overrightarrow{L1}$, $\overrightarrow{L2}$, $\overrightarrow{L3}$ и $\overrightarrow{L4}$, величина которых является нормированной относительно длин звеньев. Тогда координаты данных векторов можно определить по формулам

$$\begin{pmatrix} L1_X \\ L1_y \\ L1_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dfrac{x-x1}{L1(x)} \\ \dfrac{y-y1}{L1(x)} \\ \dfrac{z-z1}{L1(x)} \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} L2_X \\ L2_y \\ L2_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dfrac{x-x2}{L2(x)} \\ \dfrac{y-y2}{L2(x)} \\ \dfrac{z-z2}{L2(x)} \end{pmatrix};$$

$$\begin{pmatrix} L3_X \\ L3_y \\ L3_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dfrac{x-x3}{L3(x)} \\ \dfrac{y-y3}{L3(x)} \\ \dfrac{z-z3}{L3(x)} \end{pmatrix}; \quad \begin{pmatrix} L4_X \\ L4_y \\ L4_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dfrac{x-x4}{L4(x)} \\ \dfrac{y-y4}{L4(x)} \\ \dfrac{z-z4}{L4(x)} \end{pmatrix}.$$

Используя известные методы аналитической геометрии, величины обобщенных скоростей $v1$, $v2$, $v3$ и $v4$ определим как проекции вектора линейной скорости v на вектора $\overrightarrow{L1}$, $\overrightarrow{L2}$, $\overrightarrow{L3}$, $\overrightarrow{L4}$, то есть

$$\begin{pmatrix} v1 \\ v2 \\ v3 \\ v4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dfrac{(L1_X \cdot kF_{\text{вн}X}) + (L1_Y \cdot kF_{\text{вн}Y}) + (L1_Z \cdot kF_{\text{вн}Z})}{\sqrt{kF_{\text{вн}X}^2 + kF_{\text{вн}Y}^2 + kF_{\text{вн}Z}^2}} \\ \dfrac{(L2_X \cdot kF_{\text{вн}X}) + (L2_Y \cdot kF_{\text{вн}Y}) + (L2_Z \cdot kF_{\text{вн}Z})}{\sqrt{kF_{\text{вн}X}^2 + kF_{\text{вн}Y}^2 + kF_{\text{вн}Z}^2}} \\ \dfrac{(L3_X \cdot kF_{\text{вн}X}) + (L3_Y \cdot kF_{\text{вн}Y}) + (L3_Z \cdot kF_{\text{вн}Z})}{\sqrt{kF_{\text{вн}X}^2 + kF_{\text{вн}Y}^2 + kF_{\text{вн}Z}^2}} \\ \dfrac{(L4_X \cdot kF_{\text{вн}X}) + (L4_Y \cdot kF_{\text{вн}Y}) + (L4_Z \cdot kF_{\text{вн}Z})}{\sqrt{kF_{\text{вн}X}^2 + kF_{\text{вн}Y}^2 + kF_{\text{вн}Z}^2}} \end{pmatrix}, \tag{11}$$

где k – некоторый постоянный коэффициент передачи, связывающий величину внешней возмущающей силы $F_{\text{вн}}$ и линейной скорости движения нагруженного схвата манипулятора v.

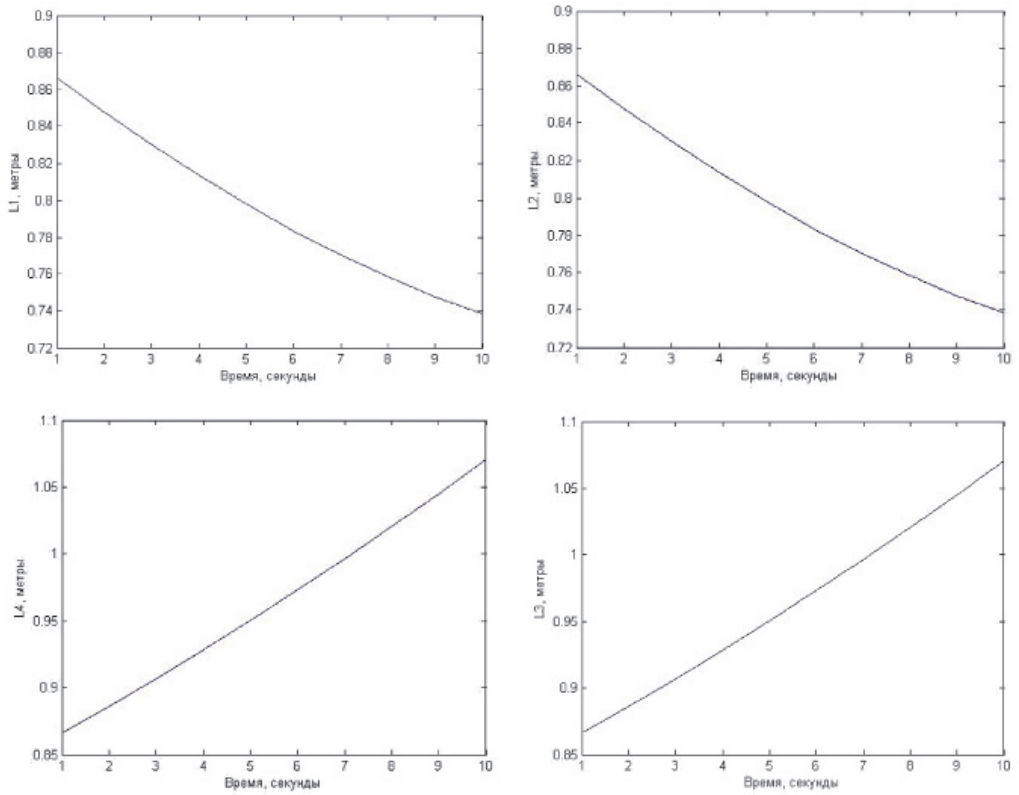


Рис. 3. Изменение длин тросов для перемещения нагруженного схвата согласно заданному вектору внешней силы

Для проверки адекватности полученной математической модели с использованием среды Matlab 7.11.0 (R2010b) была разработана компьютерная модель, позволяющая для заданной конфигурации параллельного манипулятора (координатам установки вертикальных колонн ($x1$, $y1$, z1), ($x2$, $y2$, z2), ($x3$, $y3$, z3), ($x4$, $y4$, z4)), веса груза mg, его начальным координатам ($x_{нач}$, $y_{нач}$, $z_{нач}$), а также величинам приращения усилий в его звеньях ΔT_1, ΔT_2, ΔT_3, ΔT_4, вызванным воздействием внешней возмущающей силы $F_{вн}$, рассчитать координаты вектора $F_{вн}$, а также изменение длин и скоростей обобщенных координат при движении нагруженного схвата вдоль линейной траектории, определяемой величиной и направлением силы $F_{вн}$.

Результаты компьютерного моделирования для случая, когда вертикальные колонны установлены в точках P_1(1; 0; 1), P_2(1; 1; 1), P_3(0; 0; 1), P_4(0; 1; 1), вес груза mg = 1, координаты точки, определяющей его начальное положение в пространстве $M_{нач}$ (0,5;0,5;0,5), вектор внешней возмущающей силы направлен параллельно плоскости XOY и величины приращений $\Delta T_1 = 0{,}87$, $\Delta T_2 = 0{,}015$, $\Delta T_3 = -0{,}85$, $\Delta T_4 = 0$, представлены на рисунках.

В настоящей статье приведена математическая модель, позволяющая определить вектор внешней возмущающей силы по величине усилий в звеньях параллельного манипулятора. В результате полученных систем нелинейных уравнений математическая модель позволяет отслеживать усилие не только в горизонтальной плоскости, но также в любом 3D направлении. Также данная система позволит в режиме реального времени отслеживать текущее внешнее усилие и регулировать скорость перемещения груза. В среде Matlab была разработана компьютерная модель. В результате моделирования получены результаты, которые свидетельствуют об адекватной полученной математической модели.

Данные исследования могут быть использованы при проектировании САУ данного манипулятора с целью транспортировки груза за счет прямого влияния на процесс перемещения. влияния на процесс перемещения.

Работа выполнена в рамках гранта (проекта) РФФИ 14-08-31484.

Список литературы

1. Башарин А.В. Управление электроприводами. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с., ил.

2. Валюкевич Ю.А., Алепко А.В. Планирование траектории перемещения манипулятора с подвесом схвата на гибких звеньях (часть 1) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки». – Новочеркасск, 2011. – № 6 (159).

3. Валюкевич Ю.А. Планирование траектории перемещения манипулятора с подвесом схвата на гибких звеньях (Часть 2) / Ю.А. Валюкевич, А.В. Алепко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2012. – № 1 (160). – С. 2831.

4. Чистяков А.Ю. Роботизированные системы с механизмами параллельной структуры на основе подвесных платформ: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.05. – СПб., 2006. – 139 с. РГБ ОД, 61:06-5/2483

5. Jason J. Gorman, Kathryn W. Jablokow, and David J. Cannon. The cable array robot: Theory and experiment. In Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation, pages 2804–2810, Seoul, Korea, May 2001.

References

1. Basharin A.V. Upravlenie jelektroprivodami. L.: Jenergoizdat, 1982. 392 p., il.

2. Valjukevich Ju.A., Alepko A.V. Planirovanie traektorii peremeshhenija manipuljatora s podvesom shvata na gibkih zvenjah (chast 1) // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Tehnicheskie nauki». Novocherkassk, 2011. no. 6 (159).

3. Valjukevich Ju.A. Planirovanie traektorii peremeshhenija manipuljatora s podvesom shvata na gibkih zvenjah (Chast 2) / Ju.A. Valjukevich, A.V. Alepko // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Tehnicheskie nauki. 2012. no. 1 (160). pp. 28 31.

4. Chistjakov A.Ju. Robotizirovannye sistemy s mehanizmami parallelnoj struktury na osnove podvesnyh platform: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.02.05. SPb., 2006. 139 s. RGB OD, 61:06-5/2483

5. Jason J. Gorman, Kathryn W. Jablokow, and David J. Cannon. The cable array robot: Theory and experiment. In Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation, pages 2804–2810, Seoul, Korea, May 2001.

УДК 620.17

ШТАМПОВКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ГОРЯЧИХ ШТАМПАХ

Готлиб Б.М., Сергеев Р.Ф.

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург, e-mail: gotlib@usurt.ru

Приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований температурных полей штампов при штамповке крупногабаритных изделий из алюминиевых и высокопрочных сплавов. Определены температурно-временные режимы штамповки крупногабаритных изделий в горячих штампах, приближенные к изотермической штамповке. Экспериментальное исследование температурных полей в штампе выполнено в промышленных условиях на мощном вертикальном гидравлическом прессе усилием 300 МН. Для замера температурных полей использовали термопары, встроенные в тело штампа. Аналитическое исследование нестационарных температурных полей проведено с использованием приближенных вариационных методов. Показано, что штамповка крупногабаритных алюминиевых изделий в горячих штампах может быть реализована в режимах, близких к изотермическим даже без использования дополнительного нагрева штампов встроенными нагревателями. При штамповке крупногабаритных изделий из высокопрочных сплавов можно построить температурно-временной режим штамповки, приближающийся к изотермическому за счет создания временных пауз между штамповкой отдельных изделий. Полученные результаты исследования можно использовать для совершенствования технологии штамповки крупногабаритных изделий на мощных прессах.

Ключевые слова: горячие штампы, температурное поле, изотермический режим штамповки, мощный пресс, крупногабаритное изделие

LARGE-SIZED DIE FORGING IN HOT DIES

Gotlib B.M., Sergeev R.F.

Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, e-mail: gotlib@usurt.ru

The results of analytical and experimental research of temperature fields in stamping dies of large-sized products of aluminum and high-strength alloys have been brought. The temperature-time modes of large-sized products forming in hot dies, approximated to isothermal forging have been set up. Experimental study of temperature fields in the die is made in industrial conditions on a powerful vertical hydraulic press 300 MN. For the measurement of temperature fields the thermocouple embedded in the body of the die were used. Analytical study of unsteady temperature fields was conducted with the use of approximate variational methods. It has been shown that aluminum large-sized products forming in hot dies may be implemented in nearly isothermal conditions, even without additional heating of stamps with the help of embedded heaters. When stamping large-sized products of high-strength alloys a time-temperature regime approaching isothermal forging through the creation of temporary pauses between the individual stamping products can be created. The obtained results of the study can be used to improve the technology of large-sized products forming with powerful presses.

Keywords: large-sized products, powerful press, isothermal forging, temperature field, hot dies

Одним из способов получения точных крупногабаритных изделий из легких сплавов и специальных высокопрочных сталей и сплавов методами горячей штамповки является изотермическая штамповка и штамповка крупногабаритных изделий в горячих штампах, нагретых ниже температуры штампуемой заготовки (в условиях, приближающихся к изотермической штамповке). По сравнению с традиционными методами изотермическая штамповка имеет ряд преимуществ, дающих возможность повысить коэффициент использования металла до 0,5...0,9 против 0,1...0,2, а также снизить припуски и повысить точность размеров штампуемых изделий. Применение изотермической штамповки позволяет получать точные изделия с ребрами высотой 100...150 мм и толщиной 1...1,5 мм с минимальными штамповочными уклонами 0...30′. При этом появляется возможность вести процесс горячей штамповки на низких скоростях, используя при необходимости состояние сверхпластичности материала (необходимое условие для осуществления этого процесса состоит в создании равновесной структуры обрабатываемого материала с величиной зерна 5...10 мкм).

Однако возможности изотермической штамповки высокопрочных сплавов в значительной степени ограничены в связи с необходимостью применения штампов из сплавов на молибденовой основе. Применение таких штампов возможно только в вакуумированных установках или инертной среде, что повышает трудоемкость и стоимость процесса штамповки, усложняет конструкцию пресса. Штампы на никелевой основе позволяют осуществлять штамповку на воздухе при температуре до 900...950 °С. Но из этих сплавов нельзя получить штамповые заготовки больших размеров, и, кроме того,

они отличаются высокой стоимостью и трудоемкостью при механической обработке.

Все это ограничивает применение изотермической штамповки для получения крупногабаритных изделий из высокопрочных сплавов. В то же время изотермическая штамповка крупногабаритных изделий из алюминиевых сплавов успешно реализована на гидравлических прессах усилием 300 МН в Великобритании (фирма Cameron), России (ОАО «КУМЗ») и во Франции на прессе усилием 650 МН (фирма Cegedur Pehiney). Для штамповки же крупногабаритных изделий из высокопрочных сталей и сплавов на практике нашел применение способ штамповки в горячих штампах, нагретых ниже температуры заготовки (так называемый способ «квазиизотермической» штамповки). В этом случае можно обойтись без изотермической установки для активного обогрева штампового набора [1, 2, 3].

Цель исследования. При штамповке крупногабаритных изделий из алюминиевых сплавов в горячих штампах без активных нагревателей наблюдается медленное снижение температуры штампов в процессе непрерывной штамповки заготовок. При штамповке же изделий из высокопрочных сплавов, наоборот, наблюдается интенсивное повышение температуры рабочей поверхности штампов на 25...40°С за один цикл штамповки [1]. В процессе непрерывной штамповки 7...8 изделий температура рабочей поверхности штампа достигает предельно допустимых значений 550...580°С, соответствующих температуре отпуска штампа из стали 5ХНМ [2, 3, 4, 5].

Поэтому необходимо создавать паузы между штамповками для естественного охлаждения штампового набора. Изменяя среднюю скорость штамповки и создавая паузы между штамповкой от одного изделия к другому (в зависимости от фактической температуры штампов), можно изготовить партию изделий в условиях, близких к изотермическим.

Поэтому целью настоящей работы является исследование температурно-временных режимов штамповки крупногабаритных изделий в горячих штампах, приближающих их к изотермической штамповке.

Материалы и методы исследования

Распределение температурных полей в крупногабаритных горячих штампах было получено в результате экспериментального и аналитического исследования процессов штамповки изделий из алюминиевых и титановых сплавов на мощных вертикальных гидравлических прессах.

Экспериментальное исследование температурных полей в штампе выполнялось в промышленных условиях на мощном гидравлическом прессе усилием 300 МН. Для замера температурных полей в штампе высверливали трехступенчатые по глубине отверстия диаметром 28, 18 и 10 мм с различными расстояниями от рабочей поверхности штампа. В отверстия забивали пробки с зачеканенными в них термопарами. Расстояния от спая первой термопары до рабочей поверхности штампа выбирали минимальным, но, исходя из условий прочности штампа, это расстояние составляло не менее 10 мм. Всего в тело штампа для штамповки круглой заготовки из титанового сплава ВТ9 было установлено 7 термопар в трех положениях по радиусу штампа.

Аналитические исследования нестационарных температурных полей при штамповке круглых дисков из титанового сплава ВТ9 проведены с использованием приближенно-аналитической реализации пошагового вариационного метода решения нестационарных связанных краевых задач пластического деформирования (тепловой части связанной задачи) [1].

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 приведены экспериментальные данные об интенсивности охлаждения при отсутствии нагревателя штампового набора в паузах между штамповками на прессе усилием 650 МН (Cegedur Pehiney – Франция). Замер температуры осуществлялся штыковой термопарой [4].

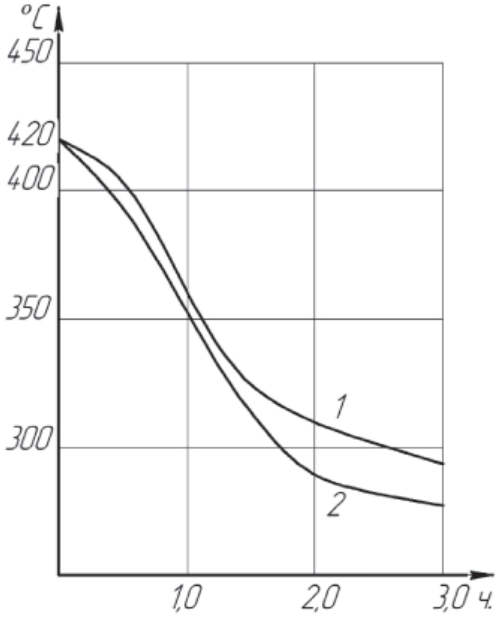


Рис. 1. График охлаждения штампового набора на прессе усилием 650 МН: 1 – с изоляцией из асбокартона между штампом и подштамповой плитой; 2 – без изоляции

Слежение за температурой штампового набора вертикального гидравлического пресса усилием 300 МН (масса штампового набора около 58 т), оборудованного нагревателями общей мощностью 350...390 кВт,

при штамповке заготовок массой 118...173 кг из алюминиевого сплава Д1 показало, что интенсивность охлаждения штампов (при выключенных нагревателях) в паузу между штамповками составляет 50...60°С в час. В процессе штамповки каждой заготовки (при включенных нагревателях) – на 20...30°С. В процессе непрерывной штамповки заготовок температура штампа надолго стабилизируется около 450°С (при температуре нагрева штампов в печи 400...450°С и температуре штампуемых заготовок 420...470°С). В целом же наблюдается медленное снижение температуры штампов: при предварительной штамповке на 200°С за 26 часов работы, при окончательной штамповке на 120°С за 6 часов. Следует отметить, что невысокая тепловая мощность нагревателя (около 6,7 Вт/кг штамповой оснастки) восполняет только роль активной теплозащиты штампов от охлаждения [1].

В табл. 1 приведены результаты измерения температурного поля штампа в процессе штамповки дисков из титанового сплава ВТ9 (радиус и высота диска соответственно $R_ш = 0{,}31$ м и $H_ш = 0{,}05$ м, радиус и высота штампа – $R = 0{,}8$ м и $H = 1{,}5$ м). Материал штампа – сталь 5ХНМ.

На рис. 2 показана схема расположения термопар в теле штампа и расстояние от этих точек до рабочей поверхности штампа.

Аналитическая задача определения температурных полей решалась для круглого штампа конечных размеров (R, H) с учетом геометрических размеров гравюры штампа ($R_ш$, $H_ш$). Процесс штамповки одной заготовки делится на 2 этапа: первый этап – сжатие заготовки (процесс доштамповки), второй – охлаждение штампа на воздухе (пауза между подачей следующей заготовки). Длительность этапов соответственно 30 и 90 с.

Таблица 1

Экспериментальные данные по распределению температур в штампе ДТ-152

Номера точек	Номера дисков							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	355	360	365/370	380/385	390	400	400	380/360
2	–	–	–	–	–	–	–	340/345
3	350	350	370/400	395/430	420	440	470	345/350
4	350	350	350	350/355	355	360	365	360/355
5	–	350	390	390/395	395	405	410	350/355
6	–	–	405	410/420	425	430	450	355/350
7	–	–	–	375/380	380	400	400	350/360
	9	10	11	12	13	14	15	
1	375	375	385	395	400	400	–	
2	–	–	–	–	–	–	–	
3	375	360	385	400	420	420	445	
4	350	350	355	355	360	365	–	
5	360	370	380	390	400	405	–	
6	360	380	395	400	410	430	–	
7	350	355	360	365	380	385	–	

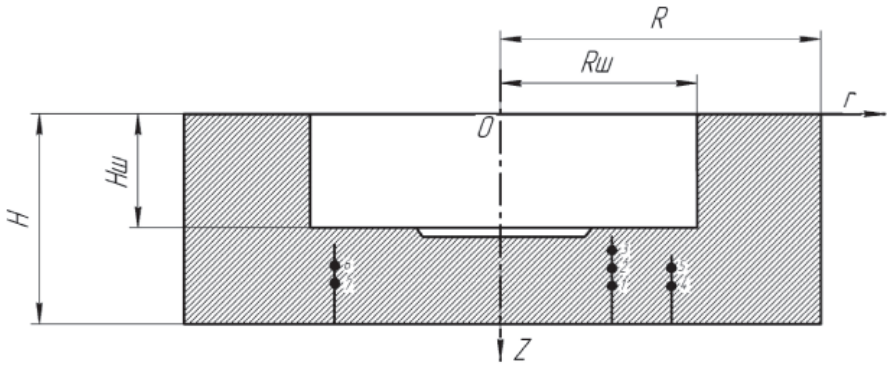


Рис. 2. Схема расположения термопар в теле штампа:
1 – 115 мм; 2 – 47 мм; 3 – 18 мм; 4 – 118 мм; 5 – 61 мм; 6 – 65 мм; 7 – 119 мм

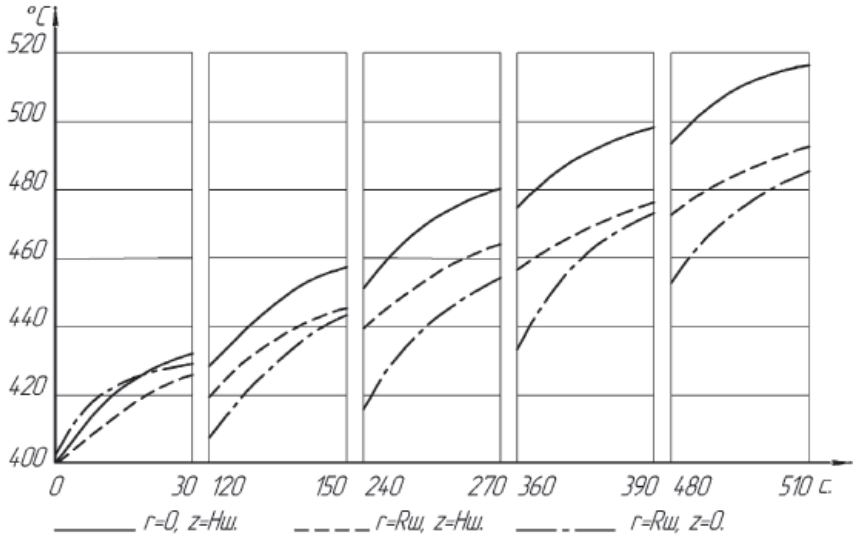


Рис. 3. Изменение температуры некоторых точек гравюры штампа при непрерывной штамповке пяти заготовок

На рис. 3 и в табл. 2 приведены расчетные и экспериментальные значения температур некоторых точек штампа в зависимости от времени штамповки и числа последовательных штамповок из титанового сплава (при условии применения стеклоэмалевых покрытий).

Результаты исследования свидетельствуют, что при штамповке крупногабаритных изделий их алюминиевых сплавов в горячих штампах, нагретых в печи до температуры 400...450 °C и при температуре штампуемых заготовок 420...470 °C, создаются условия для изотермической штамповки, даже в том случае, если штамповые наборы не оборудованы нагревателями.

Таблица 2

Распределение температур в объеме штампа

r	Z-$H_ш$, мм	1		2		3		4		5	
		$T_н$	$T_к$	$T_н$	$T_к$	$T_н$	$T_к$	$T_н$	$T_к$	$T_н$	$T_к$
0	0	400	429	428	455	452	479	474	499	494	518
	50	399	422	422	444	442	463	459	479	476	495
	100	398	415	416	433	432	448	446	461	459	472
	150	396	409	409	422	422	434	433	443	443	453
	205	393	402	403	412	412	421	421	429	428	436
	0	400	423	426	452	449	474	470	493	488	511
	50	399	421(430)	420	441(445)	437	456(460)	455	472(470)	471	488(490)
$R_ш/2$	100	398	415(415)	414	431(430)	429	445(440)	443	457(450)	455	467(460)
	150	395	408	409	421	420	431	430	441	440	449
	200	393	402	403	411	411	411	419	426	425	433
	$-H_ш$	400	428	403	441	418	456	433	471	446	484
	$-H_ш/2$	400	426	414	441	430	457	446	472	460	485
	0	400	423	421	443	439	459	455	474	469	488
$R_ш$	50	399	417(410)	416	433(440)	430	447(445)	444	459(450)	455	470(465)
	100	398	412(410)	411	424(420)	423	435(430)	433	444(450)	442	453(450)
	150	396	406	406	415	415	424	423	431	421	438
	200	393	400	400	407	407	413	413	419	418	424

Примечания: $T_н$ и $T_к$ – начальная и конечная температуры этапа сжатия; в скобках приведены экспериментальные значения температур.

Аналитические и экспериментальные исследования температурных полей в теле крупногабаритных штампов при штамповке изделий из титановых сплавов подтвердили, что в процессе непрерывной штамповки температура рабочей поверхности штампа повышается на 25...35°С, и после штамповки 7...8 изделий достигает температуры 550...580°С. Во время же паузы между штамповками штамп успевает охладиться только на 5...10°С. На расстоянии около 250 мм от рабочей поверхности штампа температура практически остается неизменной в процессе штамповки. Градиент температуры по топологии штампуемого диска на оси симметрии составляет около 100°С, снижаясь до 60°С при пятой штамповке. Это снижение градиента обуславливается разогревом штампа в процессе штамповки, приближающим процесс штамповки к изотермическому.

За счет создания пауз между штамповками отдельных изделий для естественного охлаждения штампового набора можно выдержать температуру штампа на допустимо высоком уровне в процессе штамповки партии изделий, приближающую режим штамповки к изотермическому.

Выводы

1. Исследованы температурно-временные режимы штамповки крупногабаритных изделий из алюминиевых и высокопрочных сплавов и сталей.

2. Показано, что при штамповке крупногабаритных изделий из алюминиевых сплавов можно обеспечить режим штамповки, приближающийся к изотермическому (даже без использования дополнительных нагревателей штампового набора). При дополнительном оснащении прессов нагревателями штампового набора мощностью 10...15 Вт/кг штамповой оснастки можно реализовать изотермический режим штамповки.

3. При штамповке крупногабаритных изделий из высокопрочных сплавов, за счет создания пауз между штамповками, можно реализовать температурно-временной режим штамповки изделий в горячих штампах, приближающийся к изотермическому. Для обеспечения же изотермического процесса штамповки необходимо оборудовать мощные гидравлические прессы водоохлаждаемыми подштамповыми плитами и системой терморегулирования процесса штамповки.

4. Полученные результаты исследования можно использовать для совершенствования технологий штамповки крупногабаритных изделий на мощных прессах.

Список литературы

1. Готлиб Б.М., Добычин И.А., Готлиб М.Б. Автоматизированные кузнечно-прессовые комплексы (опыт создания и эксплуатации). – Екатеринбург: Изда-во Уральской государственной академии путей сообщения, 1998. – 647 с.

2. Готлиб Б.М., Крещенко И.Н., Сергеев Р.Ф. Интеллектуализация процессов обработки металлов давлением: концептуальное проектирование технологических процессов и систем управления // Интеллектуальные системы управления: коллективная монография. – М.: машиностроение, 2010. – С. 272–287.

3. Готлиб Б.М., Сергеев Р.Ф., Вакалюк А.А. Механические свойства штамповых сталей // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id = 10828 (дата обращения: 24.12.2015).

4. Белов А.Ф., Розанов Б.В., Линц В.П. Объемная штамповка на гидравлических прессах. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: машиностроение, 1986. – 240 с.

5. Готлиб Б.М., Сергеев Р.Ф. Повышение стойкости крупногабаритных штампов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id = 17043 (дата обращения: 24.12.2015).

References

1. Gotlib B.M., Dobychin I.A., Gotlib M.B., *Avtomatizirovannye kuznechno-pressovye kompleksy (opyt sozdanija i jekspluatacii)*. [Automated forge-and-press complexes (development and exploitation experience)], Ekaterinburg, Izda-vo Uralskoj gosudarstvennoj akademii putej soobshhenija, 1998. 647 p.

2. Gotlib B.M., Kreshhenko I.N., Sergeev R.F. *Intellektualizacija processov obrabotki metallov davleniem: konceptualnoe proektirovanie tehnologicheskih processov i sistem upravlenija // Intellektualnye sistemy upravlenija: kollektivnaja monografija.* Moscow, mashinostroenie, 2010, pp. 272–287.

3. Gotlib B.M., Sergeev R.F., Vakaljuk A.A., *Mehanicheskie svojstva shtampovyh stalej. – Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2013, no. 6, available at: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id = 10828 (accessed 24 December 2015).

4. Belov A.F., Rozanov B. V., Linc V.P., *Obyemnaja shtampovka na gidravlicheskih pressah. – 2-e izd, pererab. I dop*. (Forging on hydraulic presses. – 2nd edition), Moscow, mashinostroenie, 1986. 240 p.

5. Gotlib B.M., Sergeev R.F., *Povyshenie stojkosti krupnogabaritnyh shtampov*. *– Sovremennye problemy nauki i obrazovanija.* 2014, no 6, available at: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id = 17043 (accessed 24 December 2015).

УДК 662.61:66.071.9:66.074.3

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КИНЕТИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СУЛЬФАТНО-КАРБОНАТНЫХ РАСПЛАВОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ МОНООКСИДОМ УГЛЕРОДА

[1]Досмухамедов Н.К., [2]Каплан В.А., [1]Жолдасбай Е.Е., [1]Досмухамедов Д.Н.

[1]Научно-исследовательский центр «ИНТЕГМО», Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, e-mail: nurdos@bk.ru;

[2]Научный институт имени Вейцмана, Израиль, Ришон-ле-Цион

В настоящей работе на основании результатов экспериментальных исследований, полученных при восстановлении сульфатно-карбонатных расплавов щелочных металлов монооксидом углерода, построена математическая модель кинетики взаимодействия сульфатов щелочных металлов монооксидом углерода (CO). Учитывая, что зависимость остаточной концентрации серы в расплаве от времени продувки расплава восстановителем CO, независимо от условий ведения экспериментов (различная исходная концентрация сульфата, температура), остается линейной до полного ее удаления из сульфатно-карбонатного расплава, для скорости реакции взаимодействия сульфатов щелочных металлов с монооксидом углерода, с учетом изменения расхода подаваемого CO(v), построена зависимость изменения концентрации сульфата в расплаве f_s от величины v. Для описания кинетики реакции восстановления сульфатов щелочных металлов CO были применены дифференциальные кинетические уравнения, которые описывали: временную зависимость скорости изменения серы, оставшейся в расплаве; зависимость скорости изменения количества CO над расплавом; поток CO в реакторе; количество CO, абсорбированное расплавом, и поток CO, выходящий из реактора. На основании решения дифференциальных уравнений определен порядок реакции и найдены значения константы скорости реакции для различных условий восстановления сульфатов монооксидом углерода. Построены кривые аппроксимации, описывающие изменения концентрации сульфата в расплаве и давления CO над расплавом в зависимости от изменения величины v – расхода подаваемого CO. Сравнительный анализ полученных кривых с экспериментальными кривыми показал оптимальное их соответствие при порядке реакции $n = 2$. При $n = 1$ аналогичное соответствие получилось несколько хуже. При $n = 3$ для исследованных температур 480 и 550°C соответствия расчетных кривых с экспериментальными данными практически не было обнаружено. Полученные данные позволяют проводить оценку по выбору конструктивных размеров реакторов, необходимых для проведения процесса регенерации карбонатно-сульфатного расплава для каждого отдельно взятого случая.

Ключевые слова: регенерация, сера, сульфатно-карбонатный расплав, монооксид углерода, математическая модель, кинетика

MATHEMATICAL MODEL OF REDUCTION KINETICS OF SULFATE-CARBONATE MELTS ALKALI METALS CARBON MONOXIDE

[1]Dosmukhamedov N.K., [2]Kaplan V.A., [1]Zholdasbay E.E., [1]Dosmukhamedov D.N.

[1]Research Center «INTEGMO» Kazakh National Research Technical University, Almaty, e-mail: nurdos@bk.ru;

[2]Weizmann Institute of Science, Israel, Rishon-le-Zion

In this paper, based on the experimental results obtained in the reduction of sulfate-carbonate melts of alkali metals with carbon monoxide, a mathematical model of the kinetics of the interaction of alkali metal sulfate with carbon monoxide (CO). Given the dependence of the residual concentration of sulfur in the melt from the flow time of the melt reducing CO, regardless of the conditions of reference experiments (different initial sulphate concentration, temperature) remains linear until its complete removal from the sulfate-carbonate melt, to speed the reaction between sulfates of alkali metals carbon monoxide, taking into account the changes in feed rate of CO(v), a plot of change in the concentration of sulfate in the melt f_s from the value v. To describe the kinetics of the reaction of alkali metal sulfate reduction of CO were applied differential kinetic equations that describe: the time dependence of the rate of change of the remaining sulfur in the melt; dependence of the rate of change amounts of CO above the melt; stream from the reactor; the amount of CO adsorbed and the melt flow of CO exiting the reactor. Based on the solution of differential equations determined the reaction order and found the values of the rate constant for different conditions sulfate reduction in carbon monoxide. Curves approximation describing the changes in the concentration of sulfate in the melt and pressure from above the melt, depending on depending on changes in the value of $\boldsymbol{v}$ – Flow Serve with. Comparative analysis of the curves obtained with the experimental curves showed the best of their compliance with the order of reaction $n = 2$. For $n = 1$ a similar line got a little bit worse. For $n = 3$ for the investigated temperature of 480 or 550°C corresponds to the calculated curves with the experimental data almost was not found. These data allow an assessment of the choice of structural dimensions of reactors required for the regeneration process of carbonate-sulphate melt for each individual case.

Keywords: regeneration, sulfur, sulfate-carbonate melt, carbon monoxide, a mathematical model, kinetics

Основным признаком химических систем, позволяющим выделить их в отдельный класс из общей совокупности термодинамических систем, является измерение состава системы в результате протекания химических реакций. Для полной характеристики системы кроме задания любых двух переменных (давления и температуры, объема и температуры и др.) необходимо знать и состав системы – концентрации всех

составляющих систему веществ. При этом целесообразно задавать такой минимальный набор веществ, который при известном механизме химических превращений позволял определять весь состав химической системы. Такой подход позволяет при изучении сложных явлений и проведении термодинамических расчетов использовать математические теории оптимального эксперимента [2–6].

В настоящей работе на основании результатов экспериментальных исследований процесса регенерации сульфатно-карбонатного расплава щелочных металлов путем восстановления монооксидом углерода (CO) построена адекватная математическая модель кинетики процесса, позволяющая оценивать изменения концентрации серы, оставшейся в расплаве, в зависимости от расхода CO.

В качестве исходных данных при построении искомой математической модели кинетики процесса восстановления сульфатно-карбонатных расплавов щелочных металлов CO использованы результаты экспериментальных исследований по установлению изменений концентрации серы в сульфатно-карбонатном расплаве в зависимости от расхода CO.

Эксперименты проводились с исходным содержанием сульфата натрия в расплаве – c_{in} = 1,1 масс.% и c_{in} = 2,1 масс.%, что в пересчете на мольное количество составляло c_{in} = 0,68 ммоль/см^3 и c_{in} = 1,36 ммоль/см^3 при температуре 550°C и исходным содержанием сульфата c_{in} = 1,36 ммоль/см^3 при температуре 480°C.

Расход подаваемого в расплав восстановителя – CO, во всех опытах был постоянным и поддерживался на уровне 1,5 см^3/с.

Методика исследований и порядок проведения экспериментов подробно описаны в работе [1].

Математическая модель кинетики процесса восстановления сульфатно-карбонатных расплавов щелочных металлов монооксидом углерода (CO)

Полученные в работе [1] результаты показывают, что при обработке сульфатно-карбонатного расплава CO основное удаление серы из расплава начинается при минимальных расходах CO и достигает максимальных значений, при расходах восстановителя 8, 15 и 25 л соответственно, в зависимости от исходного содержания серы в исходной смеси – C_{in} = 1,1 масс.% и C_{in} = 2,1 масс.% и различной температуры (рис. 1).

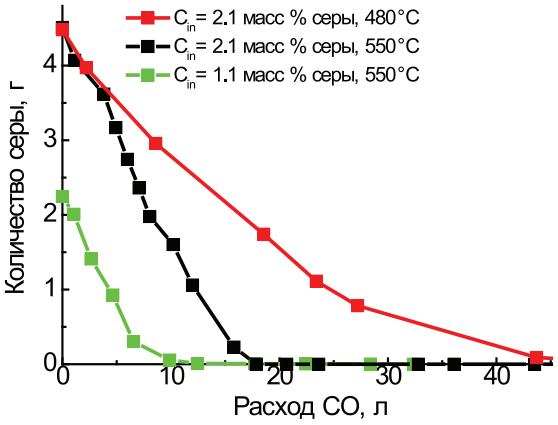


Рис. 1. Зависимость изменения содержания серы в сульфатно-карбонатном расплаве от расхода восстановителя – CO

$$Me_2SO_4 \rightarrow 4CO \rightarrow COS + 2CO_2 + Me_2CO_3; \quad Me = Li, Na, K. \qquad (1)$$

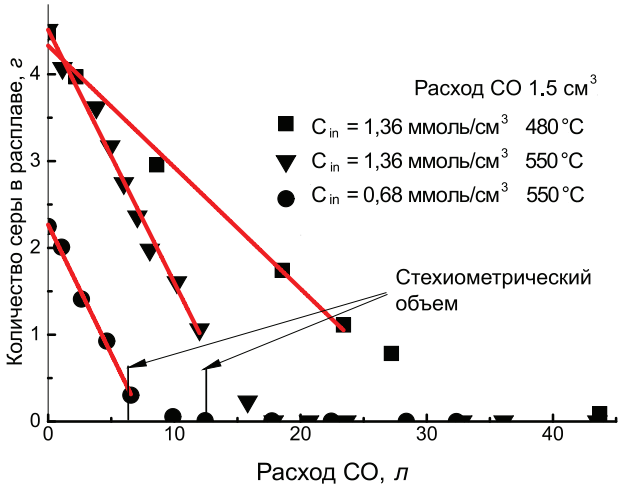


Рис. 2. Зависимость изменения содержания серы в сульфатно-карбонатном расплаве от расхода восстановителя – CO: прямые линии – результаты линейной аппроксимации экспериментальных кривых

Результаты линейной аппроксимации экспериментальных кривых показывают, что основное количество удаляемой из расплава серы, в зависимости от расхода CO, достаточно хорошо описывается прямыми линиями (рис. 2).

Нормализуя данные экспериментальных точек (рис. 2) для скорости реакции взаимодействия сульфатов щелочных металлов с монооксидом углерода, с учетом изменения расхода подаваемого CO (v), можно построить зависимость изменения концентрации сульфата в расплаве f_s от величины v.

Значение величины $\boldsymbol{v}$ определяли исходя из выражения

$$v = A \cdot k \cdot (P_{CO})^n \cdot C_{Me_2SO_4},$$

где A – площадь контакта расплава с газом CO; k – константа скорости реакции (1) (рис. 2); P_{CO} – парциальное давление CO над расплавом; $C_{Me_2SO_4}$ – концентрация сульфата щелочных металлов; n – порядок реакции.

Расчетные значения f_s определяли путем нормализации экспериментальных данных, исходя из выражения: $f_s = C_s/C_{in}$, где C_s, C_{in} – концентрация серы в расплаве на данный момент времени и в исходном расплаве соответственно, моль/см^3. Нормализуя значения CO для стехиометрического его объема, можно записать выражение, определяющее значения величины $v = V_{co}/V_{st}$, представляющего отношение объема CO, пропущенного через реактор V_{co} ($V_{co} = t \cdot r$, где t – время, мин; r – скорость потока CO, см^3/с) к стехиометрическому объему монооксида углерода V_{st}, который необходим по реакции (1). Значения величины V_{st} определяли исходя из выражения

$$V_{st} = 4C_{in} \cdot V_{моль} \cdot V_{melt}.$$

В результате нормализации экспериментальных данных и проведенных расчетов по определению значений f_s и v для температуры 550°C и различного содержания серы в исходном расплаве построены окончательные кривые, которые показаны на рис. 3.

Нетрудно видеть, что расчетные кривые аппроксимации достаточно хорошо описывают экспериментальные результаты.

Интересным представляется факт, что при температуре 550°C расчетные кривые изменения концентрации серы в расплаве, несмотря на существенное (2 раза) различие концентрации серы в исходных расплавах – 0,68 и 1,36 ммоль/см^3, на начальном участке удаления основного количества серы практически совпадают с экспериментальными кривыми. Это свидетельствует о том, что скорость реакции (1) определяется исключительно изменением концентрации сульфатов щелочных металлов в расплаве и для ее описания можно применять уравнение первого порядка.

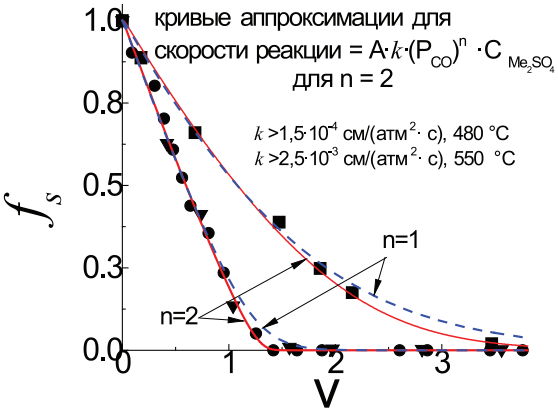


Рис. 3. Зависимость изменения концентрации серы f_s от скорости протекания реакции (1), v

В термодинамической системе газ – расплав реакция взаимодействия газа с расплавом протекает на поверхности расплава. Тогда скорость протекания реакции (1) – $\boldsymbol{v}$ может быть определена исходя из выражения:

$$v = k \cdot A_r \cdot C_s \cdot (P_{CO})^n, \qquad (2)$$

где A_r – площадь контакта между расплавом и газом, см^2; P_{CO} – парциальное давление CO, атм.; k – константа реакции (1).

При выбранных параметрах константа скорости реакции k имеет размерность см/(атм^n·с), где n – порядок реакции для давления CO, то есть n может быть теоретически любой целой величиной от 1 до 4. Так как значение свободной энергии Гиббса (ΔG) реакции (1) намного превышает величину произведения $\Delta G >> RT$ (7 кДж/моль при 550°C), обратной реакцией можно пренебречь. Тогда для описания кинетики реакции (1) можно применить следующие дифференциальные кинетические уравнения:

$$\frac{d\left(C_s \cdot V_{melt}\right)}{dt} = -C_s \cdot P_{CO}^n \cdot k \cdot A_r; \qquad (3)$$

$$\frac{d\left(\left(\frac{P_{CO}}{P_0}\right)\frac{V_{free}}{V_{mol}}\right)}{dt} = C_s \cdot P_{CO}^n \cdot k \times \times A_r \cdot \left(\frac{P_{CO}}{P_0} - 4\right) + \frac{r}{V_{mol}}\left(1 - \frac{P_{CO}}{P_0}\right), \qquad (4)$$

где r – скорость потока CO внутри реактора, см^3/с; P_{CO} – парциальное давление CO, атм.; P_0 – стандартное парциальное давление, атм.; $V_{моль}$ – молярный объем газа, см^3/моль.

Уравнение (3) описывает временную зависимость скорости изменения серы, оставшейся в расплаве, а уравнение (4) – зависимость скорости изменения количества CO над расплавом. Полученные уравнения также описывают поток CO в реакторе, количество CO, абсорбированное расплавом, и поток CO, выходящий из реактора.

Дифференциальные уравнения (3), (4) содержат два неизвестных параметра: константу скорости реакции k и порядок реакции – n.

Для расчета нормализованных кривых, приведенных на рис. 2, уравнения (3) и (4) были преобразованы в следующий вид:

$$\frac{df_s}{dv} = -f_s \cdot p^n \cdot k_n; \qquad (5)$$

$$\frac{dp}{dv} = f_s \cdot p^n \cdot k_n \cdot A_V \times \times (p-4) + V_r \cdot (1-p), \qquad (6)$$

где $f_s = C_s/C_{in}$ – доля исходной концентрации серы, оставшейся в расплаве после процесса регенерации; $P = P_{CO}/P_0$ – парциальное давление CO над расплавом, (P_0 = 1 атм.); $v = t \cdot r/V_{st}$ – объем CO, пропущенный через реактор в относительных единицах, соответствующих стехиометрическому объему; $V_{st} = 4C_{in} \cdot V_{моль} \cdot V_{melt}$ – объем CO исходя из стехиометрии реакции (1); $k_n = 4 \cdot k \cdot A_r \cdot C_{in} \cdot V_{моль}/r$ – нормализованная константа скорости реакции; $V_r = V_{st}/V_{free}$; $A_r = V_{melt} \cdot C_{in} \cdot V_{моль}/V_{free}$ – безразмерные константы; V_{free} – свободный от расплава объем, занимаемый газом, см^3.

Решения уравнений (5), (6) относительно k и n, меняющихся при аппроксимации экспериментальных кривых при начальных условиях: $f_s = 1$, $P = 0$, $v = 0$, приведенных на рис. 2, позволили провести расчеты и построить кривые аппроксимации для $f_s = C_s/C_{in}$ и $P = P_{CO}/P_0$ в зависимости от изменения величины v (рис. 4).

Расчеты проведены с использованием программы MathCad Software.

Сравнительный анализ полученных кривых с экспериментальными кривыми показывает, что оптимальное их соответствие наблюдается при $n = 2$ (сплошная линия на рис. 3). При $n = 1$ аналогичное соответствие получилось несколько хуже (пунктирная линия на рис. 3). При $n = 3$ для исследованных температур 480 и 550 °C соответствия расчетных кривых с экспериментальными данными практически не было обнаружено.

Расчетное значение порядка реакции (1) при $n = 2$ предполагает, что химизм протекания реакции описывается не одной стадией, а имеет более сложный механизм восстановления. На основании полученных данных нами рассчитаны константы скорости реакции восстановления сульфатно-карбонатных расплавов CO при температуре 480 °C и 550 °C, которые составили

$$k_{480°C} = 1{,}5 \cdot 10^{-4} \text{ см/атм}^2\cdot\text{с}$$

$$\text{и } k_{550°C} = 25{,}5 \cdot 10^{-4} \text{ см/атм}^2\cdot\text{с}.$$

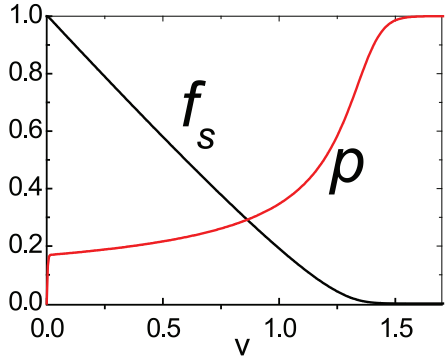


Рис. 4. Кривые аппроксимации для $f_s = C_s/C_{in}$ и $P = P_{CO}/P_0$ в зависимости от v, полученные решением дифференциальных уравнений (5), (6) при n = 2 и T = 550 °C

Значения свободной энергии активации реакции (1), вычисленные с использованием полученных расчетных констант для температуры 480 и 550 °C, составили

$$\Delta G^0_{480\,°C} = -180{,}3 \text{ кДж/моль}$$

$$\text{и } \Delta G^0_{550\,°C} = -207{,}2 \text{ кДж/моль}$$

соответственно, что указывает на высокую термодинамическую активность протекания реакции (1).

Полученные данные позволяют провести оценку по выбору конструктивного размера реактора, необходимого для проведения процесса регенерации карбонатно-сульфатного расплава. Допустим, что тепловая электростанция мощностью 1 ГВт сжигает уголь с содержанием серы 5 % (масс.) и с коэффициентом полезного действия 45 %. Тогда в процессе деятельности данной ТЭЦ в атмосферу будет выбрасываться ~(0,05·1/0,45)·36 ≈ 3,9 кг/с серы (где 36 – среднее тепло от сгорания угля, МДж/кг).

В промышленных условиях процесс регенерации проводится в распылительных башнях, где концентрация сульфата и парциальное давление CO, получаемые в результате протекания реакции (1), могут сильно варьироваться. Принимая среднее парциальное давление CO равным 0,5 атм. и концентрацию серы в карбонатно-сульфатном расплаве (C_s) в пять раз меньше, чем

в лабораторных опытах (0,136 ммоль/см^3), можно определить требуемую поверхность контакта между расплавом и газом (A_{ind}):

$$A_{ind} = \frac{v}{k_{t\,°C} \cdot C_s \cdot P_{CO}^2} = 29{,}0 \text{ м}^2, \qquad (7)$$

где П = 100 моль/с.

Если предположить, что в стандартной распылительной башне можно получать капли расплава диаметром 1 мм (D_b = 1 мм), то общий объем капель с суммарной поверхности A_{ind} = 29,0 м^2 будет меньше, чем расчетное значение $A_{ind} \cdot D_b/6 \approx 5$ м^3. Следовательно, минимальный объем расплава на стадии регенерации должен составлять несколько кубических метров. Это означает, что необходимый расход карбонатного расплава, требующегося для очистки газов ТЭЦ производительностью 1 ГВт, должен быть равен всего нескольким тоннам. При этом объемы необходимого количества карбонатного расплава не требуют строительства специальных реакторов и распылительных башен больших размеров, так как они легко могут вписываться в существующую инфраструктуру ТЭЦ [7].

На основании проведенных исследований и полученных результатов можно заключить, что использование данной технологии для глубокой очистки отходящих газов ТЭЦ позволит вовлечь в производство высококалорийные угли с большим содержанием серы и золы, без загрязнения окружающей среды выбросами SO_2 и других вредных примесей.

Выводы

1. В настоящей работе на основании результатов экспериментальных исследований, полученных при восстановлении сульфатно-карбонатных расплавов щелочных металлов монооксидом углерода, построена математическая модель кинетики взаимодействия сульфатов щелочных металлов монооксидом углерода (CO).

2. Для описания кинетики реакции восстановления сульфатов щелочных металлов CO использованы дифференциальные кинетические уравнения, которые описывали: временную зависимость скорости изменения серы, оставшейся в расплаве; зависимость скорости изменения количества CO над расплавом; поток CO в реакторе; количество CO, абсорбированное расплавом, и поток CO, выходящий из реактора.

3. На основании решения дифференциальных уравнений определен порядок реакции и найдены значения константы скорости реакции для различных условий восстановления сульфатов монооксидом углерода. Построены кривые аппроксимации, описывающие изменения концентрации сульфата в расплаве и давления CO над расплавом в зависимости от изменения величины v – расхода подаваемого CO.

Список литературы

1. Досмухамедов Н.К., Каплан В.А., Жолдасбай Е.Е., Досмухамедов Д.Н., Любомирский И. Разработка технологии очистки отходящих газов тепловых угольных электростанций от серы // Уголь. – 2015. – № 8. – С. 110–114.

2. Cao W. PANDAT software with PanEngine, PanOptimizer and PanPrecipitation for multi-component phase diagram calculation and materials property simulation / W. Cao, S.-L. Chen, F. Zhang et al. // Calphad. – 2009. – Vol. 33. – № 2. – P. 328–342.

3. Chen S.-L. Calculating phase diagrams using PANDAT and PanEngine / S.-L. Chen, F. Zhang, S. Daniel et al. // JOM. – 2003. – Vol. 55. – № 12. – P. 48–51.

4. Davies R.H. MTDATA Thermodynamic and Phase Equilibrium Software fromithe National Physical Laboratory / R.H. Davies, A.T. Dinsdale, J.A. Gisby, J.A.J. Robinson, S.M. Martin // CALPHAD. – 2002. – Vol. 26. – № 2. – P. 229–271.

5. Shobu K. Development of new equilibrium calculation software: CaTCalc // Mater. Trans. – 2005. – Vol. 46. – № 6. – P. 1175–1179.

6. Shobu K. CaTCalc: new thermodynamic equilibrium calculation software // CALPHAD. – 2009. – Vol. 33. – № 2. – P. 279–287.

7. Walas S. M. Chemical Process Equipment – Selection and Design. – 3 ed. – Elsevier, NY. 1990.

References

1. Dosmukhamedov N.K., Kaplan V.A., Zholdasbay E.E., Dosmukhamedov D.N., Lyubomirskiy И. Razrabotka tekhnologii ochistki othodyaschikh gazov teplovykh ugolnikh elektrostantsiy ot sery. // Zh. Ugol, 2015. no. 8. pp. 110–114.

2. Cao, W. PANDAT software with PanEngine, PanOptimizer and PanPrecipitation for multi-component phase diagram calculation and materials property simulation / W. Cao, S.-L. Chen, F. Zhang et al. // Calphad. 2009. Vol. 33. no. 2. pp. 328–342.

3. Chen, S.-L. Calculating phase diagrams using PANDAT and PanEngine / S.-L. Chen, F. Zhang, S. Daniel et al. // JOM. 2003. Vol. 55. no. 12. pp. 48–51.

4. Davies, R.H. MTDATA Thermodynamic and Phase Equilibrium Software fromithe National Physical Laboratory / R.H. Davies, A.T. Dinsdale, J.A. Gisby, J.A.J. Robinson, S.M. Martin // CALPHAD. 2002. Vol. 26. no. 2. pp. 229–271.

5. Shobu, K. Development of new equilibrium calculation software: CaTCalc // Mater. Trans. 2005. Vol. 46. no. 6. pp. 1175–1179.

6. Shobu, K. CaтCalc: new thermodynamic equilibrium calculation software // CALPHAD. 2009. Vol. 33. no. 2. pp. 279–287.

7. Walas S.M. Chemical Process Equipment Selection and Design. 3 ed., Elsevier, NY. 1990.

УДК 625.08

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ УСИЛЕННЫХ ЛЕДОВЫХ ПЕРЕПРАВ

Егоров А.Л., Мерданов Ш.М., Киселев П.В., Понятов А.Г.

ГОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, e-mail: general@tsogu.ru

Большая часть северных регионов России лишена капитальных дорог и мостов. Бурное развитие нефтегазовой отрасли требует постоянного развития сети дорог, что в свою очередь связано с огромными затратами. Один из выходов из этой непростой ситуации – создание временных дорог и ледовых переправ, функционирующих в зимний период. В данной работе предлагается изменить конструкцию термосифона, а именно использовать термосифон с постоянным радиусом закругления. Такая форма позволяет извлекать термосифон с меньшими трудозатратами, не нарушая целостности наращенного льда и самого термосифона, что позволяет использовать его неоднократно на протяжении всего зимнего периода. В работе предлагается новая установка для извлечения, представляющая из себя два приводящих и один удерживающий валик, находящиеся с разных сторон термосифона, для обеспечения наилучшего удерживания и прижимной силы. Валики будут приводиться в действие от технологической машины с помощью механической или гидравлической передачи. Применение предложенных мероприятий дает возможность сократить время на усиление ледовой переправы и снизить трудоемкость обслуживания ледовых дорог.

Ключевые слова: временные зимние дороги, ледовые переправы, двухфазный термосифон, намораживание льда

EQUIPMENT FOR THE CONTRUCTION OF REINFORCED ICE CROSSINGS

Egorov A.L., Merdanov S.M., Kiselev P.V., Ponyatov A.G.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: general@tsogu.ru

Most of the northern regions of Russia lacks the capital roads and bridges. The rapid development of the oil and gas industry requires constant development of roads, which in turn is connected with enormous cost. One way out of this difficult situation, the creation of temporary roads and ice crossings, operating in winter. In this paper, we propose to change the design of the thermosyphon, namely to use the thermosyphon with a constant radius of curvature. This form allows you to extract thermosyphon with lower labor costs without compromising the integrity of the ice and accrued thermosyphon, it can be used repeatedly throughout the winter period. The paper proposes a new system for extracting, representing a leading two and one holding a roller located on different sides of the thermosyphon, for the best retention and downforce. The rolls will be driven by technological machine with a mechanical or hydraulic transmission. Application of the proposed measures allows to reduce the time to strengthen the ice crossing and reduce the complexity of service ice roads.

Keywords: temporary winter roads, ice crossings, two-phase thermosyphon, freezing ice

Большая часть северных регионов России лишена капитальных дорог и мостов. Бурное развитие нефтегазовой отрасли требует постоянного развития сети дорог, что в свою очередь связано с огромными затратами. Один из выходов из этой непростой ситуации – создание временных дорог и ледовых переправ, функционирующих в зимний период [5, 6].

В данной работе предлагается более подробно рассмотреть метод намораживания тела ледовой переправы с помощью термосифонов.

Методика. Двухфазный термосифон представляет собой цельнотянутую трубу диаметром 20–30 мм, изготовленную из углеродистой стали. Нижняя часть трубы, погружаемая в замораживаемую среду, заострена и заполняется сжиженным хладагентом. Она выполняет роль испарителя. Верхняя оребренная часть трубы постоянно омываемая воздухом, является конденсатором.

Запорно-зарядное устройство, расположенное в верхней части термосифона, используется для испытания термосифона на прочность и плотность; при зарядке его хладагентом для подсоединения манометра; а также при заполнении термосифона горячей средой (водой, водяным паром) для оттаивания льда при демонтаже термосифона.

При температуре воздуха ниже температуры воды тепло от воды передается жидкости в испарителе и вызывает ее испарение. Пары испарившейся жидкости поднимаются в конденсатор. Под влиянием более низкой температуры воздуха пары конденсируются, и жидкость под действием силы тяжести по стенкам термосифона стекает в испаритель. По мере движения вниз жидкость отбирает тепло от воды и нагревателя. В дальнейшем цикл повторяется.

При отрицательной температуре воздуха сконденсировавшаяся жидкость имеет отрицательную температуру, поэтому при ее движении вниз происходит намораживание льда на погруженной части термосифона. Этот процесс происходит тем быстрее,

чем ниже температура воздуха. Внутренний диаметр термосифона определяется особенностями гидродинамики двухфазного потока. Термосифон (рис. 1) состоит из испарителя, конденсатора, запорно-зарядного устройства и защитного колпака.

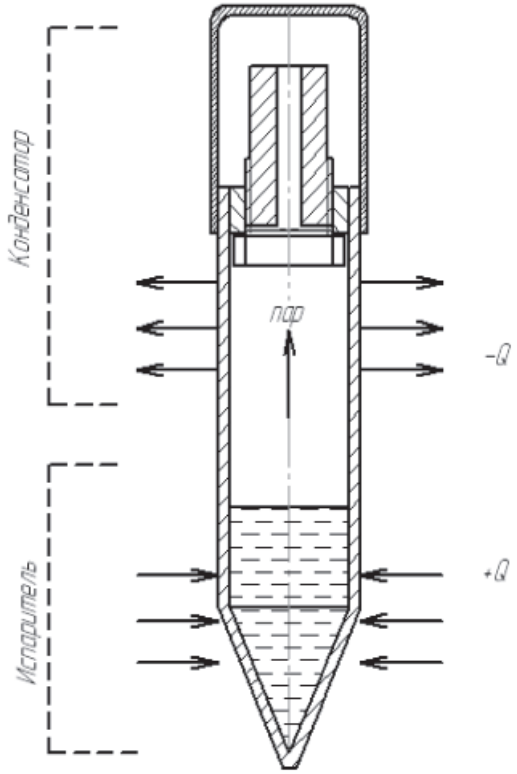


Рис. 1. Конструкция двухфазного термосифона

Испаритель представляет собой цилиндрическую полость, в которой происходит испарение (кипение) хладагента за счет тепла окружающей среды (воды, грунта). При строительстве усиленных переправ испаритель устанавливается в воду для намораживания опорной стойки. Конденсатор является теплообменником, в котором осуществляется конденсация паровой фазы, поступающей из испарителя, а выделяемое при этом тепло передается воздуху.

Промежуточная часть термосифона расположена между испарителем и конденсатором, служит для перехода паровой фазы от испарителя к конденсатору и жидкого хладагента в обратном направлении. Запорно-зарядное устройство предназначено для испытания термосифона на плотность и прочность, вакуумирования, зарядки хладагентом, манометрического контроля, перезарядки и подачи внутрь термосифона горячей среды (пара, воды) растепления граничного слоя льда при демонтаже термосифона.

В существующих методах усиления переправ используют наклонные термосифоны. Существует конструкция и технология строительства ледяной переправы для глубоких рек, в которой предусматривается искусственное намораживание льда на естественном ледяном покрове. Испарители термосифонов, являющиеся стоками тепла, одновременно выполняют роль армирующих элементов.

Для наведения переправы используют Г-образные термосифоны. Испарители 4-х термосифонов с обоих краев переправы укладывают на лежни год углом 45° в направлении к ее оси. Испарители также можно укладывать на предварительно изготовленные уплотненные снежные блоки [1]. Глухие концы испарителей опираются на лед, причем посредине переправы обеспечивается перекрещивание испарителей, идущих от противоположных краев. Благодаря такому расположению испарителей интенсифицируется процесс намораживания льда в средней части переправы, увеличивается его толщина, создаваемого испарителями термосифонов. После придания конденсаторам термосифонов вертикального положения испарители крепят скобами к лежням.

После установки термосифонов в проектное положение производят послойное намораживание искусственного льда. Толщина намороженного слоя выбирается с учетом требуемой грузоподъемности переправы.

Даже при разной прочности льда в зоне расположения испарителей и намороженного простым поливом грузоподъемность проезжей части в указанное время составляет около 30 т, в то же время в зоне обычного полива грузоподъемность составляла около 15 т.

Известно, что прочность искусственно заложенного льда примерно на 30–35 % ниже прочности основного льда [9], образующегося естественным путем. Соответственно, лед, намораживаемый с введением испарителей термосифонов, также имеет прочность ниже прочности основного льда. Однако это обстоятельство никак не сказывается на несущей способности переправы, поскольку характеристикой, ограничивающей величину нагрузки на переправу, является уровень изгибающих напряжений на нижней поверхности льда. Верхняя поверхность льда испытывает изгибающие напряжения такого же уровня, как и нижняя, однако находится при более низкой температуре, близкой к температуре наружного воздуха. При понижении температуры прочность льда на изгиб увеличивается. Благодаря этому достигается равнопрочность верхней и нижней поверхности льда даже при более низких механических свойствах намороженного слоя.

Данная конструкция имеет существенный минус из-за того, что требует значительных трудозатрат на извлечение Г-образных термосифонов.

Результаты. Для решения данной задачи предлагается изменить форму самого термосифона: вместо Г-образного использовать термосифон с постоянным радиусом закругления (рис. 2).

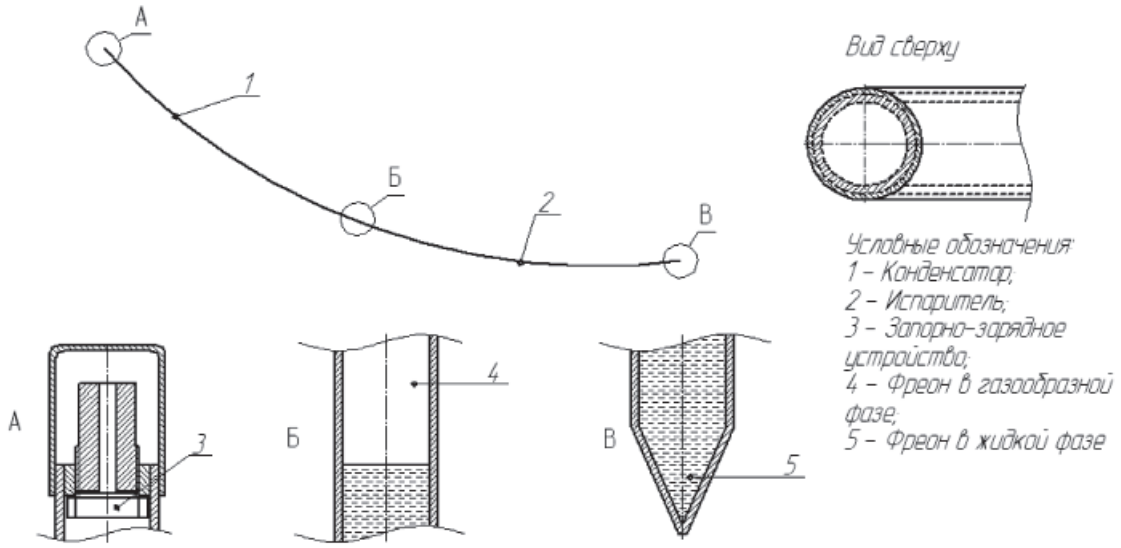


Рис. 2. Изогнутый термосифон

При выборе радиуса закругления необходимо учитывать тот факт, что в термосифоне находится жидкость, которая должна собираться в его нижней части. Иначе рабочий цикл будет нарушен и дальнейшее его использование будет неэффективно.

При изменении формы термосифона его технологические свойства не изменяются. При имеющемся естественном льде толщиной 0,4 метра и времени намораживания 13 суток наращенный лед будет иметь толщину в 60 сантиметров, что полностью соответствует заявленным требованиям.

Ширина полосы устанавливается на 5 метров более ширины наиболее габаритного груза [4]. В среднем ширина строительной техники равна 3 метрам. Следовательно, ширина ледовой переправы должна быть не менее 8 метров. При наращивании льда на протяжении всей ширины полотна длина замороженной части Г-образного термосифона равна 8 метрам.

Зная ширину переправы, длину закругленной части термосифона и высоту льда, можно рассчитать радиус закругления [7, 8]. При необходимости изменения длины термосифона изменение угла закругления будет незначительным и не повлияет на процесс намораживания льда. Исходя из расчетов, длину изогнутой части термосифона рекомендуется принимать около 8 метров, радиус закругления – 54 метра. Данные размеры оптимальны для производства и своевременного и качественного намораживания льда. При необходимости увеличения полос на проезжей части термосифоны можно укладывать по разные стороны дороги, что также не нарушит технологический процесс и увеличит количество проходящих автомобилей на переправе.

Такая форма позволяет извлекать термосифон с меньшими трудозатратами, не нарушая целостности наращенного льда и самого термосифона, что позволяет использовать его неоднократно на протяжении всего зимнего времени. А также нет необходимости в использование электрического тока, что делает термосифон более автономным и независимым от электрических проводов и дополнительного оборудования.

При установке изогнутого термосифона переправа примет следующий вид (рис. 3).

Нахождение термосифона в теле ледовой переправы на протяжении всего зимнего периода нецелесообразно ввиду того, что необходимая грузоподъемность ледовой переправы достигается в максимально короткие сроки и для последующего намораживания льда необходимости нет. Также, для предотвращения деформации корпуса и нарушения рабочего цикла термосифона, из-за наезда на него автомобильной техники, существует необходимость его извлечения.

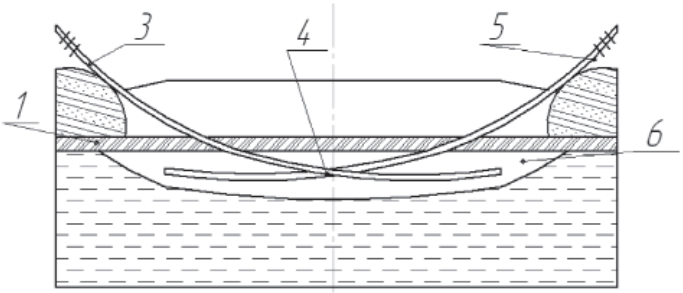


Рис. 3.
1 – естественный ледяной покров; 2 – лежни, расположенные вдоль переправы; 3 – закругленные термосифоны; 4 – испарители; 5 – наружные конденсаторы термосифонов; 6 – намороженная часть льда

При строительстве двух и более переправ необходимо иметь большое количество термосифонов, а своевременное их извлечение может сократить их число до минимума, т.к. при заморозке льда в одном месте термосифон можно перевезти на другую переправу и использовать его снова. Количество перемещений термосифона за зимний период не ограничено, что значительно снижает финансовые затраты на строительство ледовых переправ.

При использовании термосифона длиной восемь метров сложность его извлечения очевидна. Есть необходимость в использовании механизированного средства извлечения. Принимая во внимание тот факт, что термосифон установлен не вертикально, извлечение его принимает непростой характер [10]. При извлечении трубы изо льда необходимо обратить внимание на тот факт, что повреждение намороженного льда недопустимо, так же как и самого устройства намораживания.

Возникла задача создания навесного оборудования для извлечения изогнутого термосифона, которое не нарушит целостность термосифона и позволит поднять его для дальнейшей транспортировки [2, 3]. Цилиндрическую форму термосифона предлагается зажимать тремя валиками между собой и с помощью сил трения и крутящего момента, подаваемого на приводные валы, вытаскивать термосифон из слоя намороженного льда. Принципиальная схема устройства для извлечения представлена на рис. 4.

Сама конструкция будет представлять собой два приводных и один удерживающий валики, находящихся с разных сторон термосифона, для обеспечения наилучшего удерживания и прижимной силы. Для предохранения корпуса термосифона от деформации валики предлагается оборудовать резиновыми или силиконовыми накладками. Конструкция жесткости навесного оборудования должна быть спроектирована таким образом, чтобы расстояние между приводным и прижимным валиками можно было менять для возможности использования термосифонов различного диаметра.

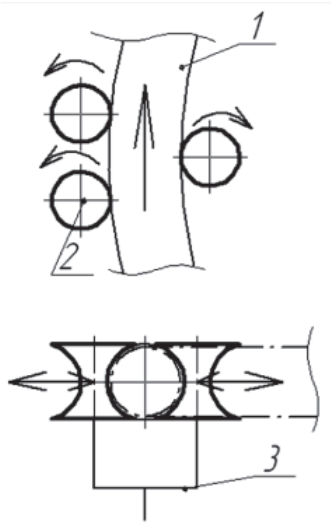


Рис. 4. Принципиальная схема устройства для извлечения термосифонов: 1 – термосифон; 2 – фрикционные приводные вальцы; 3 – рама устройства

Оборудование будет максимально универсально, для возможности навешивания его на технику, уже имеющуюся в парке организации (рис. 5).

Для облегчения извлечения термосифон можно предварительно нагреть тепловой пушкой. Что позволит освободить примерзшие части термосифона от льда и облегчит его извлечение. Нагревание будет производиться только на незаправленных термосифонах, иначе в конденсаторе может возникнуть повышенное давление и произойдет непроизвольная разгерметизация, нарушение целостности устройства. Для предотвращения детонации необходимо откачивать фреон из рабочей области.

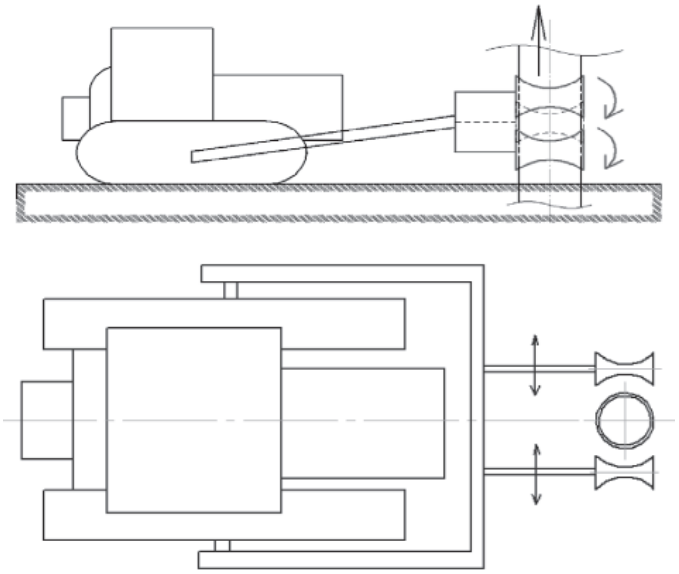


Рис. 5. Пример размещения оборудования на бульдозере

В зависимости от вида и класса фреона можно использовать различные установки. В большинстве случаев установка для заправки работает и в обратную сторону, что позволяет как заполнять, так и стравливать газ из термосифона.

Вывод

Таким образом, в ходе исследований были предложены: новая технология строительства усиленных переправ, конструкция термосифона и устройство для его извлечения, – что в совокупности дает возможность сократить время на усиление переправы и снизить трудоемкость обслуживания ледовых дорог.

Список литературы

1. Егоров А.Л. Обоснование рабочих параметров снегоуборочной машины с уплотняющим рабочим органом: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. – Тюмень, 2004. – 158 с.

2. Карнаухов Н.Н. Приспособление строительных машин к условиям Российского Севера и Сибири. – М.: Недра, 1994. – 351 с.: ил.

3. Карнаухов Н.Н. Эксплуатация машин в строительстве: учеб. пособие / Н.Н. Карнаухов и др. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2006. – 420 с.

4. Карнаухов Н.Н., Егоров А.Л., Мерданов Ш.М. Оборудование для возведения усиленных ледовых переправ // Вестник Курганской ГСХА. – 2015. – № 4. – С. 64–66.

5. Мерданов Ш.М., Егоров А.Л., Шаруха А.В., Спиричев М.Ю. Принципы формирования механизированных комплексов для возведения зимних дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; (DOI: 10.17513/spno.2013.6.113-1063) URL: www.science-education.ru/113-10638.

6. Мерданов Ш.М., Спиричев М.Ю., Шаруха А.В., Егоров А.Л. Технология строительства снеголедовых дорог // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; (DOI: 10.17513/spno.2013.5.111-10427) URL: www.science-education.ru/111-10427.

7. Мерданов Ш.М. Научные основы создания комплексов машин для строительства временных зимних дорог в районах Севера и Сибири: дис. … д-ра.техн. наук: 05.05.04. – Тюмень:ТюмГНГУ, 2010. – 327 с.

8. Мерданов Ш.М. Пути совершенствования строительных машин / Ш.М. Мерданов, Н.Н. Карнаухов, Г.Г. Закирзаков и др.; под общ. ред. Ш.М. Мерданова. – Тюмень: Экспресс, 2005. – 280 с.

9. ОДН 218.010-98 «Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ».

10. Технические основы создания машин: учебное пособие / Ш.М. Мерданов, А.Л. Егоров, Д.В. Райшев и др. – Тюмень :ТюмГНГУ, 2013. – 260 с.

References

1. Egorov AL. Obosnovanie rabochih parametrov snegouborochnoj mashiny s uplotnyayushchim rabochim organom: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04. Tyumen, 2004. 158 p.

2. Karnauhov N.N. Prisposoblenie stroitenyh mashin k usloviyam Rossijskogo Severa i Sibiri. M.: Nedra, 1994. 351 p.: il.

3. Karnauhov N.N. EHkspluataciya mashin v stroitestve: ucheb. posobie / N.N. Karnauhov i dr. Tyumen: TyumGNGU, 2006. 420 p.

4. Karnauhov N.N., Egorov A.L., Merdanov SH.M. Oborudovanie dlya vozvedeniya usilennyh ledovyh pereprav // Vestnik Kurganskoj GSKHA. 2015. no. 4. pp. 64–66

5. Merdanov SH.M., Egorov A.L., SHaruha A.V., Spirichev M.YU. Principy formirovaniya mekhanizirovannyh kompleksov dlya vozvedeniya zimnih dorog // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. no. 6; (DOI: 10.17513/spno.2013.6.113-1063) URL: www.science-education.ru/113-10638.

6. Merdanov SH.M., Spirichev M.YU., SHaruha A.V., Egorov A.L. Tekhnologiya stroitestva snegoledovyh dorog // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. no. 5; (DOI: 10.17513/spno.2013.5.111-10427) URL: www.science-education.ru/111-10427.

7. Merdanov SH.M. Nauchnye osnovy sozdaniya kompleksov mashin dlya stroitestva vremennyh zimnih dorog v rajonah Severa i Sibiri: dis. … d-ra.tekhn. nauk: 05.05.04. Tyumen: TyumGNGU, 2010. 327 p.

8. Merdanov SH.M. Puti sovershenstvovaniya stroitenyh mashin / SH.M. Merdanov, N.N. Karnauhov, G.G. Zakirzakov i dr.; pod obshch.red. SH.M. Merdanova. Tyumen: EHkspress, 2005. 280 p.

9. ODN 218.010-98 «Instrukciya po proektirovaniyu, stroitestvu i ehkspluatacii ledovyh pereprav».

10. Tekhnicheskie osnovy sozdaniya mashin: uchebnoe posobie / SH.M. Merdanov, A.L. Egorov, D.V. Rajshev i dr. Tyumen:TyumGNGU, 2013. 260 p.

УДК 693.611

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ВСПУЧЕННОГО ВЕРМИКУЛИТА ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Енджиевская И.Г., Василовская Н.Г., Гофман О.В., Игнатьев Г.В.

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: vasng46@mail.ru

В статье приведены составы и свойства огнезащитных покрытий на основе композиции портландцемента и вермикулитовой пыли. В качестве заполнителя использовали вспученный вермикулит различного содержания и фракционного состава. Представлены минеральные составы вспученных вермикулитов, а также зависимость характеристик огнезащитных покрытий от них. Отмечено, что асбестовые волокна, входящие в состав вспученных вермикулитов, могут выступать в качестве высокодисперсных волокнистых наполнителей и оказывать положительное влияние на процесс структурообразования. Определено, что с увеличением в составе ОЗП вермикулитовых фракций до некоторого предела нарастают показатели прочности сцепления. Характер отрыва с увеличением доли вермикулита в ОЗП меняется с адгезионного на когезионный. Присутствие в составе вермикулита в небольших количествах амфиболовых асбестов дополнительно усиливает огнезащитную эффективность композиции на его основе.

Ключевые слова: огнезащитные покрытия, вермикулит, амфиболовые асбесты, высокодисперсные волокна, огнезащитная эффективность, прочность сцепления

COMPOSITIONAL MATERIAL BASED ON THE EXPANDED VERMICULITE FOR FIREPROOF COVERINGS

Endzhievskaya I.G., Vasilovskaya N.G., Gofman O.V., Ignatev G.V.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: vasng46@mail.ru

The article describes the composition and properties of fireproof coverings based on the composition of (портландцемент) and vermiculite dust. The expanded vermiculite of different content and fractional composition was used as the filler. It presents the mineralogical composition of the expanded vermiculites and dependence of the flame-retardant materials qualities from them. It is noted that the asbestos fibers that are comprised into the exfoliated vermiculite, can act as fine fibrous fillers and have a positive impact on the structure formation process. It is determined that with an increase of the vermiculite fractions in the composition of FPC (fireproof coverings) grows the adhesion index. The nature of separation with the increase of the vermiculite part in the FPC changes from adhesive to cohesive. The amphibole asbestos presence in the composition of the vermiculite in small quantities further enhances the effectiveness of the fire-retardant composition based on it.

Keywords: fireproof coverings, vermiculite, amphibole asbestos, superfine fiber, fire-retardant effectiveness, adhesion

В условиях современного строительства, когда в целях облегчения, удешевления конструкций, улучшения качества отделки помещений и сокращения трудозатрат на монтаж все шире используются полимерные материалы, ситуация пожароопасности зданий и сооружений будет усугубляться. Полимеры, благодаря своим положительным механическим и химическим свойствам – малой плотности, высокой прочности, низкой теплопроводности, химической стойкости и сопротивляемости истиранию, – получают все большее распространение в строительстве и дают значительный экономический и технический эффекты. Однако полимерные вещества, обладают пожароопасными свойствами, такими как горючесть, воспламеняемость, дымообразующая способность и токсичность продуктов горения [1]. Кроме того, продукты разложения полимеров являются опасными для здоровья человека.

Возрастающее число пожаров за последнее время во всем мире, приносящих большой материальный ущерб, можно в значительной степени отнести за счет увеличения доли применения полимерных материалов при строительстве зданий и сооружений [5].

Во многих европейских странах приняты специальные постановления, ограничивающие использование горючих полимерных материалов при строительстве промышленных и гражданских сооружений, однако этому в России не уделено должного внимания. Если рассматривать структуру потребления теплоизоляционных материалов в нашей стране, то на данный момент около половины приходится на каменную вату (47% в 2014 г.), стекловата занимает 29% рынка, экструдированный пенополистирол – 10%, вспененный пенополистирол 14% [2]. В ряде регионов, в том числе и в Красноярском крае, применение органической теплоизоляции значительно превышает приведенные цифры.

Цель исследования. Разработка теплоизоляции на основе неорганических материалов, способной к тому же обеспечить огнезащиту, является актуальной задачей. В условиях пожара, когда температура

в зоне горения превышает 1000°С, строительные конструкции зданий и сооружений, особенно металлические, достаточно быстро нагреваются и утрачивают свои эксплуатационные свойства. Локальная температура элементов конструкций может превысить критический предел огнестойкости, и тогда прилагаемые на них нагрузки интенсивно развивают температурные деформации и деформации ползучести, что приводит к потере несущей способности и быстрому обрушению.

Задача огнезащиты конструкций состоит в выполнении строительных норм и правил, что предопределяет создание на поверхности элементов конструкций теплоизолирующих экранов, выдерживающих высокие температуры и непосредственное действие огня.

В настоящее время существуют конструктивные методы огнезащиты (создание на поверхности элементов теплозащитных экранов) и физико-химические и технологические приемы, направленные на снижение пожарной опасности материалов [3]. При разработке огнезащиты металлических конструкций наметилась тенденция к использованию облегченных минеральных материалов и легких заполнителей – вспученного перлита и вермикулита, минерального волокна, обладающих высокими теплоизоляционными, огнезащитными свойствами, паропроницаемостью (что создает оптимальный режим для жизнедеятельности человека в помещении). Кроме того эти материалы химически нейтральны, инертны, безопасны. Инновационные методы основаны на механизированном нанесении облегченных материалов на основе легких заполнителей.

Материалы и методы исследования

В настоящем исследовании для создания составов огнезащитных покрытий (ОЗП) использовался вспученный вермикулит Татарского и Инаглинского месторождений Сибири и отход при вспучивании татарского вермикулита – циклонная пыль.

Минералогическое изучение пробы щелочных амфиболов из татарского вермикулита проводилось с использованием микроскопа МБС-10 и поляризационного микроскопа Leica DMLP. Их содержание определялось методом визуального подсчета зерен амфибола нескольких проб в иммерсионных препаратах и просматривалось с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOLJSM 7001F. Для достоверности результатов делались усредненные выборки.

Результаты исследования и их обсуждение

Определялся минеральный состав Татарского и инаглинского вспученных вермикулитов и циклонной пыли, образующейся при вспучивании татарского вермикулита. Их исследование показало, что в них присутствуют щелочные амфиболы (ленточные силикаты формулы $(X, Y)_{7-8}[Al,Si]_8[OH, F, Cl]_2O_{22}$, где X – Na, K, Ca; Y – Al, Fe^{3+}, Fe^{2+}, Mg) различных разновидностей, количество которых в общей массе проб татарского вермикулита составляет от 10% и растет с уменьшением фракции.

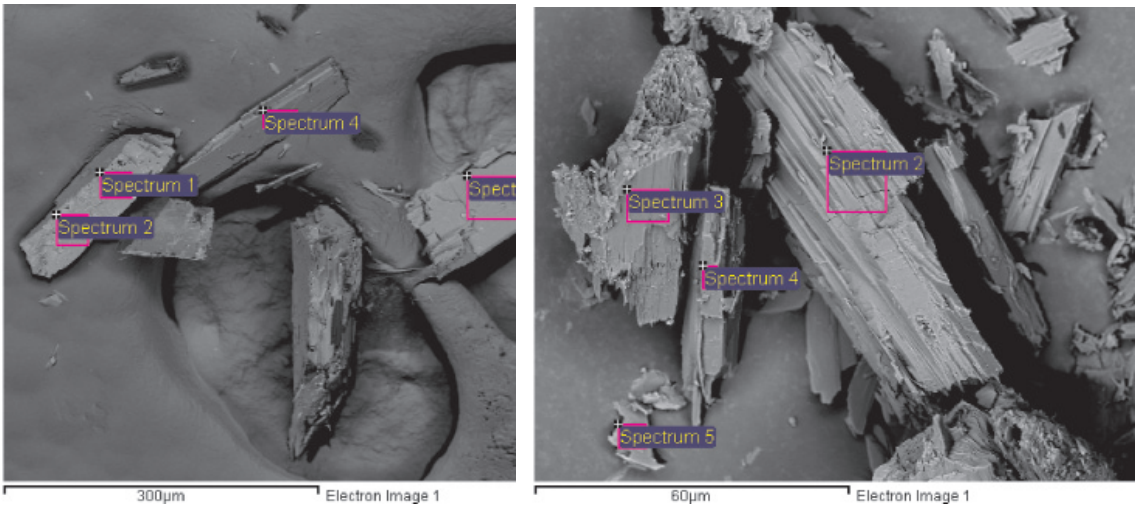
В исследованных пробах вермикулитов моноклинный амфибол представлен двумя разновидностями: арфведсонитом и актинолитом, входящим в группу амфиболовых асбестов. Суммарное содержание амфиболов в пересчете на вес исследованных вермикулитов составляет от 8,8 до 12,4 об. вес%, из них 0,5–0,53 об.вес% приходится на актинолит, остальное – на арфведсонит.

Концентрированные амфиболы, выделенные из концентрата вермикулита Татарского месторождения и состоящие в основном из арфведсонита ($(Na_{2.5}Ca_{0.5})_3(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al)_5(Al_{0.5}Si_{7.5})_8O_{23}(OH)_2$, Ca может практически отсутствовать), имеют длиннопризматические кристаллы с ромбовидным поперечным сечением темно-зеленого цвета с отчетливым синим оттенком (рис. 1, 2). Длина кристаллов 0,2–1,0 мм. При раздавливании образуются спайные пластинчатые обломки.

Выделенный с помощью оптического микроскопа актинолит – агрегаты игольчатого строения (длиной не более 5–10 мм), в пробах встречается в виде плохо образованных зеленовато-голубых шестоватых кристаллов с занозистыми краями (рис. 3, табл. 3). При раздавливании актинолит легко разрушается на иголочки и волокна.

Свойствами асбестовых минералов, определяющими их промышленную ценность, являются: длина волокна, эластичность, прочность, способность распадаться на тончайшие волокна, химическая стойкость при воздействии на них кислот и щелочей, способность выдерживать высокие температуры без существенных изменений физических свойств, сорбционная активность. По химическому составу моноклинные амфиболовые асбесты разделяются на щелочные (режикит-асбест, рибекит-асбест, крокидолит-асбест), щелочноземельные (рихтерит-асбест), кальциево-магниевые (актинолит-асбест, тремолит-асбест) и относятся к 3 классу опасности [4]. Хризотил и амфиболы имеют общие области применения в промышленности, но различаются по минеральному строению, физико-химическим свойствам и биологической агрессивности. Температурный интервал выделения кристаллизационной воды актинолит-асбеста – 930–1120°С (600–800 – для

хризотил-асбеста), температура плавления – 1190–1288 °C, твердость по шкале Мооса – 5–6. Волокно актинолит-асбеста жесткое, прочное, его размеры находятся в широком диапазоне – от нескольких мкм до нескольких мм.



а б

Рис. 1. Общий вид микроструктуры кристаллов арфведсонита

Таблица 1

Элементный состав точечных спектров кристаллов арфведсонита (рис. 1), в атомн. %

	Spectrum	Элементный состав, All results in atomic, %, site 10						
		O	Na	Mg	Al	Si	Ca	Fe
а	Spectrum 1	55,97	5,71		11,83	22,88	3,61	
	Spectrum 2	52,94	6,70		12,32	24,35	3,70	
	Spectrum 3	38,20	6,43	11,03		27,71		16,63
	Spectrum 4	45,35	5,64	8,57	0,53	17,90	0,60	21,42
б	Spectrum 2	4,56	9,31	1,00	20,97		24,63	39,54
	Spectrum 3	5,56	8,82	0,52	17,98		29,87	37,24
	Spectrum 4	5,11	8,26	0,70	17,62	0,74	30,60	36,97
	Spectrum 5	5,03	9,08	0,82	21,75		23,39	39,93

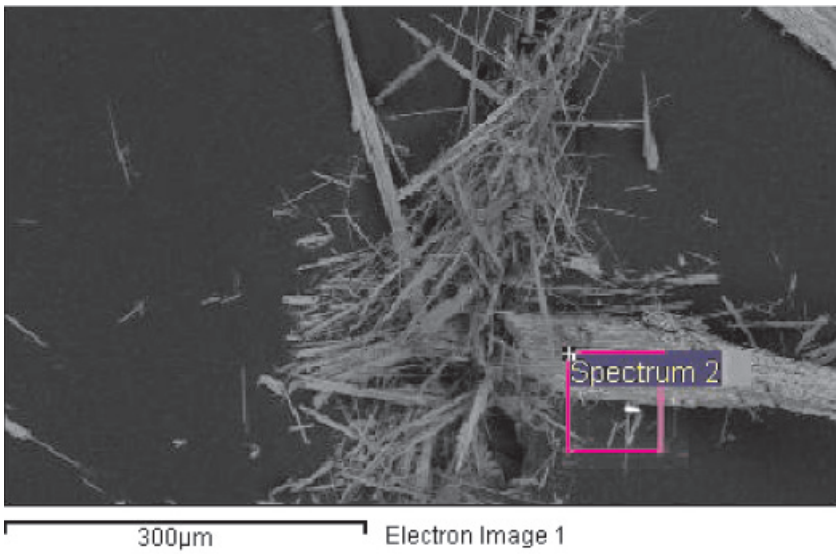


Рис. 2. Микроструктура общего вида частицы актинолита

Таблица 2

Элементный состав спектров с частицы актинолита

Spectrum	Элементный состав спектров, All results in weight %						
	K	Na	Mg	Si	Ca	Fe	Total
Spectrum 1	45,40	1,74	10,93	28,80	8,31	4,84	100,00

Параметры оптимальной огнезащиты определяются для каждой конкретной конструкции. Для этого осуществляется выбор ОЗП, устанавливается его толщина с учетом величины заданного предела огнестойкости, типа конструкций, состояния поверхности, температурно-влажностных условий эксплуатации, долговечности и степени агрессивности окружающей среды по отношению к огнезащите и материалу конструкции.

В зависимости от температурно-влажностных условий выбирали вид вяжущего – жидкое стекло или цемент, наполняя его тонкодисперсной вермикулитовой пылью – отходом при вспучивании вермикулита, – имеющей в составе активные формы кремнезема и алюминия.

Для композиций, где в качестве вяжущего выбран портландцемент Красноярского цементного завода (Ц), циклонная пыль, образующаяся как отход при производстве вспученного вермикулита Татарского месторождения (ВП), выступала в качестве пуццолановой добавки. Активированную циклонную пыль вводили в количестве 10–40 %. Такая добавка повышает гидравлическую активность цементного вяжущего, что способствует сохранению целостности покрытия, повышению прочности сцепления и трещиностойкости при пожаре [5].

Благодаря упругости частиц, тонким прослойкам воздуха между слюдяными чешуйками, предлагаемые составы характеризуются низкой теплопроводностью и высокой огнестойкостью, а также нетоксичностью, отсутствием дымообразования. В силу высокой отражательной способности самих частиц вермикулита ОЗП частично может способствовать защите помещений от электромагнитного излучения, снижая его интенсивность.

Исследовались следующие композиции – Ц:ВП = 80:20, 70:30, 60:40. Отношения этой смеси к заполнителю были следующими – 1:1,5; 1:2; 1:2,5. Применяемые фракции заполнителя 2,5; 1,25; 0,63.

Таким образом, при изготовлении составов для огнезащитных покрытий в композиции содержится порядка 3,0–3,5 об.вес % актинолита, который при активации и перемешивании в присутствии воды затворения, распадаясь на отдельные иглы и волокна, может выступать в качестве высокодисперсного волокнистого элемента.

Высокодисперсные волокнистые наполнители в цементных композициях на основе вермикулита оказывают положительное влияние на процессы структурообразования. В результате взаимодействия армирующих композиционных элементов и цементной матрицы повышается прочность сцепления ОЗП с основанием (табл. 4) и затрудняется образование трещин на всех уровнях структуры, что способствует повышению долговечности и огнестойкости покрытий.

Таблица 3

Адгезионные свойства ОЗП

Состав и свойства	Номер состава								
	3			2			1		
Расход цемента, объем, %	80	80	80	70	70	70	60	60	60
Расход вермикулитовой пыли, объем, %	20	20	20	30	30	30	40	40	40
Соотношение композиции к цементу	1/1,5	1/2	1/2,5	1/1,5	1/2	1/2,5	1/1,5	1/2	1/2,5
Прочность сцепления ОЗП с металлическим основанием, МПа	0,29	0,35	0,40	0,63	0,84	0,91	0,33	0,39	0,45
Характер отрыва раствора от основания: АТ-1 – адгезионный, АТ-2 – когезионный	АТ-1	АТ-1	АТ-2	АТ-2	АТ-2	АТ-2	АТ-2	АТ-2	АТ-2

Анализируя полученные данные, представленные в табл. 3, отмечаем, что изначально показатели адгезии нарастают с увеличением в составе вермикулитовых фракций и лишь при значительном сокращении расхода цемента в ОЗП начинается падение прочности сцепления. Характер отрыва с увеличением доли вермикулита в ОЗП меняется на когезионный.

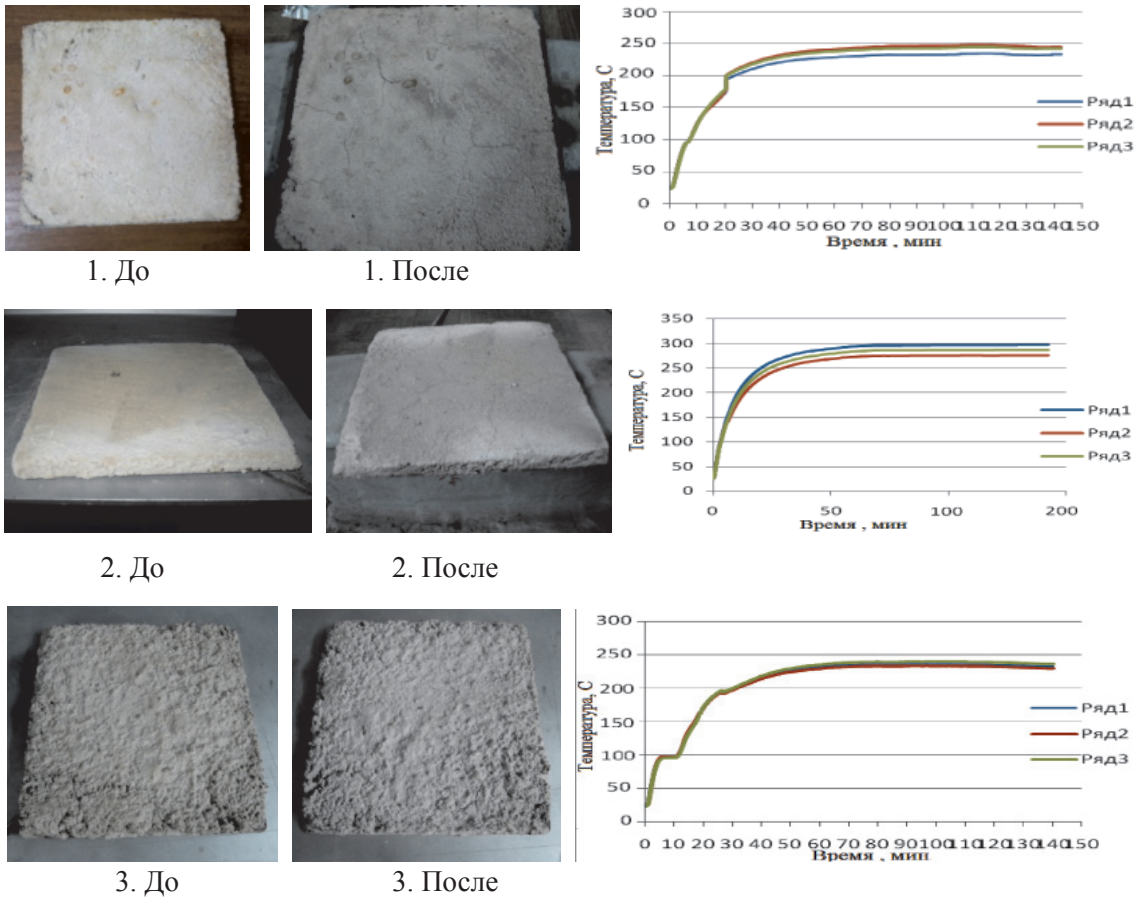
Разработанные ОЗП обладают огнезащитной эффективностью свыше 150 мин и относятся к 1 группе (табл. 4, рис. 3).

Эффективность ОЗП зависит от толщины нанесения и крупности заполнителя – вспученного вермикулита. Анализ результатов показал, что максимальная температура нагрева металла под ОЗП достигает 311 °С и далее остается постоянной независимо от времени теплового воздействия. Во всех составах ОЗП, прошедших испытание на огнезащитную эффективность, наблюдается ненарушенная целостность покрытия, прочное сцепление с металлическим основанием. В некоторых составах присутствуют незначительные волосяные трещины, что можно объяснить присутствием высокодисперсного волокнистого композиционного элемента, который затрудняет образование трещин на всех уровнях структуры и способствует повышению огнестойкости композиций.

Таблица 4

Результаты испытаний огнезащитной эффективности

Номер состава	Фракция заполнителя ВВТ, мм	Толщина покрытия, см	Температура на поверхности металла, °С	Время проведения испытания, мин
1	1,25	0,5	311	150
2	1,25	1	291	150
3	1,25	1,5	253	150
4	2,5	1	286	150
5	2,5	1,5	223	150



1. До 1. После

2. До 2. После

3. До 3. После

Рис. 3. Составы 1, 2, 3 до и после испытания огнезащитной эффективности

Выводы

Разработанные составы на основе вспученного вермикулита можно применять в качестве огнезащитных покрытий и высокотемпературной теплоизоляции металлических строений промышленного назначения, а также для утепления крыш, стен, полов, потолков, воздуховодов и трубопроводов, систем отопления и водоснабжения, рефрижераторов, ангаров, гаражей.

Присутствие в составе вермикулитов в небольших количествах таких составляющих, как амфиболовые асбесты, дополнительно усиливает огнестойкость композиций на его основе. Распадаясь на отдельные иглы и волокна при активации и перемешивании в присутствии воды затворения, жесткие и прочные волокна актинолита выступают в качестве высокодисперсного волокнистого наполнителя, дополнительно армируя ОЗП и способствуя прочности сцепления его с основанием.

Список литературы

1. Алешина К.Д., Пожароопасность полимерных материалов / К.Д. Алешина, Л.Р. Шарифуллина / Академия гражданской защиты МЧС России Химки, Московская обл., Россия

2. Аналитики Paroc: Темпы роста рынка теплоизоляционных материалов в России по итогам 2015 года ... http://www.paroc.ru/o-kompanii-paroc/press-center/arkhiv-novostey/2015/release-analitiki-paroc-tempi-rosta-rynka-teploizolyacionnykh-materialov-v-rossii-po-itogam-2015-goda –RU.

3. Белых С.А. Огнезащитное покрытие для древесины на основе жидкого стекла и тонкодисперсных отходов промышленности / С.А. Белых, Ю.В. Новоселова, Д.В. Скоков // Труды БрГУ. Серия: Естественные и инженерные науки. ФГБОУ ВПО «Братский государственный ун-т». – 2013. –Т. 2. – С. 176–182.

4. Постановление Главного государственного врача Российской Федерации от 12 июля 2011 г. (вступило в силу 28 сентября 2011 г.), об утверждении ГН 2.2.5.2895-11 «Дополнение № 7 к ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны». (The resolution of the Chief Medical Officer of the Russian Federation of July 12, 2011 (came into force on September 28, 2011), about the statement of GN 2.2.5.2895-11» Addition № 7 to GN 2.2.5.1313-03 «The Maximum Permissible Concentration (MPC) of harmful substances in the air of the working zone»).

5. Щеглов П.П. Пожароопасность полимерных материалов / П.П. Щеглов, В.Л. Иванников. – М.: Стройиздат, 1992. – 110 с: ил. – ISBN 5-274-00525-X.

References

1. Aleshina K.D., Pozharoopasnost polimernyx materialov / Aleshina K.D., Sharifullina L.R. Akademiya grazhdanskoj zashhity MChS Rossii Ximki, Moskovskaya obl., Rossiya.

2. Analitiki Paroc: Tempy rosta rynka teploizolyacionnyx materialov v Rossii po itogam 2015 goda ... http://www.paroc.ru/o-kompanii-paroc/press-center/arkhiv-novostey/2015/release-analitiki-paroc-tempi-rosta-rynka-teploizolyacionnykh-materialov-v-rossii-po-itogam-2015-goda -RU

3. Belyx S.A. Ognezashhitnoe pokrytie dlya drevesiny na osnove zhidkogo stekla i tonkodispersnyx otxodov promyshlennosti / S.A. Belyx, Yu.V. Novoselova, D.V. Skokov Trudy BrGU. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki. FGBOU VPO «Bratskij gosudarstvennyj un-t». 2013. T.2, pp. 176–182.

4. Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo vracha Rossijskoj Federacii ot 12 iyulya 2011 g. (vstupilo v silu 28 sentyabrya 2011 g.), ob utverzhdenii GN 2.2.5.2895-11 «Dopolnenie no. 7 k GN 2.2.5.1313-03 «Predelno dopustimye koncentracii (PDK) vrednyx veshhestv v vozduxe rabochej zony». (The resolution of the Chief Medical Officer of the Russian Federation of July 12, 2011 (came into force on September 28, 2011), about the statement of GN 2.2.5.2895-11» Addition no. 7 to GN 2.2.5.1313-03 «The Maximum Permissible Concentration (MPC) of harmful substances in the air of the working zone»).

5. Shheglov P.P. Pozharoopasnost polimernyx materialov / P.P. Shheglov, V.L. vannikov. M.: Strojizdat, 1992.110 p: il. ISBN 5-274-00525-X.

УДК 621.01/.03

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОВША ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА ДЛЯ ПОДГРЕБАНИЯ СНЕГА

Закирзаков Г.Г., Конев В.В., Набиуллина Ю.А.

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, e-mail: konev@tsogu.ru

Значительное количество ресурсов на содержание дорог расходуется в зимний период. Это связано с природно-климатическими и организационными условиями, а также с конструктивными особенностями используемых машин. При этом одну из основных трудностей в работе фронтального погрузчика представляет операция сгребания снега с дороги в ковш. Так, при заполнении ковша часть снега остается на поверхности дороги. В этом случае для удаления снега используется ручной труд (дорожные рабочие с лопатами). Это снижает производительность фронтальных погрузчиков и в целом проведение снегоуборочных работ. С целью повышения механизации работ на основе анализа патентов разрабатывается рабочий орган, содержащий штатный ковш и дополнительно установленный отвал с приводом его от телескопической стрелы. Были рассмотрены три варианта конструкций и обоснована унифицированная и технологически оправданная конструкция. Исследование этой конструкции предполагает разработку общей методики исследования для определения зависимостей сопротивления перемещению отвала от факторов, содержащих технологию выполнения работ и характеристик рабочего органа.

Ключевые слова: ковш, погрузчик, отвал, уборка снега, модернизация ковша

MODERNIZATION OF THE FRONT LOADER BUCKET FOR THE SNOW FEEDING

Zakirzakov G.G., Konev V.V., Nabiullina Y.A.

Federal State Educational Institution of Higher Education Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: konev@tsogu.ru

A significant amount of resources is spent on roads in the winter. This is due to climatic conditions and organizational, as well as the design features of used machines. At the same time one of the main difficulties in the operation of the front loader is shoveling snow from the road in the bucket. Thus when filling the bucket of the snow remains on the road surface. In this case, for snow removal is used manual labor (road workers with shovels). This reduces the performance of front-end loaders, and generally conducting snow removal operations. In order to increase mechanization based on the analysis of patents developed by a working body having regular bucket and additionally mounted blade drive it from the telescopic boom. It considered three options for designs and proved technologically justified and unified design. The study of this design involves the development of a common research technique to determine dependence of the resistance movement of the blade on the factors that contain the technology of work performance and characteristics of the working body.

Keywords: bucket, loader, dump, snow removal, modernization of bucket

На содержание дорог коммунальными службами населенных пунктов затрачиваются значительные средства, особенно в зимний период при уборке снега с дорог, площадей, тротуаров. Одним из основных направлений в решении задач сокращения себестоимости и сроков проведения снегоуборочных работ, повышения производительности труда и общей эффективности является механизация работ [1, 6, 9].

Широкое внедрение механизации в проведении снегоуборочных работ затруднено отсутствием высокопроизводительных, технологичных машин.

Повышение технического уровня снегоуборочных машин обеспечивается за счет повышения их энергонасыщенности и производительности, универсальности и технологических возможностей, использования в конструкциях машин унифицированных узлов и расширения номенклатуры сменного рабочего оборудования, развития гидрофикации приводов, агрегатов, применения систем автоматизации управления рабочими процессами машин, улучшения условий труда машинистов [8].

В развитии конструкций снегоуборочных машин можно выделить два направления совершенствования:

1. Конструкции базовой машины.
2. Рабочее оборудование.

Второе направление имеет большее развитие в связи с меньшими затратами ресурсов на создание новых снегоуборочных машин. При этом использование гидравлического привода в управлении рабочими органами придает «гибкость» в построении кинематических связей исполнительного оборудования [9].

При проведении снегоуборочных работ (уборка бордюров, наполнение ковша погрузчика лопатами) большой объем операций выполняется без средств механизации (рис. 1). Это снижает производительность работ. В этой связи возникает необходимость механизации проведения таких работ.

Рис. 1. Заполнение ковша погрузчика с использованием ручного труда

Для рассмотрения вопроса по уборке снега, механизации его погрузки в ковш погрузчика проведем анализ конструкций ковшей с интенсифицирующим воздействием.

С целью повышения эффективности заполнения ковша в ковш гидравлического экскаватора [3] на рукоять экскаватора установлены два дисковых ножа. Это позволяет снизить энергоемкость разрушения твердых асфальтобетонных покрытий. Управление всеми процессами осуществляется гидроприводом.

В изобретении [2] снегоуборочная машина – фронтальный погрузчик имеет ковш, выполненный с передней затворной крышкой, установленной с возможностью перемещения по вертикали. Это позволяет удерживать снег в ковше при транспортировании, не рассыпая его на дорогу. Питание привода осуществляется от гидросистемы базового погрузчика.

При совершенствовании скрепера-планировщика [7] предлагается повысить наполняемость ковша за счет подвижности дополнительно установленного отвала с боковыми стенками. Этот отвал перемещает призму грунта к задней стенке ковша и тем самым повышает наполняемость и, соответственно, производительность машины.

В изобретении [10] рабочее оборудование погрузчика содержит стержневую систему, челюстной захват (верхнюю и нижнюю челюсти) с механизмом управления. Установленные на нижней челюсти (ковше погрузчика) направляющие позволяют перемещаться верхней челюсти при закрытии и открытии модернизированного ковша погрузчика. Это обеспечивает увеличение усилия при сжатии челюстей.

Анализ патентов позволяет сделать вывод, что разработки по совершенствованию рабочих органов машин проводятся постоянно. При этом ранее предложенные разработки не решают задачу, которая рассмотрена на рис. 1. Повышения эффективности работы погрузчика можно достичь за счет установки отвала на штатный рабочий орган погрузчика.

Так, на примере погрузчика «Mustang 3300V» кафедры «Транспортные и технологические системы» Тюменского государственного нефтегазового университета предлагается разработать подгребатель (миниотвал с приводом).

В рамках решаемой задачи по модернизации рабочего оборудования погрузчика была проведена компоновка рабочего оборудования. При этом необходимо учесть высоту подъема ковша, угол поворота ковша, а также маневренность машины. При рассмотрении вопроса установки отвала со стрелой на погрузчик рассматривались три варианта:

– установка оборудования на раму погрузчика (независимо от штатного рабочего оборудования);

– установка предлагаемой модернизации (рабочего оборудования) заодно со штатным рабочим оборудованием, при этом стрела изогнутая, для сохранения полного поворота ковша;

– вариант как в предыдущем варианте, при этом стрела прямая.

Для решения предлагаемой задачи принят третий вариант (рис. 2), т.к. он надежен и прост, несмотря на снижение подвижности ковша погрузчика (уменьшение угла поворота). Стрела является телескопической, движение которой осуществляется гидроцилиндром. Причем стрела хомутами крепится к раме рабочего оборудования погрузчика. Это позволяет осуществить монтаж и демонтаж в условиях малых предприятий.

Анализ конструкций и патентный обзор коммунальных машин показывает, что они в большей степени оснащены гидравлическим приводом. Это объясняется технологичностью изготовления и модернизации [4]. Схема гидравлического привода модернизированного погрузчика «Mustang 3300V» представлена на рис. 3.

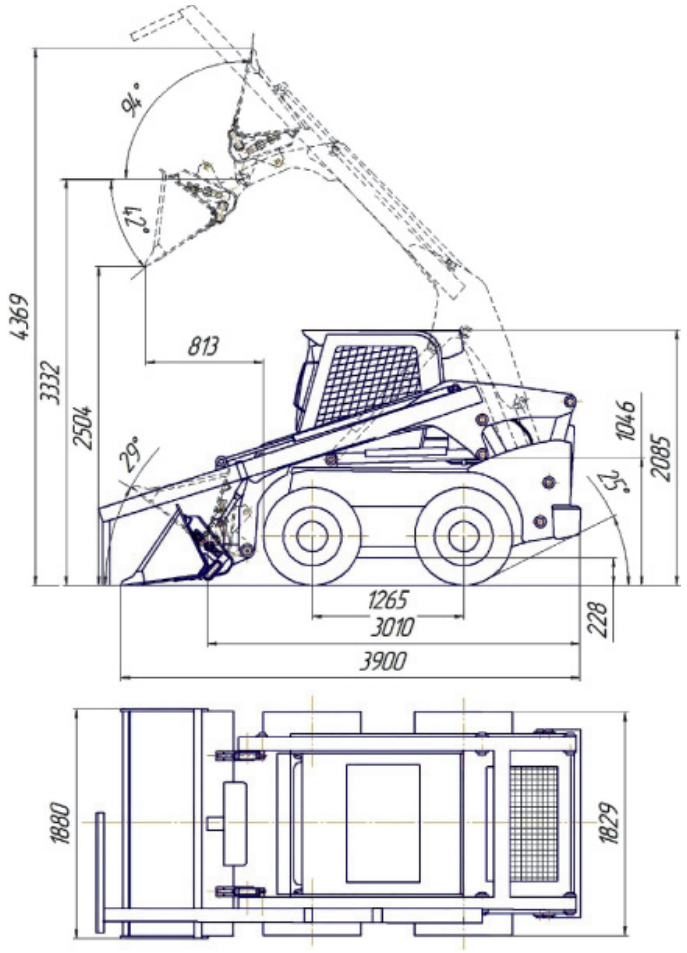


Рис. 2. Погрузчик «Mustang 3300V» (модернизированный)

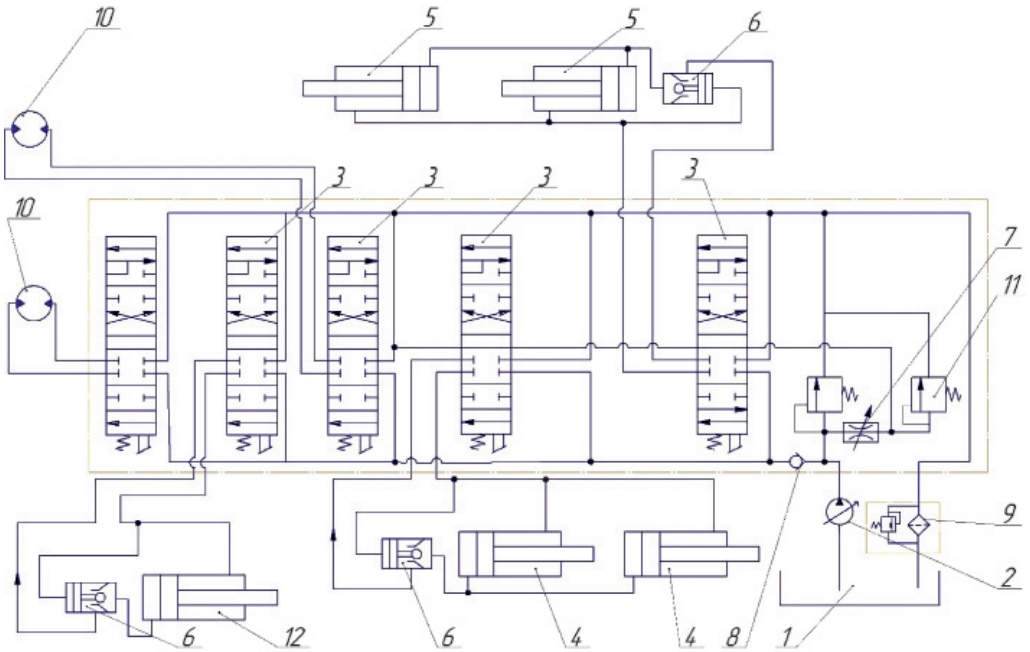


Рис. 3. Схема гидравлического привода модернизированного погрузчика «Mustang 3300V»:
1 – бак масляный; 2 – насос; 3 – распределитель; 4 – гидроцилиндры подъема – опускания стрелы;
5 – гидроцилиндры; 6 – гидрозамок; 7 – дроссель; 8 – клапан обратный;
9 – фильтр; 10 – гидромотор; 11 – клапан перепускной; 12 – гидроцилиндр выдвижения стрелы

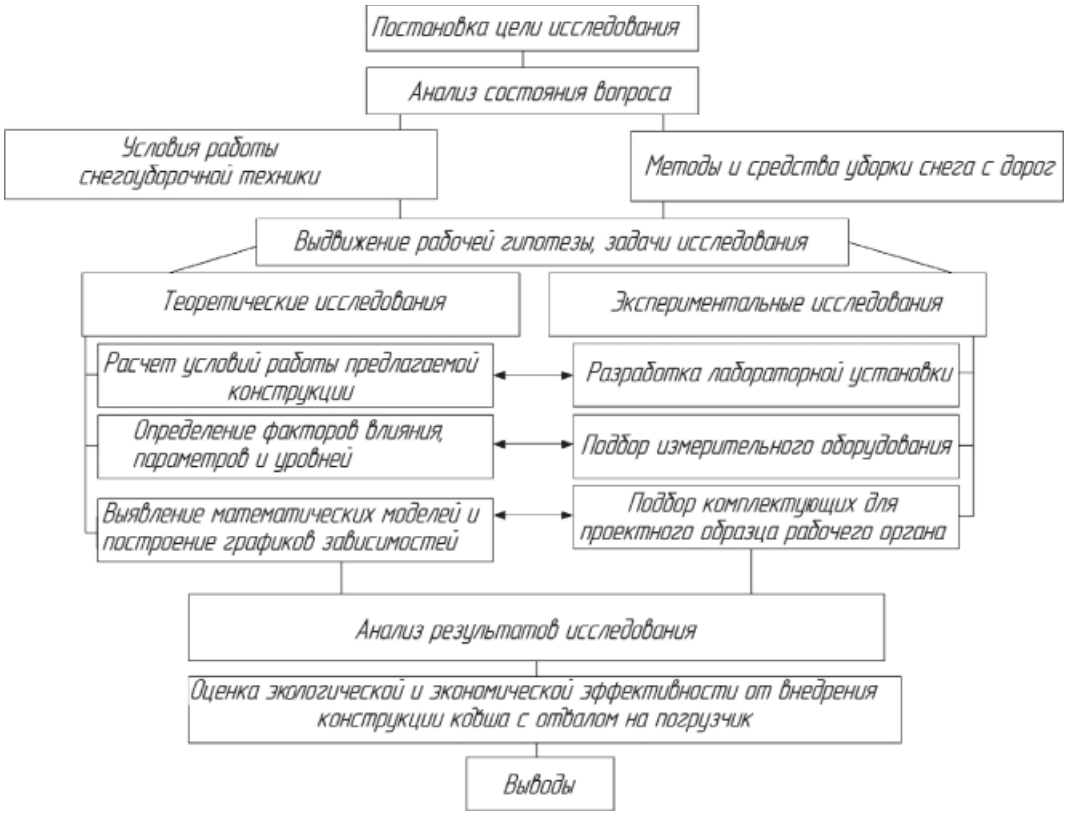


Рис. 4. Схема методики проведения исследований

Интенсивность расходования ресурсов и, следовательно, эффективность эксплуатации машин зависит от влияния природно-климатических факторов, параметров машины и организации ее эксплуатации [5]. Поэтому необходимо определить основные факторы и установить их влияние на выходной параметр.

Исследование конструкции нового рабочего органа содержит определение зависимости сопротивления сдвига снега от скорости перемещения отвала к ковшу погрузчика и зависимости сопротивления сдвига (подгребания) снега от ширины и высоты отвала. Также при проведении исследований следует учитывать свойства снега (контролируемые факторы). Для проверки и уточнения теоретических данных проводятся экспериментальные исследования. Схема методики проведения исследований представлена на рис. 4.

Основными факторами влияния при определении зависимостей являются: толщина срезаемого слоя снега, мм – (X_1); плотность снега, кг/м^3 – (X_2); скорость перемещения снега отвалом (подгребателем), м/с, – (X_3); ширина отвала, мм – (X_4), угол резания отвала, мм – (X_5).

Проведение полного факторного эксперимента с двумя уровнями каждого фактора будет содержать 64 опыта. Выходным параметром (Y) является сопротивление на отвале погрузчика $Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$. Количество опытов в эксперименте снизится при использовании неполного факторного эксперимента (полуреплики).

В задачу проектирования будет входить определение кинематики рабочего органа погрузчика, тяговых характеристик базовой машины, расчет ее гидропривода и устойчивости, прочностной расчет рабочего органа, а также оценка экономической эффективности.

Для дальнейшего исследования конструкции необходимо осуществить компоновку оборудования на машину (модель) и проверить ее работоспособность.

Полученные результаты исследований на примере «Mustang 3300V» применимы для погрузчиков различных типоразмеров. Применение данной конструкции позволит повысить механизацию снегоуборочных работ фронтального погрузчика.

Список литературы

1. Баловнев В.И. Дорожно-строительные машины с рабочими органами интенсифицирующего действия. – М.: Машиностроение, 1981. – 223 с.

2. Быков В.Ю., Шестопалов К.К. Снегоуборочная машина Патент № 2010125352/21 заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), опубл.: 20.12.2010.

3. Гаврилов Ю.М. Курилов Е.В. Гринев Е.В. Рабочее оборудование гидравлического экскаватора Патент № 2130528 заявитель и патентообладатель Ярославский государственный технический университет, опубл.: 20.06.2009.

4. Гар В. Фронтальные погрузчики: больше и лучше // Основные Средства № 9/2003. URL: os1.ru/article/pto/2003_09_A_2005_02_17-13_53_21/.

5. Захаров Н.С., Абакумов Г.В., Вознесенский А.В., Бачинин Л.В., Ракитин А.Н. Влияние сезонной вариации факторов на интенсивность расходования ресурсов при эксплуатации транспортно-технологических машин // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2006. – № 1. – С. 75–79.

6. Конев В.В. Отвал для уборки снега Патент № 2465393 E01H5/06 заявитель и патентообладатель Тюменский государственный нефтегазовый университет.

7. Насонов С.Ю., Леонтьев Ю.П, Ревин Ю.Г. Мелиоративный скрепер-планировщик с подвижной заслонкой-отвалом Патент № 113282 заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства», опубл. 20.09.2011.

8. Мерданов Ш.М., Конев В.В., Ефимова В.Л., Балин А.В. Ресурсосбережение при уборке снега в городских условиях // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 1 (часть 2). – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2803.

9. Минин В.В. Концепция повышения эффективности универсальных малогабаритных погрузчиков. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 304 с.

10. Шамардин В.Д. Григорьев А.В. Савельев А.Г. Рабочее оборудование погрузчика Патент № 2143523 заявитель и патентообладатель Акционерное общество открытого типа «Погрузчик», опубл.: 27.12.1999.

References

1. Balovnev V.I. Dorozhno-stroitelnye mashiny s rabochimi organami intensificirujushhego dejstvija [Road-building machines with working bodies of intensifying actions] M.: Mashinostroenie, 1981 223 p.

2. Bykov V.Ju., Shestopalov K.K. Snegouborochnaja mashina Patent no. 2010125352/21 zajavitel i patentoobladatel Gosudarstvennoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovanija Moskovskij avtomobilno-dorozhnyj gosudarstvennyj tehnicheskij universitet (MADI), opubl.: 20.12.2010.

3. Gar V. Frontalnye pogruzchiki: bolshe i luchshe // Osnovnye Sredstva no. 9/2003. URL: os1.ru/article/pto/2003_09_A_2005_02_17-13_53_21.

4. Gavrilov Ju.M. Kurilov E.V. Grinev E.V. Rabochee oborudovanie gidravlicheskogo jekskavatora Patent no. 2130528 zajavitel i patentoobladatel Jaroslavskij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet, opubl.: 20.06.2009.

5. Konev V.V. Otval dlja uborki snega Patent no. 2465393 E01H5/06 zajavitel i patentoobladatel Tjumenskij gosudarstvennyj neftegazovyj universitet.

6. Merdanov Sh.M., Konev V.V., Efimova V.L., Balin A.V. Resursosberezhenie pri uborke snega v gorodskih uslovijah, Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, no. 1 (chast 2) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2803.

7. Minin V.V. Koncepcija povyshenija jeffektivnosti universalnyh malogabaritnyh pogruzchikov: / V.V. Minin. Krasnojarsk: Sib. feder. un-t, 2012. 304 p.

8. Zaharov N.S., Abakumov G.V., Voznesenskij A.V., Bachinin L.V., Rakitin A.N. Vlijanie sezonnoj variacii faktorov na intensivnost rashodovanija resursov pri jekspluatacii transportno-tehnologicheskih mashin // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft i gaz 2006 no. 1 pp. 75–79.

9. Nasonov S.Ju., Leontev Ju.P, Revin Ju.G. Meliorativnyj skreper-planirovshhik s podvizhnoj zaslonkoj-otvalom Patent no. 113282 zajavitel i patentoobladatel Federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovanija «Moskovskij gosudarstvennyj universitet prirodoobustrojstva», opubl. 20.09.2011.

10. Shamardin V.D. Grigorev A.V. Savelev A.G. Rabochee oborudovanie pogruzchika Patent no. 2143523 zajavitel i patentoobladatel Akcionernoe obshhestvo otkrytogo tipa «Pogruzchik», opubl.: 27.12.1999.

УДК 004.942

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕПЕЙ С ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫМИ ПРИБОРАМИ

Каримов Т.И., Андреев В.С., Бутусов Д.Н.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Санкт-Петербург, e-mail: butusovdn@mail.ru

В статье рассматривается задача компьютерного моделирования электрической цепи с вакуумным триодом в реальном масштабе времени. Для решения данной задачи предложено новое семейство вещественно-неявных численных методов Рунге – Кутты, обладающее свойством вычислительного параллелизма на уровне метода, а также параллельный экстраполяционный решатель дифференциальных уравнений на основе неявного метода Эйлера. Проводится экспериментальная оценка характеристик исследуемых численных моделей путем компьютерного моделирования цепи с вакуумным триодом в среде MATLAB. Рассматриваются известные разностные схемы численного решения дифференциально-алгебраических уравнений: метод Радо IIA, метод трапеций, неявный метод Эйлера. Анализ экспериментальных результатов показывает преимущество предлагаемых вещественно-неявных алгоритмов, а также экстраполяционного решателя на основе неявного метода Эйлера над другими неявными методами при реализации на ЭВМ с параллельной архитектурой.

Ключевые слова: электровакуумные приборы, численное интегрирование, компьютерное моделирование цепей, дифференциально-алгебраические уравнения

COMPUTER SIMULATION OF CIRCUITS WITH VACUUM TUBES

Karimov T.I., Andreev V.S., Butusov D.N.

Saint-Petersburg State Electrotechnical University, St. Petersburg, e-mail: butusovdn@mail.ru

The paper discusses the complexities of high-precision computer simulation of electronic circuits with vacuum triodes. The variety of existing mathematical models for vacuum triode is examined. Two types of parallel solvers for differential-algebraic equations are described in application to the Dempwolf-Zölzer triode model: new really implicit numerical Runge-Kutta method (RIRK) and extrapolation implicit Euler solver of order 2 and 3. Experimental studies were performed in MATLAB program environment. An evaluation of computational efficiency for the considered methods is given in cases of serial and parallel program implementation. The comparison with common DAE solvers such as Radau IIA, trapezoidal and implicit Euler methods shows that the proposed really-implicit Runge-Kutta methods are superior to the classical implicit methods in parallel implementation. However, the extrapolation implicit Euler solver is easier to implement and it may show better performance on fixed-point computers.

Keywords: vacuum tubes, numerical integration, computer simulation of circuits, differential-algebraic equations

Электронные устройства на вакуумных лампах широко применяются в ряде отраслей техники. В частности, до сих пор разрабатываются и производятся ламповые гитарные усилители. В области звуковой аппаратуры полупроводниковая аналоговая техника до сих пор не смогла полностью вытеснить ламповую, поскольку характер нелинейного искажения сигнала на транзисторах и лампах отличается в силу различия физических принципов работы этих приборов [5]. Цифровая эмуляция ламповых устройств также далека от высокой степени реалистичности, поскольку, с одной стороны, до сих пор не решена задача точной идентификации вакуумных приборов, с другой, уравнения высокого порядка, описывающие ламповый усилитель, являются нелинейными и жесткими, что затрудняет их численное решение в реальном масштабе времени [5].

Для эффективного решения дифференциальных уравнений на всех классах вычислителей, в том числе в реальном времени, в современной вычислительной математике используются аппаратно-ориентированные методы численного интегрирования [1]. В данной статье рассматривается моделирование триодного усилительного каскада с помощью аппаратно-ориентированных методов интегрирования. Изучены вопросы математического описания нелинейных электрических цепей с вакуумными приборами, предложена улучшенная модель триода и ее численные параметры для триода 12AX7. Рассматриваются экстраполяционные методы численного решения дифференциально-алгебраических уравнений на основе неявного метода Эйлера и новое семейство вещественно-неявных методов Рунге – Кутты, эффективно реализуемых на вычислителях с параллельной архитектурой. Проводится экспериментальное сравнение двух аппаратно-ориентированных методов между собой и с другими известными численными методами.

Математическая модель триодного усилительного каскада

На рис. 1, а представлен фрагмент цепи гитарного предусилителя – триодный усилительный каскад [3].

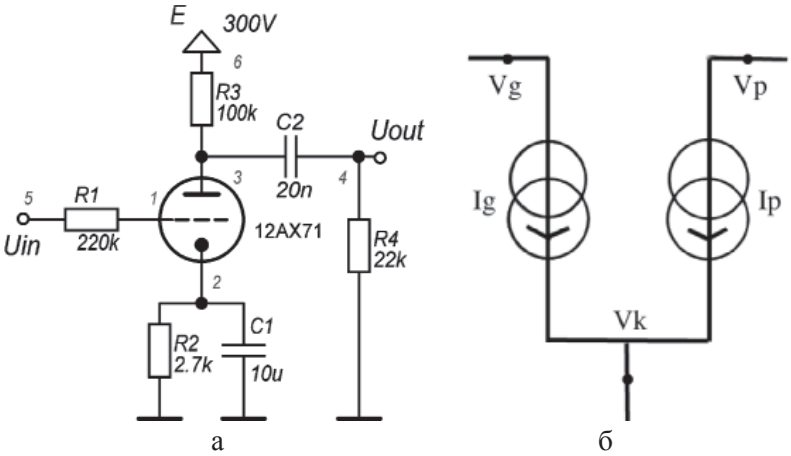


Рис. 1. Типовая схема включения триода и схема его замещения. Цифрами обозначены номера узлов при составлении уравнения

Традиционным средством расчета цепей в средах автоматизированного проектирования выступает модифицированный метод узловых напряжений (МУН). Его можно рассматривать как метод формализации записи уравнений цепи с использованием законов Кирхгофа. Если цепь не содержит индуктивностей, то она может быть описана матричным уравнением вида

$$\begin{bmatrix} A_C C A_C' & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \frac{d}{dt}\begin{bmatrix} e \\ i_V \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_R G A_R' & A_V \\ -A_V' & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} e \\ i_V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_I I \\ E \end{bmatrix}, \qquad (1)$$

где e – напряжения в узлах; i_V – токи, протекающие через источники напряжения; A_C, A_R, A_V, A_I – матрицы инцидентности конденсаторов, резисторов, источников напряжений и токов соответственно; $C = diag\{C_1, C_2, ...\}$ – диагональная матрица номиналов конденсаторов; $G = diag\{R_1^{-1}, R_2^{-1} ...\}$ – диагональная матрица номиналов проводимостей; I, E – векторы значений токов и напряжений соответствующих источников.

Для цепи, показанной на рис. 1, а, матрицы инцидентности будут иметь следующий вид:

$$A_C = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad A_R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}; \quad A_V = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}; \quad A_I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & -1 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix};$$

откуда следует общий вид матричного уравнения цепи:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 & -C_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -C_2 & C_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \dot{\mathbf{x}} + \begin{bmatrix} G_1 & 0 & 0 & 0 & -G_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & G_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & G_3 & 0 & 0 & -G_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & G_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -G_1 & 0 & 0 & 0 & G_1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -G_3 & 0 & 0 & G_3 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x} = \begin{bmatrix} -I_g \\ I_g + I_a \\ -I_a \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ E_1 \\ E_2 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} e \\ i_V \end{bmatrix}.$$

Поскольку триод замещается схемой из двух управляемых источников тока (рис. 1, б) и при этом в ламповых схемах отсутствуют независимые источники тока, уравнение (1) можно записать в компактном виде

$$M\dot{\mathbf{x}} = -Q\mathbf{x} + \begin{bmatrix} -A_t L(H\mathbf{x}) \\ E \end{bmatrix}, \qquad (2)$$

где A_t – матрица инцидентности источников тока I_g и I_a, которыми замещается триод; L – нелинейная функция токов через триод, а

$$H = \begin{bmatrix} A_t' & O_V \end{bmatrix}_{N_V}; \quad O_V = \begin{bmatrix} 0...0 \end{bmatrix}_{N_V} \qquad (3)$$

– матрица инцидентности, такая, что $H\mathbf{x} = V_t$ – напряжения между узлами, к которым подключен триод, а N_V – число источников напряжения.

Статическая модель триода 12AX7

В литературе рассматриваются несколько различных моделей, описывающих токи, протекающие через триод. Самая простая из данных моделей получила название «закон степени трех вторых», или закон Чайлда – Ленгмюра:

$$I_a = K(\mu V_{gk} + V_{ak})^{3/2};$$

$$I_g = \left(V_{gk} - V_\gamma\right) / R_{gk}, \qquad (4)$$

где K, μ, V_r, и R_{gk} – параметры модели. Хотя формула (4) и основана на интерпретации физических принципов работы электровакуумных приборов, она описывает ток сетки неточно, имея ряд ограничений на входные напряжения и требуя представления в виде кусочной функции с разрывами производной. Более совершенна эвристическая модель триода Нормана – Корена, однако наиболее точной на настоящий момент является модель Демпвольфа – Зольцера [4]:

$$I_k = G \cdot \left(\frac{1}{C} \cdot \ln\left(1 + \exp\left(C \cdot \left(\frac{1}{\mu} V_{pk} + V_{gk} \right) \right) \right) \right)^\gamma;$$

$$I_g = G_g \cdot \left(\frac{1}{C_g} \ln\left(1 + \exp\left(C_g \cdot V_{gk}\right)\right) \right)^\xi + I_{g0}; \qquad (5)$$

где G и G_g – постоянные пространственного заряда, а степенные показатели γ и ξ и коэффициенты C и C_g являются эвристическими параметрами модели. Анодный ток в модели Демпвольфа – Зольцера рассчитывается как разница токов катода и сетки:

$$I_a = I_k - I_g.$$

Данный факт одновременно является и одним из недостатков данной модели. Если коэффициенты уравнения сеточного тока требуется подкорректировать для лучшего согласования с данными измерений, то необходимо вместе с ними модифицировать и коэффициенты тока I_k. Это может быть исправлено путем замены числовых коэффициентов, с помощью выражения для I_k рассчитывая I_a:

$$I_a = G_a \cdot \left(\frac{1}{C_a} \cdot \ln\left(1 + \exp\left(C_a \cdot \left(\frac{1}{\mu} V_{ak} + V_{gk} \right) \right) \right) \right)^\gamma;$$

$$I_g = G_g \cdot \left(\frac{1}{C_g} \ln\left(1 + \exp\left(C_g \cdot V_{gk}\right)\right) \right)^\xi + I_{g0}. \qquad (6)$$

Помимо высокой степени адекватности положительным свойством модели Демпвольфа – Зольцера (5) и ее модифицированной версии (6) является то, что она имеет аналитическую производную без разрывов. Это позволяет сократить время вычислений якобиана и обеспечить лучшую сходимость решения.

Численные параметры для модели (6), полученные на основе уточненных измерений вольт-амперных характеристик триода 12AX7 для тока анода:

$$G_p = 1{,}73 \cdot 10^{-3}; \quad \mu = 88{,}74;$$

$$\gamma = 1{,}303; \quad C_p = 4{,}032.$$

Для тока сетки:

$$G_g = 8 \cdot 10^{-4}; \quad \xi = 2{,}2; \quad C_g = 6; \quad I_{g0} = 4{,}6 \cdot 10^{-9}.$$

Численное решение дифференциально-алгебраических уравнений

Рассмотрим решение частного случая дифференциально-алгебраического уравнения – полуявного дифференциального уравнения вида

$$M\dot{y} = f(t, y), \qquad (7)$$

где M – некоторая матрица; t – независимая переменная (время), а $f(t, y)$ – некоторая, в общем случае нелинейная, функция, которую мы будем называть функцией правой части (ФПЧ). Формула для s-стадийного метода Рунге – Кутты решения ДАУ в переменных z [2]:

$$\left(I_s \otimes M\right) \begin{pmatrix} z_1 \\ \vdots \\ z_s \end{pmatrix} = h\left(A \otimes I_n\right) \begin{pmatrix} f(t_n + c_1 h, x_n + z_1) \\ \vdots \\ f(t_n + c_s h, x_n + z_s) \end{pmatrix};$$

$$x_{n+1} = x_n + \sum_{i=1}^{s} d_i z_i, \qquad (8)$$

где $d = bA^{-1}$; I_j – единичная матрица размерности $j \times j$, а $\otimes$ – умножение Кронекера, а $z_i = \sum_{j=1}^{s} a_{ij} k_j$. Решение уравнения (8) осуществляется с помощью итераций Ньютона. Перенеся все члены в правую часть уравнения (8), введем функцию

$$F_0(\mathbf{z}) = (I_s \otimes M)\mathbf{z} - h(A \otimes I_n)\begin{pmatrix} f(t_k + c_1 h, \mathbf{x}_k + \mathbf{z}_k^1) \\ \vdots \\ f(t_k + c_s h, \mathbf{x}_k + \mathbf{z}_k^s) \end{pmatrix}, \quad (9)$$

Для нее необходимо найти корень z^*. Тогда метод Ньютона может быть записан следующим образом:

$$W_0(\mathbf{z})\Delta\mathbf{z} = (I_s \otimes M)\mathbf{z}_k - h(A \otimes I)F(\mathbf{z}_k), \quad (10)$$

где W_0 – якобиан функции F_0. Затем определяется новое значение вектора переменных

$$\mathbf{z}_{k+1} = \mathbf{z}_k + \Delta\mathbf{z}.$$

Уравнение нелинейной цепи с триодами может быть решено методами Рунге – Кутты путем выделения правой части уравнения (2)

$$f(\mathbf{x}) = -Q\mathbf{x} + \begin{bmatrix} -A_t L(H\mathbf{x}) \\ E \end{bmatrix} \quad (11)$$

и нахождения ее якобиана:

$$J(\mathbf{x}) = -Q - H' \begin{bmatrix} \cdots \\ \partial I_{gk}/\partial\mathbf{x} \\ \partial I_{ak}/\partial\mathbf{x} \\ \cdots \end{bmatrix}, \quad (12)$$

где

$$\frac{\partial I_g}{\partial \mathbf{x}} = H_{2j-1} \cdot \frac{G_g \cdot \xi \cdot \sigma_g \cdot \left(\frac{1}{C_g}\ln(1+\sigma_g)\right)^{\xi-1}}{\sigma_g + 1};$$

$$\sigma_g = \exp(C_g \cdot V_{gk});$$

$$\frac{\partial I_p}{\partial \mathbf{x}} = \left(H_{2j-1} + \frac{H_{2j}}{\mu}\right) \times$$

$$\times \frac{G_p \cdot \gamma \cdot \sigma_a \cdot \left(\frac{1}{C_p} \cdot \ln(1+\sigma_a)\right)^{\gamma-1}}{\sigma_a + 1};$$

$$\sigma_a = \exp\left(C_p \cdot \left(\frac{V_{ak}}{\mu} + V_{gk}\right)\right);$$

$$V_{gk} = H_{2j-1}\mathbf{x}; \; V_{ak} = H_{2j}\mathbf{x}.$$

Вещественно-неявные методы Рунге – Кутты

Идея распараллеливания неявных методов Рунге – Кутты состоит в том, чтобы вычислять s независимых компонент вектора $\Delta\mathbf{z}_k$ в параллельных потоках. Действительно, если матрица метода может быть представлена в виде

$$T^{-1}AT = \begin{bmatrix} \lambda_1 & & \\ & \ddots & \\ & & \lambda_s \end{bmatrix} = \Lambda,$$

то после замены переменных

$$\tilde{\mathbf{z}}_k = (T^{-1} \otimes I_n)\mathbf{z}_k; \quad \Delta\tilde{\mathbf{z}}_k = (T^{-1} \otimes I_n)\Delta\mathbf{z}_k;$$

$$\tilde{F} = (T^{-1} \otimes I_s)F$$

итерационная схема (9) преобразуется к виду

$$\begin{bmatrix} I_n - h\lambda_1 J_1 & & \\ & \ddots & \\ & & I_n - h\lambda_s J_s \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\tilde{\mathbf{z}}_k^1 \\ \vdots \\ \Delta\tilde{\mathbf{z}}_k^s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M & & \\ & \ddots & \\ & & M \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{z}}_k^1 \\ \vdots \\ \tilde{\mathbf{z}}_k^s \end{bmatrix} - h \begin{bmatrix} \lambda_1 I_n & & \\ & \ddots & \\ & & \lambda_s I_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{F}_1(\mathbf{z}_k) \\ \vdots \\ \tilde{F}_n(\mathbf{z}_k) \end{bmatrix},$$

где $J_i = \partial f / \partial y(t_0 + c_i h, \mathbf{y}_0 + \mathbf{z}_i)$ – якобиан функции правой части в точке $(t_0 + c_i h, \mathbf{y}_0 + \mathbf{z}_i)$. Такие методы будем называть вещественно-неявными методами Рунге – Кутты или ВНРК (англ. Really Implicit Runge-Kutta, RIRK). Заметим, что λ_i – неравные вещественные числа, и $\lambda_i \neq \lambda_j$, $i \neq j$, в противном случае матрица T сингулярная и T^{-1} не существует. С помощью подходов многокритериальной оптимизации был синтезирован 3-стадийный L-устойчивый метод 3-го порядка, который в дальнейшем использовался для численного решения уравнения цепи:

0	1,241909014159768	–1,5195517348621990,277	642720699974
$\frac{1}{2}$	0,09092772965586	0,4907545045602340,00015	2722474169
1	0,66627740720938	0,666718023133105 0,166	654236145957
	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{6}$

Численное моделирование цепи с вакуумным триодом

Рассмотрим моделирование триода (2) с использованием различных численных методов. Предполагается, что все составляющие входного сигнала частотой выше 20 кГц подавляются входным фильтром. При базовой частоте дискретизации 44 кГц были рассмотрены следующие варианты передискретизации L: величина передискретизации в 4 раза (частота обработки данных 176 кГц), в 8 раз (352 кГц) и в 16 раз (704 кГц). В качестве входного сигнала был выбран синусоидальный сигнал амплитудой 10 В с частотой, изменяющейся во времени по логарифмическому закону.

Было обнаружено, что задача моделирования триодного каскада является жесткой, и для всех рассмотренных численных методов происходит потеря порядка алгебраической точности.

Эксперименты показывают, что коэффициент передискретизации оказывает существенное влияние на необходимое количество итераций Ньютона для достижения требуемой точности. Однако в этом случае повышается и число обращений к функции правой части, что влечет за собой увеличение числа выполняемых алгебраических операций.

Как видно из графика на рис. 3, наилучшую вычислительную эффективность обеспечивает метод ВНРК33, обладая точностью порядка 1 и 0,1 % при частотах дискретизации 352 и 704 кГц соответственно. Если допустимы искажения сигнала в пределах 5 %, то наименьших затрат вычислительных ресурсов требует экстраполяционный решатель второго порядка точности на основе неявного метода Эйлера.

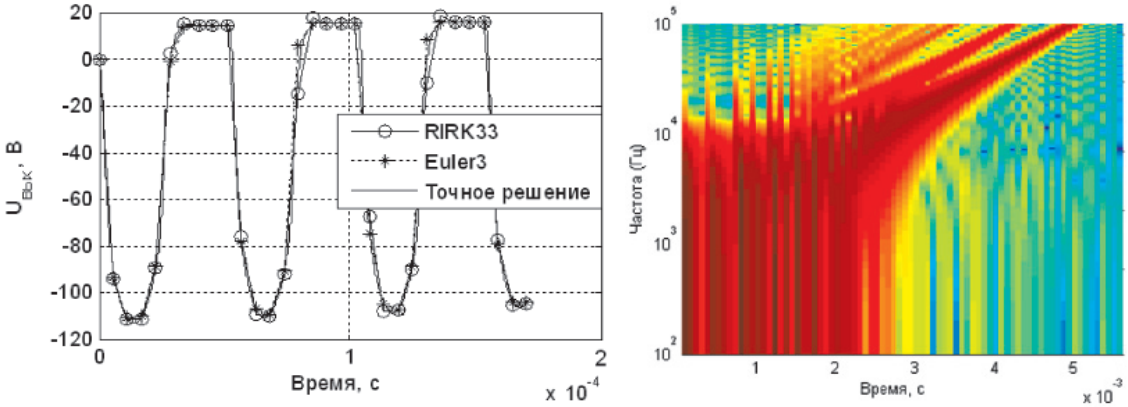


Рис. 2. Сравнение точного отклика модели при частоте входного сигнала 20 кГц с откликом модели с L = 4, а также спектрограмма выходного сигнала триодного каскада

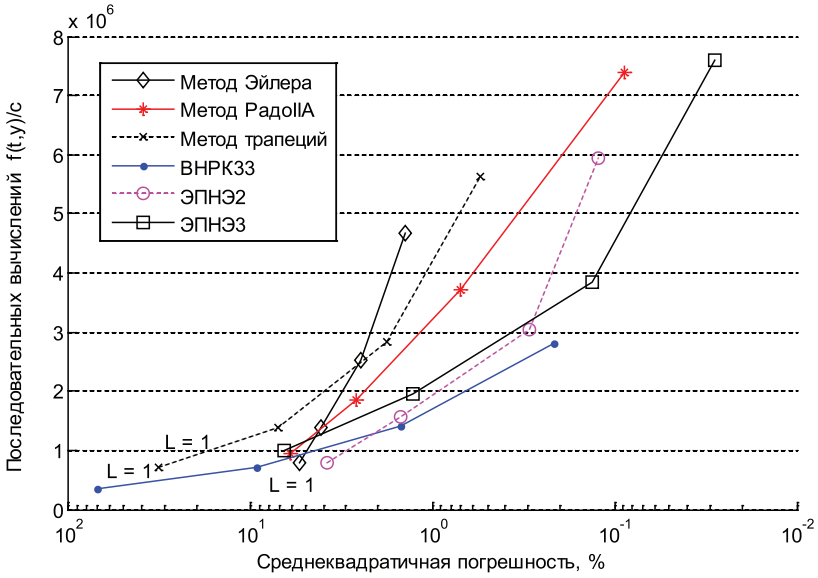


Рис. 3. Погрешность моделирования при различных коэффициентах передискретизации: L = [1; 2; 4; 8]

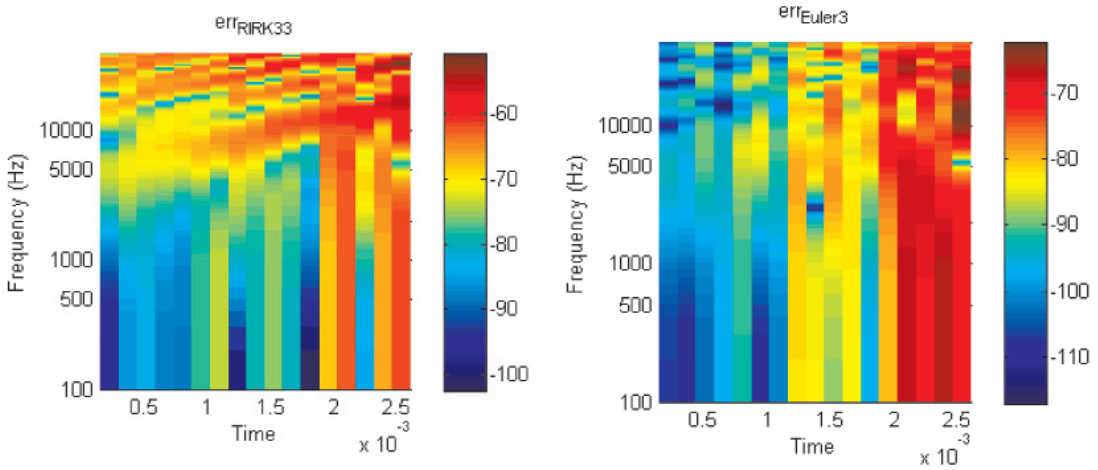


Рис. 4. Сравнение спектра погрешностей метода RIRK33 и ЭПНЭ3 при восьмикратной передискретизации

Традиционно применяемые в форме дискретных подстановок методы аппаратного моделирования – неявный метод Эйлера и метод трапеции – показывают наихудшие результаты по вычислительной эффективности при моделировании нелинейной цепи.

Сравнение результатов (рис. 4) показывает, что основная погрешность решения неявным экстраполяционным методом Эйлера третьего порядка сосредоточена в верхней части спектра, в то время как для метода ВНРК33 характерно более равномерное распределение погрешности по частоте с присутствием высших гармоник на всех частотах входного сигнала. Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что предлагаемый вещественно-неявный трехстадийный метод Рунге – Кутты является оптимальным при решении задачи программно-аппаратного моделирования цепи с вакуумным триодом.

Заключение

В статье рассмотрено моделирование триодного усилительного каскада с применением аппаратно-ориентированных методов численного интегрирования. Установлено, что при решении жестких нелинейных задач наиболее целесообразно применение метода ВНРК третьего порядка с ограниченным числом итераций Ньютона, или же экстраполяционного неявного метода Эйлера второго порядка. При этом выбор метода для конкретного приложения можно производить, исходя из анализа спектра погрешности получаемого решения.

Дальнейшим направлением исследований является моделирование цепей с большим количеством вакуумных приборов, описываемых дифференциально-алгебраическими уравнениями высокого порядка, а также апробация предложенных аппаратно-ориентированных методов при аппаратной реализации эмуляторов гитарных ламповых усилителей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках договора № НК 14-01-31277\14 от 06.02.2014 г.

Список литературы

1. Бутусов Д.Н., Каримов А.И., Каримов Т.И., Долгушин Г.К. Семейство аппаратно-ориентированных методов численного интегрирования // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4.

2. Хайрер Э., Нерсетт С., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Дифференциально-алгебраические и жесткие задачи. – М.: Мир, 1996.

3. Cohen I., Helie T. Simulation of a guitar ampli er stage for several triode models: examination of some relevant phenomena and choice of adapted numerical schemes // 127th Convention of Audio Engineering Society. – 2009. – С. 1–9.

4. Dempwolf K., Zölzer U. A Physically-Motivated Triode Model for Circuit Simulations // 14-th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-11). – 2011. – С. 257–264.

5. Pakarinen J., Yeh D.T. A review of digital techniques for modeling vacuum-tube guitar amplifiers // Computer Music Journal. – 2009. – № 2 (33). – С. 85–100.

References

1. Butusov D.N., Karimov A.I., Karimov T.I., Dolgushin G.K. Semejstvo apparatno-orientirovannyh metodov chislennogo integrirovanija. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 4.

2. Hajrer Je., Nersett S., Vanner G. Reshenie obyknovennyh differencialnyh uravnenij. Differencialno-algebraicheskie i zhestkie zadachi. M.: Mir, 1996.

3. Cohen I., Helie T. Simulation of a guitar ampli er stage for several triode models: examination of some relevant phenomena and choice of adapted numerical schemes. 127th Convention of Audio Engineering Society. 2009. pp. 1–9.

4. Dempwolf K., Zölzer U. A Physically-Motivated Triode Model for Circuit Simulations. 14-th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-11). 2011. pp. 257–264.

5. Pakarinen J., Yeh D.T. A review of digital techniques for modeling vacuum-tube guitar amplifiers. Computer Music Journal. 2009. no. 2 (33). pp. 85–100.

УДК 621.01/.03

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ДЛЯ ВАКУУМНОЙ МАШИНЫ

Конев В.В., Бородин Д.М., Проботюк В.В., Гордиевских А.В.

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, e-mail: konev@tsogu.ru

При эксплуатации зданий, дорог для очистки выгребных ям и канализационных колодцев, транспортирования и выгрузки в местах утилизации жидких отходов используются вакуумные ассенизационные машины. Работа данных машин проводится в течение всего года при различных природно-климатических условиях. В условиях низких отрицательных температур (ниже минус 20°С) возникают проблемы с использованием данной техники – перемерзает клапан сигнально-предохранительного устройства. Это способствует возникновению разреженности воздуха внутри цистерны при ее охлаждении и дальнейшему ее разрушению. На основе анализа конструкций систем тепловой подготовки агрегатов, узлов машин разработана система тепловой подготовки клапанов использованию тепла отработавших газов ДВС. Расчеты показали, что на примере ассенизационной машины КО-505А, оснащенной двигателем КАМАЗ 740.62, теряется более 20% тепла при сгорании топлива в ДВС. Этого тепла будет достаточно для прогрева клапанов. Определены основные направления дальнейшего исследования системы тепловой подготовки.

Ключевые слова: коммунальная машина, ассенизационная машина, тепловая подготовка, клапан, утилизация тепла, низкие отрицательные температуры

DEVELOPMENT HEAT RECOVERY SYSTEM FOR VACUUM MACHINES

Konev V.V., Borodin D.M., Probotyuk V.V., Gordievskikh A.V.

Federal State Educational Institution of Higher Education Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: konev@tsogu.ru

When maintenance of buildings, roads for cleaning cesspools and sewer manholes, transportation and unloading in places of disposal of liquid waste, used vacuum sewage truck. The work of these machines is conducted throughout the year in different climatic conditions. With low freezing temperatures (below minus 20°C) there are problems with using this technique – freeze valve signal-safety devices.It contributes to the thinner air inside the tank as it cools and its further destruction. Based on the analysis of thermal systems designs training units, units of machines developed a system of thermal preparation of valves through the use of the waste heat of the engine. Calculations showed that the example of sewage truck KO-505A-powered KAMAZ 740.62 lost more than 20% of the heat from the combustion of fuel in internal combustion engines. This heat is sufficient to warm the valves. The basic directions of the further research of the thermal preparation.

Keywords: communal machine, sewage truck, heat training, valve, heat recovery, low negative temperatures

В городском хозяйстве при эксплуатации дорог, зданий применяются различные коммунальные машины. Применение машин осуществляется в течение всего года в различных природно-климатических условиях. От эффективности использования коммунальных машин зависит функционирование, развитие инфраструктуры населенных пунктов и, главное, обеспечение благополучной санитарной обстановки, безопасности жизнедеятельности человека [4, 10].

В содержание коммунального хозяйства входит очистка выгребных ям и канализационных колодцев, транспортирование и выгрузка в местах утилизации жидких отходов, не содержащих горючих и взрывоопасных веществ. Для этого применяются вакуумные ассенизационные машины.

Распространение получили перевозные и самоходные ассенизационные машины на различном автомобильном шасси. Самая малочисленная группа ассенизационных машин – вакуумные прицепы-цистерны, которые устанавливаются к тракторам. В зависимости от емкости цистерны ассенизационные машины делят на малый класс, до 4 м^3 – («Газель», «Бычок»), машины среднего класса, от 4 до 8 м^3 – («ГАЗ, «ЗИЛ») и машины большого класса на шасси, более 8 м^3 – «КамАЗ», «МАЗ» и «Урал». В настоящее время около 13 заводов в России выпускают свыше 50 моделей вакуумных машин на разных шасси [8]. Известны марки ассенизационных машин: КО-505А, КО-523, КО-520, КО-503В, КО-529, КО-520Д, КО-522, МК-10А, производителей: «КОММАШ», «Курганд ормаш», «Карловский механический завод», «Ржевский ремонтно-механический завод», Завод «Строммашина», «Энергомаш». Основное достоинство этих машин – низкая цена и удобство техобслуживания и ремонта. Так же эксплуатируются марки машин иностранного производства: Хюндай (Южная Корея),

Zoomlion (Китай), YTO international Ltd (Китай), KOBIT s.r.o. (Чехия), REKORDIA (Германия).

Основными рабочими элементами ассенизационной машины являются:

– цистерна, в которую производится закачка нечистот и других загрязнений, на цистерне расположен люк, для приема. При этом выполняется данная операция без распространения запахов и проливов жидкостей;

– насос вакуумного типа, который всасывает содержимое выгребных ям. Приводится в действие от коробки отбора мощности;

– трубопроводы, через которые происходит транспортирование содержимого выгребных ям, кран, сигнально-предохранительные устройства и электрическое оборудование.

Основными характеристиками машин, определяющими их эффективность, являются:

– время наполнения цистерны, мин;

– время опорожнения цистерны, мин (под давлением);

– производительность вакуум-насоса, м^3/ч;

– вместимость цистерны, м^3;

– глубина очищаемых ям, м.

Очевидно, что чем больше глубина очищаемых ям и вместимость цистерны, тем больше должна быть производительность вакуумного насоса. Размеры цистерны зависят от марки базовой машины (грузоподъемности), на которой она размещается. Снижение времени опорожнения цистерны зависит от производительности нагнетательного насоса.

Работа ассенизационной машины осуществляется за счет разрядки вакуумного насоса. В результате этого начинается наполнение цистерны. Контроль за наполнением (исключение переполнения цистерны и попадания грязи в жерло насоса) проводит защитное оборудование. Управление работой систем ассенизационной машины осуществляется в кабине водителя.

В настоящее время эксплуатация большинства вакуумных ассенизационных машин при температурах ниже –20 °С затруднена, так как происходит замерзание конденсата в предохранительном клапане. Клапан является сигнально-предохранительным устройством, расположенным на верхнем люке цистерны и предназначен для ограничения давления и разрежения в цистерне. При отрицательных температурах происходит охлаждение теплого воздуха в ассенизационной емкости. В результате этого давление в емкости уменьшается, становится ниже атмосферного. В случае замерзания клапана теряется связь атмосферного воздуха окружающей среды (его давления) с давлением в цистерне. В результате разницы избыточного атмосферного давления и манометрического давления в цистерне происходит ее разрушение (рис. 1). Соответственно, эксплуатация машины в дальнейшем невозможна. В технических характеристиках разрежение в цистерне допускается не менее 0,08 МПа.

К примеру, в 2014 году в г. Тюмени температура окружающего воздуха минус 20 °С и ниже в общем составляла 28 дней в году. В эти дни изменяется качество машин [1], большинство ассенизационных вакуумных машин простаивали.

Из-за этого не обеспечивается содержание зданий и возможны отказы в работе коммунальных служб. Невыполнение работы влечет материальные убытки в связи с простоем техники по причине потери работоспособности машины при промерзании клапанов или нарушении правил эксплуатации ассенизационных машин. Поэтому проблема замерзания конденсата в предохранительных клапанах на вакуумных ассенизационных машинах является актуальной и требует решения.

Рис. 1. Разрушение ассенизационной емкости вакуумной машины

В связи с этим целью работы является разработка системы для прогрева клапанов ассенизационной машины.

Рассмотрим системы и устройства, используемые для прогрева агрегатов, узлов машин.

Существуют различные конструкции тепловой подготовки ДВС, гидропривода, к ним относятся электрообогреватели, которые требуют внешнего источника энергии [7, 11]. Также используются автономные средства тепловой подготовки ДВС, осуществляющие его прогрев при сгорании топлива в подогревателе [3, 9]. Локальный прогрев гидропривода электроподогревателями, ее рабочей жидкостью и охлаждающей жидкостью ДВС [11].

При работающем ДВС сам двигатель является источником тепловой энергии. При его работе до 40% энергии, полученной в результате сгорания топлива, преобразуется в работу, остальная энергия (теплота) теряется в системе охлаждения ДВС, излучается с его поверхности, а также выносится с отработавшими газами [5, 9]. Использование тепла выхлопных газов ДВС не требует замкнутых систем, поэтому они получили широкое применение в тепловой подготовке салона и кабины машины, кузова самосвала для предупреждения примерзания строительного материала к кузову [6].

Анализ патентов [3] показал, что исследователями предлагается система прогрева гидробака, в которой поток отработанных газов дизеля, двигаясь по магистральному газопроводу, проходя через заслонку, направляется к теплообменнику, расположенному в гидробаке гидросистемы машины. Горячие газы нагревают стенки теплообменника, которые в свою очередь передают тепло рабочей жидкости, находящейся в гидробаке. При такой подготовке гидрофицированной машины к работе рабочая жидкость разогревается до минимально допустимой температуры или выше, при которой возможно безаварийное прокачивание рабочей жидкости насосом через гидромагистрали.

В разработке [2] предлагается система предпусковой тепловой подготовки ДВС и гидропривода. Прогрев перед началом работы машины осуществляется за счет тепла, накопленного в тепловых аккумуляторах при работе машины в конце смены. При прогреве ДВС антифриз, проходя через теплоаккумулятор, нагревается и передает тепло ДВС. После запуска ДВС осуществляется прогрев гидрооборудования. Это проводится путем использования тепла выхлопных газов ДВС.

Перед разработкой системы утилизации тепла ДВС для прогрева клапанов ассенизационной машины был проведен расчет теплового баланса дизельного двигателя КАМАЗ 740.62 мощностью 280 л.с., установленного на ассенизационной машине КО 505А. Составляющие теплового баланса представлены в таблице.

Анализ результатов расчета показывает, что тепла, выделяемого с отработавшими газами, будет достаточно для прогрева клапанов.

Составляющие теплового баланса

Составляющие теплового баланса	Q, Дж/с	q, %
Теплота, эквивалентная эффективной работе	206000	41
Теплота, передаваемая охлаждающей среде	72200	14
Теплота, теряемая при выходе отработавших газов	105565	21
Неучтенные потери теплоты	118708	24
Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом	502473	100

На основе проведенного анализа систем утилизации тепла предложена система, которая позволяет прогревать при низких отрицательных температурах клапаны ассенизационной машины путем использования тепла отработавших газов ДВС (рис. 2).

Система обогрева клапанов на примере коммунальной машины КО-505А, состоит из заслонки, патрубка, трубопроводов, направляющих полукружий, обогреваемого конденсата сборника, связанных с выхлопной системой базового автомобиля. Система утилизации отработавших газов и обогрева предохранительных клапанов состоит из доработанного установкой заслонки 8 штатного глушителя коммунальной машины КО-505А, тройника 2 и сбрасывателем конденсата 7. Тройник гибкими рукавами соединен с направляющими полукружиями 3, расположенными в передней части люков ассенизационных емкостей 5 и в непосредственной близости от клапанов 4. Сбрасыватель конденсата 7 имеет коаксиальную конструкцию со свободным пространством между внутренней и погружаемой емкостями. В нижней части внутренней емкости присоединен кран, служащий непосредственно для сброса конденсата.

Изобретение позволяет поддерживать клапаны в работоспособном состоянии при температурах приблизительно до минус 50°С путем утилизации тепла отработавших газов ДВС базовой машины.

Система утилизации отработавших газов ДВС и обогрева клапанов коммунальной машины КО-505А работает следующим

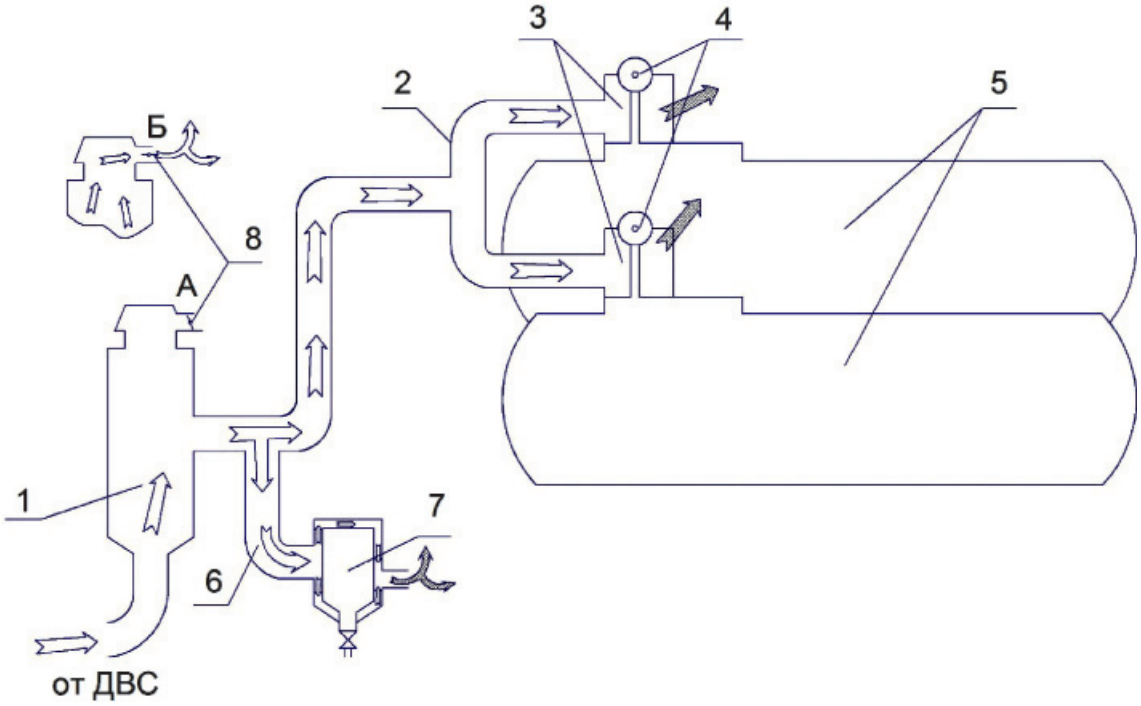


Рис. 2. Схема системы тепловой подготовки клапанов ассенизационной машины: 1 – глушитель; 2 – тройник; 3 – полукружия – направители газов; 4 – клапан; 5 – емкости ассенизационные; 6 – гибкий рукав; 7 – сбрасыватель конденсата; 8 – заслонка; светлые стрелки – путь горячих отработавших газов; тёмные стрелки – путь газов, отдавших тепло

образом. Отработавшие газы попадают в глушитель, в котором дополнительно установлена заслонка 8, к глушителю приварен тройник 2. При снижении температуры ниже –20°С заслонка 8 открывается водителем, и горячие газы попадают через тройник 2, подводятся к обоим клапанам 4 посредством направляющих полукружий 3, находящимся на верхней части ёмкостей коммунальной машины КО505А. После того как отработавшие газы отдадут часть своего тепла арматуре клапанов 4, они выбрасываются в атмосферу. В нижней точке системы установлен коаксиальный резервуар 7. Ввиду того, что при низкой температуре конденсат может замёрзнуть, коаксиальный резервуар 7 выполнен с двойными стенками. Часть отработавших газов направляется между стенками и таким образом обогревает конденсат, который удаляется через кран, расположенный в нижней части коаксиального резервуара.

Дальнейшие исследования системы тепловой подготовки клапанов ассенизационной машины содержат разработку и изготовление экспериментального образца, проверку работоспособности. После определения предварительного экономического эффекта от использования разработки предполагается создание промышленного образца. При тепловой подготовке клапанов отработавшими газами ДВС на поверхности стенок трубопроводов и полукружий направителей газов будут образовываться осевшие на них твердые частицы. В соответствии с этим необходимо рассмотреть методы и средства обслуживания системы с выработкой рекомендаций по применению, монтажу и демонтажу.

Список литературы

1. Захаров Н.С. Влияние сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей: автореферат дис. ... д-ра техн. наук. – Тюмень, 2000. – 40 с.

2. Карнаухов Н.Н., Конев В.В., Разуваев А.А., Юринов Ю.В. Система предпусковой тепловой подготовки ДВС и гидропривода Пат. 2258153 Рос. Федерация, МПК7 F02N 17/06; заявитель и патентообладатель ТюмГНГУ. – № 2004104477/06; заявл. 16.02.2004; опубл. 10.08.2005, Бюл. № 22.

3. Карнаухов Н.Н. Приспособление строительных машин к условиям Российского Севера и Сибири. – М.:Недра, 1994. – 351 с.

4. Коммунальные машины и оборудование: учебное пособие для вузов / А.И. Доценко. – М.: Архитектура-С, 2005. – 343 с.

5. Конев В.В. Утилизация тепла отработавших газов ДВС // межвуз. сб. науч. трудов «Приспособленность машин к суровым условиям эксплуатации». – Тюмень: ТюмГНГУ, 2001.-с.22.

6. Кукис В.С. Оценка возможности утилизации энергии отработавших газов ДВС / Двигателестроение. – 1990. – № 10. – С. 3–5.

7. Мерданов Ш.М. и др. Исследование и разработка системы тепловой подготовки гидропривода строительно-дорожных машин / Ш.М. Мерданов, Ю.Я. Якубовский, В.В. Конев, М.М. Карнаухов //Строительные и дорожные машины. – 2013. – № 1. – С. 27–29.

8. Петров Ю. Операция «Ассенизация» // Основные Средства № 7/2005. URL: os1.ru/article/communal/2005_07_A_2005_10_03-11_02_19/

9. Совершенствование системы предпусковой тепловой подготовки двигателя землеройной машины (на примере двигателя экскаватора ЭО-4121А): дис. ... канд. техн. наук / В.В. Конев. – Тюмень, 2002. – 137 с.

10. Щемелев А.М. Машины для коммунального хозяйства: учеб. пособие / А.М. Щемелев, А.В. Вавилов; под ред. А.М. Щемелева. – Минск: Технопринт, 2003. – 400 с.

11. Thermal preparation of the trailbuilder fluid drive / Konev V., Merdanov S., Karnaukhov M., Borodin D. WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2014. – T. 190, Vol. 1. – P. 697–706.

References

1. Zaharov, N.S. Vlijanie sezonnyh uslovij na processy izmenenija kachestva avtomobilej / N.S. Zaharov: avtoreferat dis. d-ra tehn. nauk. Tjumen, 2000. 40 p.

2. Karnauhov N.N. Prisposoblenie stroitelnyh mashin k uslovijam Rossijskogo Severa i Sibiri. M.: Nedra, 1994. 351 p.

3. Karnauhov N.N., Konev V.V., Razuvaev A.A., Jurinov Ju.V. Sistema predpuskovoj teplovoj podgotovki DVS i gidroprivoda Pat. 2258153 Ros. Federacija, MPK7 F02N 17/06; zajavitel i patentoobladatel TjumGNGU. no. 2004104477/06; zajavl. 16.02.2004; opubl. 10.08.2005, Bjul. no. 22.

4. Kommunalnye mashiny i oborudovanie: uchebnoe posobie dlja vuzov / A.I. Docenko. M.: Arhitektura-S, 2005. 343 p.

5. Konev V.V. Utilizacija tepla otrabotavshih gazov DVS // mezhvuz. sb. nauch. trudov «Prisposoblennost mashin k surovym uslovijam jekspluatacii». Tjumen: TjumGNGU, 2001. pp. 22.

6. Kukis V.S. Ocenka vozmozhnosti utilizacii jenergii otrabotavshih gazov DVS / Dvigatelestroenie, 1990, no. 10, pp. 3–5.

7. Merdanov Sh.M. i dr. Issledovanie i razrabotka sistemy teplovoj podgotovki gidroprivoda stroitelno-dorozhnyh mashin / Sh.M. Merdanov, Ju.Ja. Jakubovskij, V.V. Konev, M.M. Karnauhov // Stroitelnye i dorozhnye mashiny. 2013 no. 1. pp. 27–29.

8. Petrov Ju. Operacija «Assenizacija» // Osnovnye Sredstva no. 7/2005. URL: os1.ru/article/communal/2005_07_A_2005_10_03-11_02_19.

9. Sovershenstvovanie sistemy predpuskovoj teplovoj podgotovki dvigatelja zemlerojnoj mashiny (na primere dvigatelja jekskavatora JeO-4121A) Konev V.V. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehnicheskih nauk Tjumen, 2002. 137 p.

10. Shhemelev A.M. Mashiny dlja kommunalnogo hozjajstva: ucheb. posobie / A.M. Shhemelev, A.V. Vavilov; pod red. A.M. Shhemeleva. Minsk: Tehnoprint, 2003. 400 p.

11. Konev V., Merdanov S., Karnaukhov M., Borodin D. WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. T. 190, Vol. 1. pp. 697–706.

УДК [664:66.081.6]+519.7

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЕМБРАННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Лобасенко Б.А., Котляров Р.В., Сазонова Е.К.

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» (университет), Кемерово, e-mail: ketsn.kem@gmail.com

Настоящая статья посвящена обзору и анализу существующих методов математического моделирования процессов концентрирования на мембранных аппаратах с отводом поляризационного слоя. Указаны общие принципы построения кибернетических моделей и получения передаточных функций. Описаны информационные схемы разработанных ранее математических моделей, их достоинства и недостатки. Предложена новая модель процесса мембранного концентрирования, дополненная не учтенными ранее входными воздействиями, возмущающими воздействиями, выходными параметрами и обратной связью. Это позволяет оперативно вносить необходимые изменения в значения возмущающих воздействий в результате несоответствия полученных значений выходных параметров диапазонам допустимых значений параметров, либо приближения к границам этих диапазонов. Проведен анализ дальнейших перспектив развития математического моделирования мембранных процессов с использованием элементов теории автоматического управления.

Ключевые слова: кибернетическое моделирование, передаточные функции, мембранное концентрирование, поляризационный слой

MATHEMATICAL MODELING OF MEMBRANE CONCENTRATION BASED CYBERNETIC APPROACH

Lobasenko B.A., Kotlyarov R.V., Sazonova E.K.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo, e-mail: ketsn.kem@gmail.com

This article provides an overview and analysis of existing methods of modeling the processes of concentration on the membrane device with a tap of the polarization layer. The general principles of cybernetic models, obtaining transfer functions are shown. Information schemes of available models, their advantages and disadvantages are described. A new model of the membrane concentration, supplemented with new input and output parameters and feedback. This allows to quickly make the necessary changes in the value of disturbances resulting from inconsistency of output parameters value to the range of acceptable values or approaching to the limits of these ranges. The analysis of further prospects of developing the mathematical modeling of membrane processes has.

Keywords: cybernetic simulation, transfer functions, membrane concentration, polarization layer

Моделирование и расчет аппаратов и установок составляют один из основных этапов внедрения технологического оборудования в производственный процесс. Простота методов моделирования и расчета сокращает время пуска технологической линии, что, в свою очередь, позволяет ускорить получение прибыли.

Методы кибернетики позволяют не только сократить путь перехода от лабораторного стола к промышленной реализации, но и резко уменьшить число необходимых опытов, быстро выявить оптимальный вариант осуществления изучаемого процесса. Кроме того, кибернетические методы моделирования можно считать универсальными для множества различных процессов. Использование передаточных функций позволяет описывать динамические свойства системы практически любой структуры и сложности. Единственный недостаток – полученное описание не отражает физические закономерности процесса. Однако именно это позволяет связать в единую систему модели различных процессов, различных по физической основе.

Кибернетический подход целесообразно использовать при описании мембранных методов. Достаточно актуальным является математическое моделирование процесса мембранного концентрирования в аппаратах с отводом поляризационного слоя [4].

В работе [5] предложена следующая методика разработки модели процесса:

1) выбор структуры модели по результатам изучения объекта по имеющимся сведениям;

2) выбор критерия близости (подобия) модели и объекта;

3) определение параметров модели по экспериментальным данным, исходя из критерия близости.

На первом этапе, исходя из описания мембранной установки, в соответствии с принципом «чёрного ящика» можно выделить основные каналы передачи сигналов с входов на выходы системы и представить её в следующем виде (рис. 1).

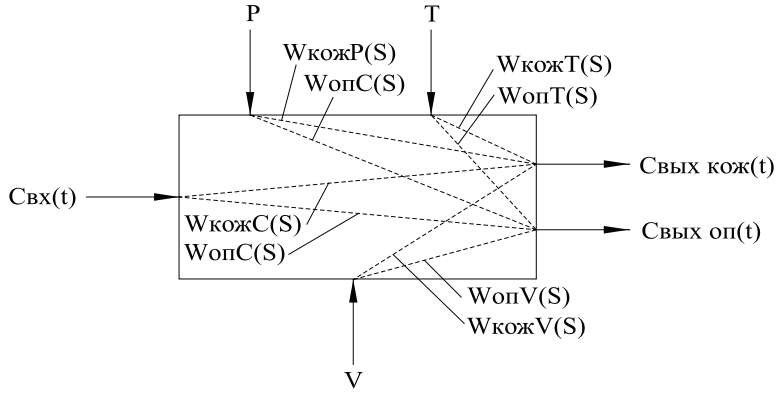


Рис. 1. Структурная схема мембранного аппарата

Основные каналы типа «вход – выход»:

– «исходная концентрация $C_{вх}(t)$ – концентрация раствора из кожуха $C_{вых\ кож}(t)$» ($W_{кож}(S)$);

– «исходная концентрация $C_{вх}(t)$ – концентрация основного потока $C_{вых\ оп}(t)$» ($W_{оп}(S)$).

На систему также оказывают влияние основные технологические параметры: давление (P), температура концентрируемого раствора (T) и гидродинамическая обстановка в канале аппарата (критерий Рейнольдса, V) [4]. Передаточные свойства каждого канала системы определяются соответствующей передаточной функцией (рис. 1), обозначения которой имеют двойной индекс: первый отражает наименование выхода системы, второй – технологический входной параметр.

Следующий шаг – выбор вида и величины входных воздействий. Использование типовых («эталонных») воздействий позволяет унифицировать расчёты различных систем и облегчает сравнение передаточных свойств систем [1]. Для упрощения рекомендуется выбрать ступенчатое воздействие, при котором значение мгновенно возрастает от нуля до некоторой величины и далее остаётся постоянным.

Для процесса мембранного концентрирования теоретически существуют два способа выхода переменных в статический режим: при отсутствии диффузионного слоя на мембране и при его наличии. Однако отсутствие слоя подразумевает использование исходной жидкости без содержания сухих веществ, что не имеет место на практике. Поэтому в данном случае для определения реакции системы на то или иное воздействие (T, P, V) необходимо совместное нанесение соответствующего возмущения с возмущением по каналу «концентрация исходного раствора – выход».

После определения передаточных функций по каждому каналу можно записать итоговую модель процесса:

$$C_{вых\ кож}(S) = C(S)\cdot W_{кожC}(S) + P(S)\cdot W_{кожP}(S) + \\ + V(S)\cdot W_{кожV}(S) + T(S)\cdot W_{кожT}(S); \quad (1)$$

$$C_{вых\ оп}(S) = C(S)\cdot W_{опC}(S) + P(S)\cdot W_{опP}(S) + \\ + V(S)\cdot W_{опV}(S) + T(S)\cdot W_{опT}(S). \quad (2)$$

При известных входных воздействиях $C(S)$ и $P(S)$ по формулам (5) можно определить состояние выходов системы (для $V(S)$ и $T(S)$ формулы аналогичны).

Описанный метод моделирования был усовершенствован автором [3], которым были внесены следующие дополнения.

Входным воздействием является концентрация задерживаемых веществ в исходном растворе $C_{вх}(t)$, % масс. К выходным параметрам относятся: содержание растворенных веществ в концентрате, отводимом из кожуха $C_{вых\ кож}(t)$, % масс. и конуса $C_{вых\ кон}(t)$, % масс.; концентрация растворенных веществ в основном потоке $C_{вых\ оп}(t)$, % масс.; удельная производительность по фильтрату $G_ф(t)$, м^3/(м^2·с).

Таким образом было увеличено количество информационных связей, учитываемых в модели, и количество выходных параметров, полученных в результате применения данного метода моделирования.

Удельная производительность, являющаяся одним из выходов системы, изменяется со временем по экспоненциальному закону, ее можно описать зависимостью (3), которая представляет собой видоизмененную передаточную функцию апериодического звена второго порядка.

$$W_ф(S) = k_0 - \frac{k}{T_2^2\cdot S^2 + T_1\cdot S + 1}, \quad (3)$$

где k – коэффициент усиления объекта; T_1, T_2 – постоянные времени объекта; k_0 –

удельная производительность по фильтрату в начальный момент времени.

Удельная производительность для каждого из случаев совместного нанесения воздействий на моделируемую систему описывается зависимостями вида (4), откуда аналитически могут быть получены передаточные функции, отражающие динамику изменения проницаемости мембраны по фильтрату при воздействии каждого технологического параметра (например, по $P(S)$ (5)).

$$Y_{\text{ф}}(S)=\frac{k_0}{S}-\frac{k}{S\cdot\left(T_2^2\cdot S^2+T_1\cdot S+1\right)};\quad (4)$$

$$W_P(S)=\frac{Y_{\text{ф},P}(S)-C(S)\cdot W_{\text{ф}C}(S)}{P(S)}.\quad (5)$$

Итоговую модель объекта можно записать в виде системы (6).

В соответствии со структурной схемой (рис. 2) в данной модели учитывается влияние конструктивных параметров аппарата (подмножество α множества X) и технологических режимов процесса (подмножество β множества X). То есть множество входных контролируемых управляемых независимых переменных в данном случае может быть отражено выражением:

$$\{X\}=\{X_1,\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_n,\beta_1,\beta_2,\ldots,\beta_m\},\quad (7)$$

где m – количество учитываемых технологических параметров; n – количество учитываемых конструктивных параметров аппарата. К выходным параметрам относятся: содержание растворенных веществ в отводимом примембранном пограничном слое Y_1, % масс.; концентрация растворенных веществ в основном потоке Y_2, % масс.; удельная производительность по фильтрату Y_3, м^3/м^2·с.

$$\begin{cases}C_{\text{кож}}(S)=C(S)\cdot W_{\text{кож}C}(S)+P(S)\cdot W_{\text{кож}P}(S)+V(S)\cdot W_{\text{кож}V}(S)+T(S)\cdot W_{\text{кож}T}(S);\\ C_{\text{кон}}(S)=C(S)\cdot W_{\text{кон}C}(S)+P(S)\cdot W_{\text{кон}P}(S)+V(S)\cdot W_{\text{кон}V}(S)+T(S)\cdot W_{\text{кон}T}(S);\\ C_{\text{оп}}(S)=C(S)\cdot W_{\text{оп}C}(S)+P(S)\cdot W_{\text{оп}P}(S)+V(S)\cdot W_{\text{оп}V}(S)+T(S)\cdot W_{\text{оп}T}(S);\\ G_{\text{ф}}(S)=C(S)\cdot W_{\text{ф}C}(S)+P(S)\cdot W_{\text{ф}P}(S)+V(S)\cdot W_{\text{ф}V}(S)+T(S)\cdot W_{\text{ф}T}(S).\end{cases}\quad (6)$$

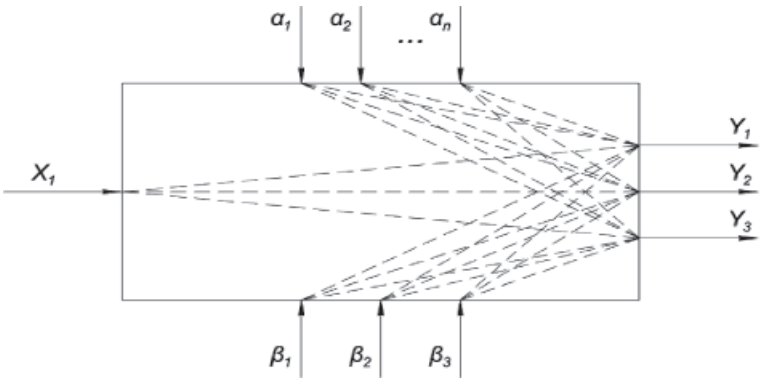


Рис. 2. Структурная схема мембранного концентрирования

Система (8) определяет состояние выходов объекта моделирования во времени при известной концентрации растворенных веществ в исходном растворе $C(S)$, а также при определенных значениях технологических параметров процесса $P(S)$, $V(S)$ и $T(S)$.

Описанные модели обладают общим существенным недостатком – привязкой к конкретному конструктивному исполнению аппарата, что лишает их универсальности. В дальнейших разработках этот недостаток был устранен без снижения точности модели.

Так, авторами [7] была предложена следующая структурная схема мембранного концентрирования (рис. 2).

Передаточные свойства каждого канала системы определяются соответствующей передаточной функцией (рис. 2), обозначения которой имеют двойной индекс: первый отражает входной параметр, второй – наименование выхода системы.

Итоговая модель имеет вид:

$$Y_j(S)=X_1(S)\cdot W_{X_1-Y_j}(S)+$$
$$+\sum_{i=1}^{n}\alpha_i(S)\cdot W_{\alpha_i-Y_j}(S)+\sum_{i=1}^{3}\beta_i(S)\cdot W_{\beta_i-Y_j}(S),$$
$$j=1\ldots3.\quad (8)$$

Данная модель дополняет модели авторов [3, 5]. Она не привязана к конструктивным особенностям аппарата, а рассматривает влияние различных параметров на процесс концентрирования.

При дальнейшем изучении вопроса автором [8] были внесены усовершенствования предложенной выше модели. В качестве возмущающих воздействий, наряду с конструктивными и технологическими, было предложено внести режимные параметры.

Кроме того, представляет отдельный интерес моделирование поведения физико-химических показателей сырья в процессе его переработки. В связи с этим в модель включен компонент, позволяющий на основе эмпирических зависимостей производить расчет физико-химических показателей получаемого продукта (плотность, вязкость и др.). Они обозначены подмножеством:

$$\{Q\} = (Q_1, ..., Q_w), \qquad (9)$$

где w – количество физико-химических показателей продукта.

Таким образом, в соответствии с предложенной структурной схемой (рис. 3), на процесс концентрирования влияют технологические (подмножество α множества X), конструктивные (подмножество β множества X) и режимные (подмножество γ множества X) параметры аппарата.

Итоговую модель объекта можно записать в виде.

$$Y_j(S) = X_1(S) \cdot W_{X_1 - Y_j}(S) + \\ + \sum_{i=1}^{n} \alpha_i(S) \cdot W_{\alpha_i - Y_j}(S) + \sum_{i=1}^{m} \beta_i(S) \cdot W_{\beta_i - Y_j}(S) + \\ + \sum_{i=1}^{k} \gamma_i(S) \cdot W_{\gamma_i - Y_j}(S), \\ j = 1...3. \qquad (10)$$

Уравнение (10) определяет состояние выходов объекта моделирования во времени при известной концентрации задерживаемых веществ в исходном растворе $X_1(S)$, а также при определенных значениях параметров процесса концентрирования.

Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что развитие математических моделей осуществляется по двум направлениям:

1. Дополнение моделей не учтенными ранее возмущающими воздействиями.

2. Получение дополнительных выходных параметров процесса.

При добавлении в модель новых информационных связей должна оставаться достаточно высокой или становиться ещё выше её точность и прогностическая способность.

Регулярно приходится сталкиваться с ситуациями, когда необходимо изменять значения возмущающих воздействий в результате несоответствия полученных значений выходных параметров диапазонам допустимых значений, либо приближения к границам этих диапазонов. Для таких случаев необходимо применять обратную связь. В связи с этим предложена следующая информационная схема (рис. 4) [6].

Сигналы, которыми производится корректировка возмущающих воздействий, обозначены $f[1...k](Y)$. Диапазон допустимых значений обозначен множеством K, для каждого выходного воздействия множество задается отдельно.

Выбор входного воздействия и определение передаточных функций будет производиться аналогично описанным ранее моделям, но с поправкой на обратную связь.

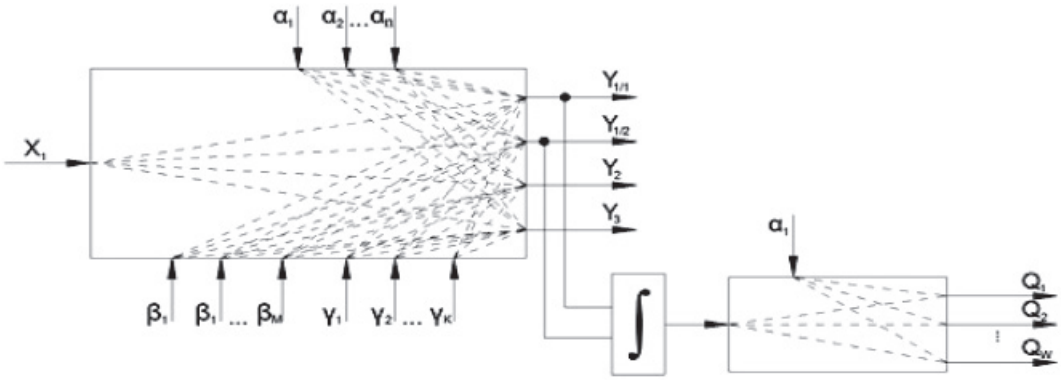


Рис. 3. Структурная схема процесса мембранного концентрирования

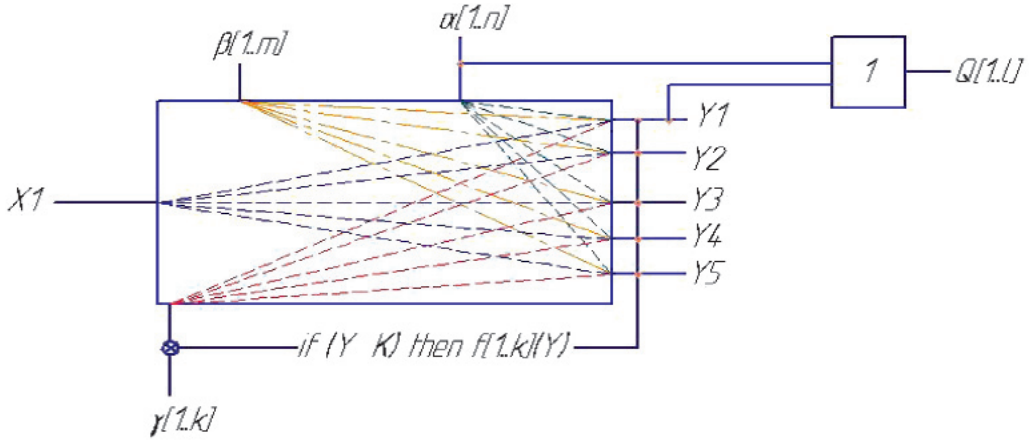


Рис. 4. Структурная схема процесса мембранного концентрирования

Итоговую модель объекта можно записать в виде.

$$Y_j(S) = X_1(S)\cdot W_{X_1-Y_j}(S) + \\ +\sum_{i=1}^{n}\alpha_i(S)\cdot W_{\alpha_i-Y_j}(S) + \sum_{i=3}^{m}\beta_i(S)\cdot W_{\beta_i-Y_j}(S) + \\ +\sum_{i=1}^{k}(\gamma_i(S) + f_i(Y_k))\cdot W_{\gamma_i-Y_j}(S), \qquad j = 1..5,\ k = 1...5. \qquad (11)$$

Для дальнейшего развития изложенных идей представляет интерес последовательное объединение информационных моделей объектов в соответствии с технологической схемой производства, что позволит моделировать всю производственную линию от поступления сырья до получения готового продукта. При этом при выборе отслеживаемых выходных параметров следует учитывать необходимые входные параметры и возбуждающие воздействия следующих ступеней производства. В результате такого моделирования могут быть получены математические модели для информационных схем, соответствующих целым участкам или линиям производства (рис. 5).

Последовательная обработка каждого звена информационной схемы и построение передаточных функций для каждой, с учетом их взаимосвязей и линий обратной связи позволит построить математическую модель для завершенного технологического процесса.

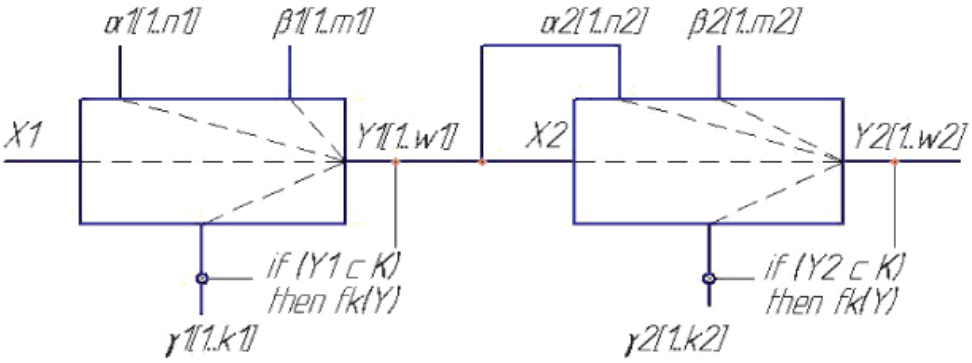


Рис. 5. Общий вид информационной схемы технологической линии из двух ступеней для построения математической модели методом передаточных функций

Список литературы

1. Антипов С.Г. Конструктивные особенности мембранных аппаратов для обработки жидких пищевых продуктов / С.Г. Антипов, И.Г. Кретов, С.В. Шахов, А.И. Ключников // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 6. – С. 51–52.

2. Бойков А.Д. Основы автоматики и автоматизации процессов и установок. – Саранск: МГУ им. Н.П. Огарева, 1977.

3. Котляров Р.В. Моделирование процесса мембранного концентрирования молочных сред и разработка аппаратурных схем установок: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. – Кемерово, 2009.

4. Лобасенко Б.А. Ультрафильтрация молока и молочных продуктов: монография / Б.А. Лобасенко, Р.Б. Лобасенко; КемТИПП. – Кемерово, 2006. – 117 с.

5. Пашкевич А.А. Разработка и исследование мембранного аппарата с постоянным отводом диффузионного слоя для концентрирования обезжиренного молока: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. – Кемерово, 2012.

6. Рассказова Е.К., Лобасенко Б.А. Параметрическая оптимизация мембранных процессов // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы Международной научной конференции / под общ. ред. А.Ю. Просекова; ФГБОУ ВО «КемТИПП)». – Кемерово, 2015.

7. Тимофеев А.Е. Разработка математической модели процесса мембранного концентрирования на основе передаточных функций / А.Е. Тимофеев, Б.А. Лобасенко, Р.В. Котляров // Техника и технология пищевых производств. – Кемерово, 2013. – № 1. – С. 91–94.

8. Шушпанников А.С. Интенсификация процесса мембранного концентрирования молочных сред в аппарате с отводом поляризационного слоя: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12. – Кемерово, 2013.

References

1. Antipov S.G. Konstruktivnye osobennosti membrannyh apparatov dlya obrabotki zhidkih pishchevyh produktov / S.G. Antipov, I.G. Kretov, S.V. SHahov, A.I. Klyuchnikov // Hranenie i pererabotka selhozsyrya. 2001. no. 6. pp. 51–52.

2. Boykov A.D. Osnovy avtomatiki i avtomatizatsii protsessov i ustanovok. Saransk: MGU im. N.P. Ogareva, 1977.

3. Kotlyarov R.V. Modelirovanie protsessa membrannogo kontsentrirovaniya molochnyh sred i razrabotka apparaturnyh skhem ustanovok: Dis. kand. tekhn. nauk: 05.18.12. Kemerovo, 2009.

4. Lobasenko B.A.Ultrafiltratsiya moloka i molochnyh produktov: monografiya / B.A. Lobasenko, R.B. Lobasenko; KemTIPP. Kemerovo, 2006. 117 p.

5. Pashkevich A.A. Razrabotka i issledovanie membrannogo apparata s postoyannym otvodom diffuzionnogo sloya dlya kontsentrirovaniya obezzhirennogo moloka: Dis. kand. tekhn. nauk: 05.18.12. Kemerovo, 2012.

6. Rasskazova E.K., Lobasenko B.A. Parametricheskaya optimizatsiya membrannyh protsessov / Pishchevye innovatsii i biotekhnologii: materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii / pod obshch. red. A.YU. Prosekova; FGBOU VO «KemTIPP)». Kemerovo, 2015.

7. Timofeev A.E. Razrabotka matematicheskoy modeli protsessa membrannogo kontsentrirovaniya na osnove peredatochnyh funktsiy / A.E. Timofeev, B.A. Lobasenko, R.V. Kotlyarov // Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. Kemerovo, 2013. no. 1. pp. 91–94.

8. Shushpannikov A.S. Intensifikatsiya protsessa membrannogo kontsentrirovaniya molochnyh sred v apparate s otvodom polyarizatsionnogo sloya: Dis. kand. tekhn. nauk: 05.18.12. Kemerovo, 2013.

УДК 667.629.8

ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ЛЕСТНИЧНЫХ БЛОК-СОПОЛИМЕРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ

Неёлова О.В., Газзаева Р.А., Коблова Л.Б.

ФГБОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова», Владикавказ, e-mail: o.neelova2011@yandex.ru

Данная статья посвящена разработке композиций и исследованию физико-химических свойств покрытий, полученных при модификации кремнийорганических лестничных блок-сополимеров. В качестве основы композиции использовали кремнийорганический блок-сополимер, состоящий из жестких фенилсилсесквиоксановых и эластичных одноцепочечных диметилсилоксановых звеньев с концевыми гидроксильными группами. Для повышения прочностных свойств покрытий и их твердости в композицию на основе полиорганосилсесквиоксана вводили эпоксикремнийорганическую смолу. В качестве отверждающей системы использован кремнийорганический оксим – винил-трис-(ацетоксимо)силан. Композиция имеет двухкомпонентный состав с жизнеспособностью не менее 3 ч. Измерялись прочность при разрыве покрытий, относительное удлинение, твёрдость, адгезия к кремнию. Исследованы электроизоляционные и влагозащитные свойства покрытий. Показано, что разработанные композиции могут быть рекомендованы для защиты p-n-переходов микросхемных элементов, резисторов, транзисторов, ГИС СВЧ и других изделий электронной техники.

Ключевые слова: электроизоляционные полимерные материалы, полиорганосилоксаны, термоморозостойкие эластомерные покрытия, полиорганосилсесквиоксаны, защита поверхности интегральных устройств

PROTECTIVE COATINGS BASED ON SILICONE LADDER BLOCK COPOLYMERS USED IN MICROELECTRONICS

Neelova O.V., Gazzaeva R.A., Koblova L.B.

North-Osetian State University named after Khetagurov, Vladikavkaz, e-mail: o.neelova2011@yandex.ru

This article is devoted to the development of compositions and study of physico-chemical properties of the coatings obtained by modification of organosilicon ladder block copolymers. As the basis of the composition used organosilicon block copolymer consisting of hard phenylsilsesquioxane and elastic single-stranded dimethylsiloxane links with terminal hydroxyl groups. To improve the strength properties of coatings and their hardness to the composition on the basis of polyorganosilsesquioxane introduced epoxysilicon resin. As a curing system oxime silicone used is vinyl-tris-(acetoximo)silane. The composition is a two-component structure with viability not less than 3 h. Was measured tensile strength of coatings, elongation, hardness, adhesion to silicon. Studied electrical insulating and moisture barrier properties of the coatings. It shows that the developed compositionы can be recommended to protect the p-n junctions of integrated circuit elements, resistors, transistors, GIS microwave and other electronics devices.

Keywords: insulating polymer materials, polyorganosiloxanes, thermal frost-elastomeric coating, polyorgano silsesquioxanes, surface protection of integrated devices

Длительная и надежная эксплуатация полупроводниковых приборов (ПП) и интегральных схем (ИС) в значительной мере определяется выбором способа их защиты полимерными материалами. В нашей стране и за рубежом выпускается широкая номенклатура электроизоляционных лаков на основе эпоксидных, кремнийорганических, эпоксикремнийорганических смол, полиэфиров, полиамидоимидов, полиимидов.

Кремнийорганические покрытия, благодаря специфической структуре цепей полисилоксана, обладают высокими диэлектрическими свойствами и поэтому широко применяются в качестве высокотемпературных электроизоляционных материалов. Фирмой «Dow Corning Co.» (США) разработаны прозрачные кремнийорганические смолы ДС R-4-3117 и ДС QR-4-3117 низкотемпературного отверждения, предназначенные в качестве защитных покрытий жестких и гибких печатных схем, толстопленочных резисторов (до заливки) и многих других электронных компонентов сборок и приборов [2, 3]. Покрытие R-4-3117 может работать в широком диапазоне частот: от низких до СВЧ включительно. Покрытие QR-4-3117 было разработано специально для защиты многослойных печатных плат. Покрытия сочетают прочность и твердость полимерных смол с эластичностью эластомеров, обеспечивают высокую влагостойкость и защиту от воздействия окружающей среды в диапазоне температур от – 65 до +200 °C.

Для защиты активных элементов и плат СВЧ изделий в отечественном электронном приборостроении широкое применение

получила композиция на основе силоксанового блок-сополимера лестничного строения и гетеросилоксана, содержащего атомы бора и циркония в силоксановой цепи. Композиция получила название лак марки ЭКТ и выпускается по техническим условиям ЫУО.028.122ТУ [4–8]. Лаковое покрытие обладает высокой адгезией к меди, алюминию, кремнию, ферриту, поликору, стеклотекстолиту и другим конструкционным материалам; высокими диэлектрическими свойствами в диапазоне температур от –65 до + 250°С; низким тангенсом угла диэлектрических потерь в широком диапазоне частот; высокими влагозащитными свойствами, радиационной и коррозионной стойкостью, сочетает достаточную прочность с высокой эластичностью. Композиция характеризуется высокой степенью чистоты по отношению к ионам натрия, калия и хлора; является однокомпонентной с длительным сроком хранения и отверждается при температуре не более 70°С.

Основные физико-химические свойства лака ЭКТ и его зарубежного аналога – эластомера ДС R-4-3117 – приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение физико-химических свойств лака ЭКТ и его зарубежного аналога

Наименование параметров	ЛАК ЭКТ	ДС R-4-3117
Вязкость условная по ВЗ-246, с	14–50	0,99 П
Режим отверждения, °С /ч	(25 ± 10)°С – 20 ч или (70 ± 5)°С – 4 ч	(25 ± 10)°С – 24 ч или (75–100)°С – 0,5–0,7 ч (с катализатором)
Массовая доля ионных примесей, % натрий калий хлор	 $(1–3)\cdot10^{-5}$ $(6–8)\cdot10^{-6}$ $< 5\cdot10^{-4}$	Высокочистый
Условная прочность при растяжении, МПа	3–4	2,5
Относительное удлинение, %	180–260	120
Твердость по маятниковому прибору, усл.ед.	0,3–0,4	0,6–0,8
Удельное объемное электрическое сопротивление ρ_v, Ом·см	$9\cdot10^{15}–3\cdot10^{16}$	$1\cdot10^{14}$
Тангенс угла диэлектрических потерь tg δ на частоте 10^6 Гц	$(1,0–1,4)\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-3}$
Диэлектрическая проницаемость ε на частоте 10^6 Гц	3,0–3,5	2,7
Электрическая прочность $E_{пр}$, кВ/мм	42–58	48
Адгезия к Si, Al и Cu, балл	1	Высокая
Коррозионная активность к Al и Cu, балл	0	Коррозиопассивен
Диапазон рабочих температур, °С	–70...+250	–65...+200

Недостатком лака ЭКТ является невысокая твердость покрытия, а также недостаточно высокие прочностные свойства лаковой пленки.

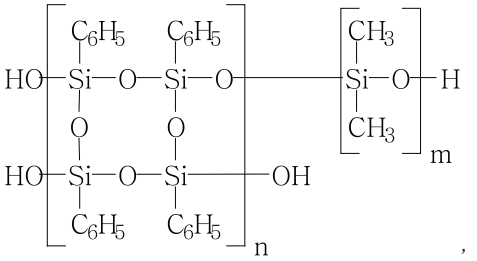
Цель исследования – разработка новой кремнийорганической композиции низкотемпературного отверждения, позволяющей получать термоморозостойкие эластомерные покрытия с повышенными электроизоляционными, адгезионными и прочностными свойствами и твердостью. Композиция предназначена для защиты поверхности активных элементов и интегральных СВЧ схем после сборки от воздействия климатических факторов. Применение такого материала позволит упростить технологию сборки СВЧ схем, сократить технологический процесс сборки, стабилизировать параметры СВЧ интегральных устройств при воздействии климатических факторов.

Материалы и методы исследования

Лестничные кремнийорганические полимеры (полиорганосилсесквиоксаны) обладают повышенной по сравнению с прямоцепочечными термостойкостью. Так, полимеры с боковыми метильными группами выдерживают температуру до 700°С [11]. Лестничный полифенилсилсесквиоксан (ПФССО), способный растворяться в бензоле, толуоле и других растворителях, обладает очень высокой термостойкостью: потери массы наблюдаются лишь при температуре 525°С. Прогрев полимера даже при 900°С не приводит к деструкции полисилсесквиоксановой цепи макромолекул, а наблюдаемые потери массы соответствуют потере органической части полимера [9]. Пленки лестничных полимеров обладают хорошими диэлектрическими характеристиками, имеют высокую механическую прочность. Однако покрытия из ПФССО очень жесткие, что может приводить

к значительным механическим напряжениям. Поэтому разработка силоксанового блок-сополимера, содержащего жесткие блоки полифенилсилсесквиоксана и эластичные блоки одноцепочечных силоксанов, представляет большой интерес с точки зрения создания термостойких, электроизоляционных, прочных и одновременно эластичных покрытий для защиты ПП.

В качестве основы композиции использовали кремнийорганический блок-сополимер лестничного строения, состоящий из жестких фенилсилсесквиоксановых и эластичных одноцепочечных диметилсилоксановых звеньев с концевыми гидроксильными группами, следующего строения:



n = 5–8; m = 25–80.

Такой блок-сополимер получил название «Лестосил СМ» [8, 11] и выпускается по ТУ 38.031.006-90. Массовая доля гидроксильных групп в блок-сополимере составляет 0,4-0,5%, поэтому его можно отверждать по реакции поликонденсации. Полимер растворяли в толуоле. Для повышения твердости покрытия и прочностных характеристик дополнительно использовали эпоксикремнийорганическую смолу СЭДМ-2 (ОСТ 6-06-448-95), которую также растворяли в толуоле.

Смола СЭДМ-2 представляет собой продукт модификации эпоксидной смолы ЭД-16 кремнийорганическим соединением и используется в составе конструкционных клеев, компаундов, химически стойких и термостойких полимерных композиций. Смола представляет собой высоковязкую жидкость от бесцветного до коричневого цвета с массовой долей нелетучих веществ – не менее 98,5%, массовой долей эпоксидных групп – не менее 14%, массовой долей кремния – не менее 5%.

Основными критериями при выборе отверждающей системы были:

качество получаемых покрытий;

отверждаемость при температуре не более 100°С в течение не более 4 ч.;

высокая адгезия к конструкционным материалам;

низкое водопоглощение.

В качестве отвердителя использовали кремнийорганический оксим – винил-трис-(ацетоксимо)силан $CH_2 = CH–Si(O–N = C(CH_3)_2)_3$ (винилоксим или продукт 119-54), выпускаемый по ТУ 6-02-1281-84, который можно использовать для вулканизации композиций при невысоких температурах. Этот продукт в отличие от оловоорганических катализаторов отверждения не оказывает коррозионного действия на алюминий и особенно на медь и обеспечивает жизнеспособность композиции до 3 ч.

Результаты исследования и их обсуждение

Композиции готовили путем смешивания 20%-ных растворов полимеров в толуоле с отвердителем винил-трис-(ацетоксимо)силаном. Данный продукт можно использовать как для вулканизации кремнийорганических полимеров с концевыми гидроксильными группами, так и для эпоксикремнийорганической смолы. Композиции имеют двухкомпонентный состав с жизнеспособностью не менее 3 ч и обладают высокой адгезией к кремнию.

Композиции отверждали по следующему режиму: после нанесения на подложку или в специальные формы необходимо выдержать образцы на воздухе при комнатной температуре до полного испарения растворителя, затем образцы выдерживают при температуре + 100°С в течение 3 ч. Контроль степени отверждения полимеров проводили по измерению степени набухания пленок в толуоле.

В табл. 2 приведены рецептуры лаковых композиций и их физико-химические свойства. Главными критериями соответствия требованиям к материалу являлись прочностные свойства покрытия, его твердость, а также высокие адгезионные, электроизоляционные и влагозащитные свойства.

Прочность и относительное удлинение при разрыве пленок измеряли по ГОСТ 21751-76 на пяти образцах. Твердость покрытия определяли по маятниковому прибору типа М-3 по ГОСТ 5233-67. Адгезию к кремнию определяли методом решетчатых надрезов по ГОСТ 15140-78.

Важное значение для применения композиций в изделиях микроэлектроники имеют электроизоляционные и влагозащитные свойства покрытий, параметры которых приведены в табл. 3.

Удельное объемное электрическое сопротивление ρ_v определяли по ГОСТ 6433.2-71, тангенс угла диэлектрических потерь tg δ и диэлектрическую проницаемость ε определяли по ГОСТ 22372-77 на частоте 10^6 Гц. Электрическую прочность $E_{пр}$ определяли по ГОСТ 6433.3-71. Для определения влагозащитных свойств композиций было определено водопоглощение пленки по величине изменения массы образцов после выдержки в воде в течение 1 и 7 суток.

Как показали проведённые исследования, модификация композиции на основе блок-сополимера «Лестосил СМ» эпоксикремнийорганической смолой СЭДМ-2 в количестве 10–15 на 100 масс. ч. раствора «Лестосила» приводит к более чем 30%-му повышению прочностных свойств и твёрдости покрытия при сохранении его эластичности. Электроизоляционные и влагозащитные свойства композиций соответствуют требованиям, предъявляемым к защитным материалам для применения в микроэлектронике. Рекомендуемая толщина защитного слоя для жестких условий эксплуатации составляет 80–100 мкм.

Таблица 2

Физико-химические свойства покрытий на основе блок-сополимера «Лестосил СМ» и с добавкой смолы СЭДМ-2

Номер композиции	Компоненты композиции и их содержание, масс. ч.	Прочность при разрыве σ, МПа	Относительное удлинение ε, %	Твердость, усл. ед.	Адгезия к Si, балл
Без добавки	20 % раствор «Лестосила» – 100 Винилоксим – 5	3,54	122	0,32	1
1	20 % раствор «Лестосила» – 100 20 % раствор смолы СЭДМ-2 – 5 Винилоксим – 5	3,64	112	0,38	1
2	20 % раствор «Лестосила» – 100 20 % раствор смолы СЭДМ-2 – 10 Винилоксим – 5	4,11	119	0,42	1
3	20 % раствор «Лестосила» – 100 20 % раствор смолы СЭДМ-2 – 15 Винилоксим – 6	4,19	89	0,45	1

Таблица 3

Электроизоляционные и влагозащитные свойства покрытий на основе блок-сополимера «Лестосил СМ» и с добавкой смолы СЭДМ-2

Номер композиции	ρ_v, Ом·см	tg δ	ε	$E_{пр}$	Водопоглощение, %	
					1 сут.	7 сут.
Без добавки	$5\cdot10^{15}$	$3\cdot10^{-3}$	3,0	48	0,04	0,065
1	$2\cdot10^{15}$	$1{,}2\cdot10^{-2}$	3,3	54	0,04	0,07
2	$3\cdot10^{15}$	$1{,}5\cdot10^{-2}$	3,4	52	0,05	0,075
3	$8\cdot10^{14}$	$1{,}6\cdot10^{-2}$	3,5	49	0,05	0,08

Заключение

В процессе выполнения работы проведен анализ литературных данных по электроизоляционным композициям, предназначенным для защиты изделий микроэлектроники. Показано, что перспективными материалами, длительно работающими при температуре 200–250 °С, хорошо защищающими изделия от воздействия климатических факторов, являются эластомеры на основе полиорганосилсесквиоксанов, обладающие высокими диэлектрическими свойствами в широком диапазоне частот – от низких до СВЧ. Разработана электроизоляционная композиция на основе полифенилсилсесквиоксанполиметилсилоксанового блок-сополимера «Лестосил СМ» в сочетании с эпоксикремнийорганической смолой СЭДМ-2 и отвердителем винил-трис-(ацетоксимо)силаном. Покрытие обладает высокими прочностными, адгезионными, электроизоляционными свойствами, эластичностью и твердостью, устойчиво к воздействию жестких климатических факторов и может быть рекомендовано для защиты p-n-переходов микросхемных элементов, резисторов, транзисторов ГИС СВЧ и других изделий электронной техники.

Работа выполнена в рамках программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК» 2015) в Кабардино-Балкарской республике.

Список литературы

1. Долгоплоск С.Б. и др. Новые силоксановые блок-сополимеры для термоморозостойких эластичных материалов. – Промышленность синтетического каучука. – 1981. – № 1. – С. 14–15.

2. Конформное покрытие DC R-4-3117. – Информационный бюллетень фирмы «Dow Corning Co.», США.

3. Конформное покрытие DC QR-4-3117. Информация фирмы «Dow Corning Co.» (США) о кремнийорганических материалах.

4. Неёлова О.В. Эластичные термостойкие электроизоляционные полиорганосилсесквиоксановые покрытия, применяемые в микроэлектронике // Золь-гель синтез и исследование неорганических соединений, гибридных функциональных материалов и дисперсных систем: тезисы докладов III Международной конференции стран СНГ. – Суздаль, 2014. – С. 63.

5. Неёлова О.В. Кремнийорганическая композиция для защиты изделий электронной техники с повышенными адгезионными свойствами и термо- и морозостойкостью покрытий // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2014. – Т. 57. – № 9. – С. 86–92.

6. Рамонова Д.М., Неёлова О.В. Исследование адгезионных и защитных свойств полиорганосилсесквиоксанового покрытия, применяемого в микро- и наноэлектронике // Теоретическая и экспериментальная химия жидкофазных систем: тезисы докладов VII Всероссийской школы-конференции молодых ученых. – Иваново, 2012. – С. 179–180.

7. Рамонова Д.М., Неёлова О.В. Термо- и морозостойкие полиорганосилсесквиоксановые покрытия, применяемые для защиты изделий электронной техники // Химия и технология полимерных и композиционных материалов: сборник материалов Всероссийской молодежной научной школы. – М., 26–28 ноября 2012 г. – М.: ИМЕТ РАН, 2012. – С. 260.

8. Рамонова Д.М., Неёлова О.В. Исследование электроизоляционных свойств полиорганосилсесквиоксанового покрытия, применяемого в микроэлектронике // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 9. – С. 72–73.

9. Патент № 58-17416 (Япония). Термостойкие полимеры. – Заявл. 2.04.82, № 57-53815. Опубл. 08.10.83. МКИ С 08 G 77/42; РЖХ, 1984, 17 С465П.

10. Синтез и свойства силоксановых блок-сополимеров типа «Лестосил»: Отчет о НИР. № 76034448, 1980. 74 с.

11. Хида Йсинори. Свойства и применение неорганических высокомолекулярных соединений. Силиконы // Когё дзайрё, Eng. Mater. – 1983. – 31, № 8. – P. 32–37.

References

1. Dolgoplosk S.B. i dr. Novyie siloksanovyie blok-sopolimeryi dlya termomorozostoykih elastichnyih materialov. Promyishlennost sinteticheskogo kauchuka. 1981. no. 1. pp. 14–15.

2. Konformnoe pokryitie DC R-4-3117. Informatsionnyiy byulleten firmyi «Dow Corning Co.», SShA.

3. Konformnoe pokryitie DC QR-4-3117. Informatsiya firmyi «Dow Corning Co.» (SShA) o kremniyorganicheskih materialah.

4. Neelova O.V. Elastichnyie termostoykie elektroizolyatsionnyie poliorganosil-seskvioksanovyie pokryitiya, primenyaemyie v mikroelektronike. Tezisyi dokladov III Mezhdunarodnoy konferentsii stran SNG «Zol-gel sintez i issledovanie neorganicheskih soedineniy, gibridnyih funktsionalnyih materialov i dispersnyih sistem». Suzdal, 2014. pp. 63.

5. Neelova O.V. Kremniyorganicheskaya kompozitsiya dlya zaschityi izdeliy elektronnoy tehniki s povyishennyimi adgezionnyimi svoystvami i termo- i morozostoykostyu pokryitiy. Izvestiya vyisshih uchebnyih zavedeniy. Himiya i himicheskaya tehnologiya, 2014. T. 57. no. 9. pp. 86–92.

6. Ramonova D.M., Neelova O.V. Issledovanie adgezionnyih i zaschitnyih svoystv poliorganosilseskvioksanovogo pokryitiya, primenyaemogo v mikro- i nanoelektronike. Tezisyi dokladov VII Vserossiyskoy shkolyi-konferentsii molodyih uchenyih «Teoreticheskaya i eksperimentalnayahimiyazhidkofaznyihsistem».Ivanovo,2012. pp. 179–180.

7. Ramonova D.M., Neelova O.V. Termo- i morozostoykie poliorganosil¬seskvioksanovyie pokryitiya, primenyaemyie dlya zaschityi izdeliy elektronnoy tehniki. Vserossiyskaya molodezhnaya nauchnaya shkola «Himiya i tehnologiya polimernyih i kompozitsionnyih materialov». Moskva. 26–28 noyabrya 2012 g. / Sbornik materialov. M.: IMET RAN, 2012. pp. 260.

8. Ramonova D.M., Neelova O.V. Issledovanie elektroizolyatsionnyih svoystv poliorganosilseskvioksanovogo pokryitiya, primenyaemogo v mikroelektronike. Sovremennyie naukoemkie tehnologii, 2013. no. 9. pp. 72–73.

9. Patent no. 58-17416 (Yaponiya). Termostoykie polimeryi. Zayavl. 2.04.82, no. 57–53815. Opubl. 08.10.83. MKI S 08 G 77/42; RZhH, 1984, 17 S465P.

10. Sintez i svoystva siloksanovyih blok-sopolimerov tipa «Lestosil»: Otchet o NIR. no. 76034448, 1980. 74 p.

11. Hida Ysinori. Svoystva i primenenie neorganicheskih vyisokomolekulyarnyih soedineniy. Silikonyi. KogYo dzayrYo, Eng. Mater., 1983, 31, no. 8. pp. 32–37.

УДК 620.9

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ МЕР ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ

Подскребкин А.Д., Дягилев В.Ф.

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, e-mail: ed@lenta.ru

В статье проведено исследование различных субъектов социальной сферы, которые планируют ввести меры по энергосбережению и для которых приоритетными являются цели следующего толка: по уменьшению затрат энергии в натуральных единицах; по уменьшению выбросов вредных веществ в окружающую среду; по уменьшению финансовых затрат на энергию и тому подобное развитие. Автором рассматриваются основные мероприятия по энергосбережению в социальной сфере, включающие такие методы анализа, как SDE, VED, HML. В статье определен и разработан оптимальный набор мероприятий, который целесообразно реализовать в социальной сфере, и проведена разработка простого и одновременно многокритериального алгоритма выбора мер по энергосбережению при разработке планов и программ по энергосбережению в социальной сфере.

Ключевые слова: мероприятия по энергосбережению, социальная сфера, методики выбора оптимальных мероприятий по энергосбережению, развитие, структура

CHOOSING THE BEST ENERGY SAVING MEASURES IN THE SOCIAL SPHERE

Podskrebkin A.D., Dyagilev V.F.

Federal State budget institution of higher education «Tyumen State Oil and Gas University», Tyumen, e-mail: ed@lenta.ru

The paper studied the various social actors, who plan to introduce energy-saving measures and which are priority objectives: to reduce the cost of energy in natural units; to reduce emissions of harmful substances into the environment; to reduce the financial costs of energy and the like. The author describes basic energy saving measures in the social sphere, including such methods of analysis: SDE, VED, HML. The article defines an optimal set of actions which it is advisable to implement in the social sphere, and held at the same time to develop a simple multi-criteria selection algorithm of energy saving measures in the development of plans and programs for energy efficiency in the social sphere.

Keywords: energy conservation measures, social services, procedures for the selection of optimal energy-saving measures, development, the structure

Современная концепция энергетической безопасности в социальной сфере базируется на принципах энергетической политики городов Европейского союза, которая отражена в таких документах, как Директива ЕС «Об энергетических характеристиках зданий» (European Performance of Buildings Directive – EPBD) [9], и Соглашение мэров про устойчивое энергетическое развитие (Covenant of Mayors) [11], известное также как принцип «20–20–20», то есть принцип, который предусматривает снижение к 2020 году уровня энергопотребления в городах на 20% и уровня выбросов парниковых газов на 20%.

Стремительный рост цен на природный газ начиная с 2004 года поставил городские теплоснабжающие предприятия в крайне затруднительное положение – они вынуждены неуклонно повышать тарифы на теплоснабжение на фоне снижения его качества, что приводит к росту долга населения перед предприятиями и соответственно – долгов перед газоснабжающими организациями. С другой стороны, основные потребители тепловой энергии в российских городах – здания социальной сферы – являются крайне неэффективными, средние показатели энергетических характеристик зданий составляют 200–250 кВт·ч/м^2 в год [2, с. 36–37; 4, с. 50–51; 5, с. 44], что в 4 раза выше стандарта энергоэффективного здания по нормативам энергопотребления ЕС (бл. 60 кВт·ч/м^2 в год) [9], а значит, теплоснабжение этих зданий традиционной коммунальной энергетикой требует сжигания огромных объемов топливно-энергетических ресурсов. Вследствие этих ключевых факторов без принятия радикальных мер кризисные явления в системах городского энергообеспечения будут стремительно нарастать, угрожая энергетической катастрофой уже в ближайшем будущем. Обоснованный выбор таких мер при условии финансового кризиса является чрезвычайно важным для достижения целей энергосбережения.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблема выбора оптимальных

мер по энергосбережению начинается уже на уровне определения самого понятия «энергосбережение» и его отличия от «энергоэффективности». Содержание этих понятий исследовали такие отечественные и мировые ученые, как Б. Белоцерковский, Г. Дзяна, Р. Дзяный, В. Литвинова, Т. Салашенко, Р. Кемпер, П. МакЛин-Коннер и другие. А.Б. Белоцерковский [1] считает, что энергосбережение – это реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мероприятий, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и на привлечение в оборот возобновляемых источников энергии. В.А. Литвинова [4, с. 88] считает, что энергосбережение – это наиболее обобщенное определение всех мероприятий по снижению потерь и повышению эффективности использования энергии. Оно объединяет виды деятельности, направленные на сокращение потерь энергии при существующем уровне развития науки и техники.

Т.И. Солошенко [7, с. 20], в свою очередь, определяет энергоэффективность как свойство экономической системы – возможность получения максимально полезного (минимально вредного) результата от использования ТЭР в условиях ограниченности различных видов ресурсов. Н.А. Фахри [8, с. 416] трактует энергоэффективность как дополнительную мощность, когда за счет экономии и рационального использования энергии возникает возможность использования энергии дополнительными потребителями, сохраняя при этом имеющуюся мощность.

Таким образом, энергосбережение объединяет все меры, которые могут уменьшить потребление ТЭР. При определении энергоэффективности акцент делается на соотношение затраченных энергоресурсов и полученной полезной для потребителя энергии. И в первом, и во втором случаях не берётся во внимание, какие именно ТЭР используются и какова стоимость полученной энергии. По нашему мнению, важно учесть позицию П. МакЛин-Коннер [10, с. 4], что энергоэффективность должна быть направлена на получение большей ценности от имеющейся энергии и обучения общества использовать меньше энергии без воздействия на комфорт и экономические выгоды, которые приносит энергия.

Целью статьи является разработка простого и одновременно многокритериального алгоритма выбора мер по энергосбережению при разработке планов и программ по энергосбережению в социальной сфере.

Материалы и методы исследования

Информационной и методологической основой для проведения исследования были научные труды, муниципальные энергетические планы, нормативно-правовые акты, ресурсы Internet. При проведении исследования были использованы методы графического моделирования и диагностики модели.

Результаты исследования и их обсуждение

Все меры экономии энергии, энергосбережения, повышения энергоэффективности отличаются бесчисленным количеством специфических характеристик, в частности техническими и технологическими особенностями, сроком окупаемости, уровнем экономии энергии, особенностями эксплуатации, необходимыми для внедрения и использования ресурсов, габаритами и т.д. Поэтому, для того чтобы выбрать оптимальный набор мер, необходимо провести оценки целесообразности их внедрения. В экономике одним из самых распространенных методов такой оценки является метод наименьшей стоимости [3, с. 77]. Он заключается в проведении анализа всех возможных способов достижения цели (в данном случае, все возможные меры по энергосбережению) и установлении последовательности их внедрения в порядке от самых дешевых до самых дорогих.

Однако такой анализ не дает полной оценки мер, как и рассмотренные выше технические подходы, основанные на экономии энергии в натуральных единицах, поскольку рядом со стоимостью мероприятий важны также такие характеристики мероприятий, как источник произведенной энергии, уменьшение выбросов вредных веществ в окружающую среду, сложность внедрения и т.д. Поэтому для оценки целесообразности внедрения мероприятий по энергосбережению в социальную сферу мы предлагаем использовать комплексный анализ, который объединяет следующие методы анализа:

1) HML (high, medium, low value – высокая, средняя, низкая стоимость внедрения). Этот анализ предназначен разделять мероприятия на мероприятия высокой, средней и низкой стоимости, в зависимости от затрат на их реализацию;

2) VED (vital, essential, desirable – критически необходимые меры, важные мероприятия, желаемые к исполнению). Этот анализ применяется при разделении мероприятий по энергосбережению по степени важности для субъекта, который планирует их ввести;

3) SDE (scarce, difficult, easytoget – дефицитные, труднодоступные, легко доступные меры) – применяется для разделения мероприятий по уровню сложности их реализации.

С использованием указанных методов оценки мероприятий по энергосбережению мы предлагаем алгоритм, который осуществляет анализ мероприятий по энергосбережению по трем показателям: относительная экономия энергии (процент сэкономленной энергии по сравнению с предыдущим периодом); сложность внедрения; относительная экономия средств (процент от общего бюджета, выделенного на внедрение мероприятий по энергосбережению) (рисунок).

Разделение мероприятий по энергосбережению в соответствии с выше указанным алгоритмом необходимо проводить с учетом следующих критериев:

1) в *VED* анализе:

– к группе *V* отнесем мероприятия с экономией энергии > 30 % от энергопотребления в предыдущем периоде (в данном случае, в предыдущем году);

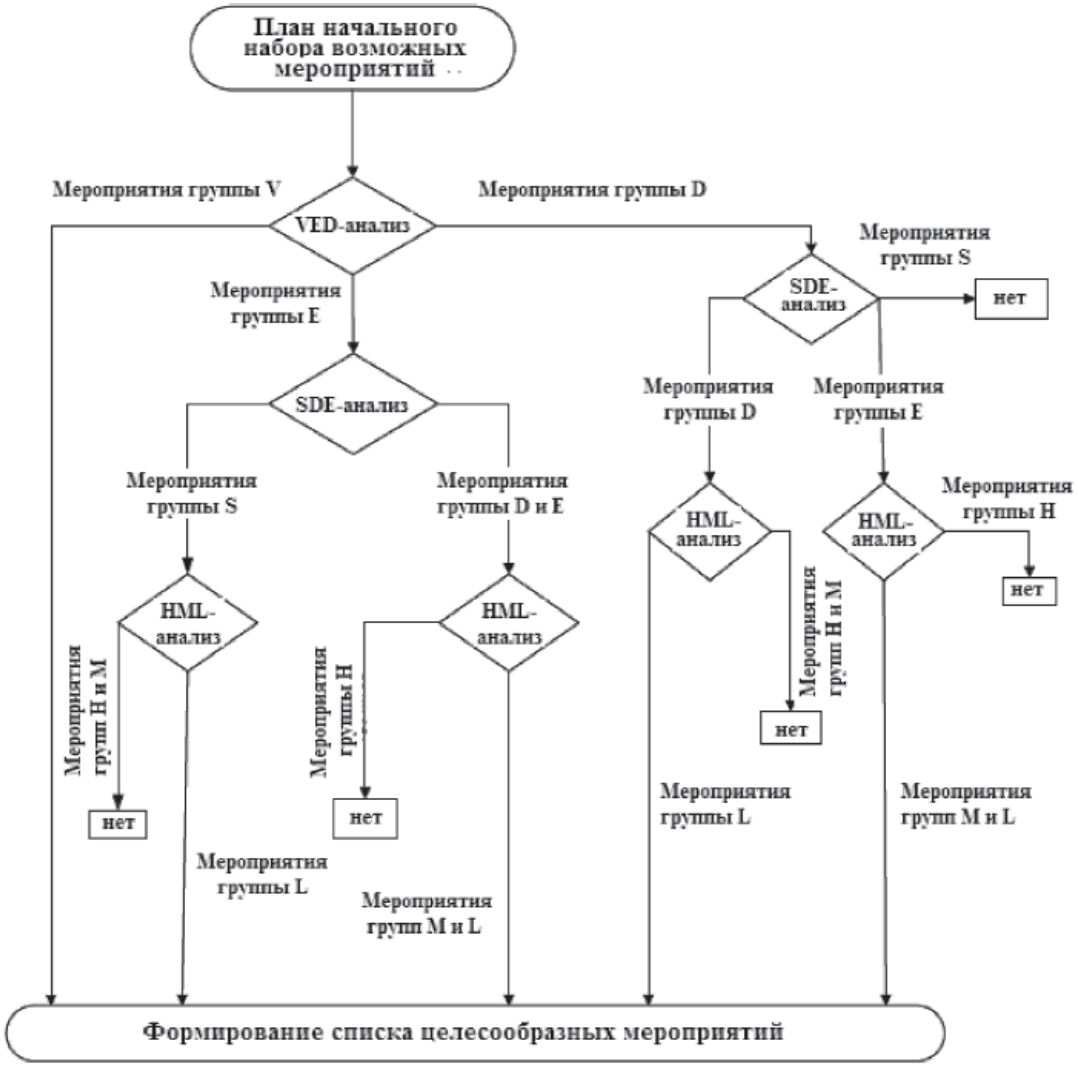
– к группе *E* отнесем мероприятия с экономией энергии 15–30 % от энергопотребления в предыдущем периоде;

– к группе *D* отнесем мероприятия с экономией энергии < 15 % энергопотребления в предыдущем периоде;

2) в *SDE* анализе:

– к группе *S* отнесем меры, которые предусматривают введение сложных технических инноваций: это в основном использование альтернативных источников энергии (твердых бытовых отходов; энергии сточных вод; теплоты грунта и грунтовых вод и т.п.) или масштабные работы по техническому переоснащению сетей производства и поставки энергии;

– в группу *D* – мероприятия, которые предусматривают ликвидацию чрезмерных потерь энергии (теплоизоляция, совершенствование технологических процессов, ремонт устаревшего оборудования, оптимизация системы теплоснабжения и др.);



Алгоритм оценки мероприятий по энергосбережению (составлено авторами)

– к группе *E* – меры, предусматривающие экономию энергии с помощью финансовых и психологических стимулов, соблюдение технологических процессов;

3) в *HML* анализе:

– к группе *H* отнесем мероприятия стоимостью > 20 % от общего бюджета, выделенного на внедрение мероприятий по энергосбережению;

– к группе *M* отнесем мероприятия стоимостью 5–20 % от бюджета;

– к группе *L* – меры стоимостью < 5 % от бюджета.

Для наглядного примера отбора мероприятий по энергосбережению с использованием вышеуказанного алгоритма мы использовали меры по энергосбережению, которые были предложены в городских энергетических планах Санкт-Петербурга и Москвы. В таблице приведен перечень этих мероприятий по энергосбережению, их стоимость и экономия энергии, которую они приносят.

На основе предложенного алгоритма мы провели оценку целесообразности внедрения мероприятий по энергосбережению и определили меры, которые следовало бы реализовать. В число этих мер вошли следующие: внедрение системы энергетического менеджмента, автоматизация режимов сгорания топлива в котлах, налаживание режима работы системы централизованного теплоснабжения, устройство деаэрации подпиточной воды, внедрение стабилизаци-

Мероприятия по энергосбережению в процессе производства, поставки и потребления энергии [составлено авторами по материалам: 7, с. 128–129, 136–139; 8, с. 116–118, 122–123]

Мероприятия	Стоимость, % от общего бюджета	Экономия энергии (за 1 год), %	Сложность реализации мероприятий (S, D, E)
Внедрение системы энергетического менеджмента	25,30	40,32	E
Автоматизация режимов сгорания топлива в котлах	12,65	23,32	D
Настройка режима работы системы централизованного теплоснабжения	0,002	0,00	E
Устройство деаэрации воды	1,17	–	D
Внедрение стабилизационной обработки подпиточной воды	0,90	–	D
Установка индивидуальных тепловых пунктов у потребителей тепловой энергии, регулирование входных узлов	2,98	0,00	D
Замена газовых котлов мощностью 8 МВт на котлы на биотопливе	27,30	4,79	S
Объединение тепловых сетей котельных	12,91	0,12	S
Перевод котельной на сжигание древесины	4,99	–	S
Построение установки утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) и подачи тепла от нее в сеть котельной	54,41	0,00	S
Настройка теплового и гидравлического режимов работы системы центрального теплоснабжения	15,01	15,00	E
Замена существующих трубопроводов внешних тепловых сетей предварительно изолированными трубами	31,06	9,34	D
Внедрение энергетического менеджмента «Теплокоммунэнерго»	2,79	5,00	E
Расширение зоны действия тепловой сети котельной	15,38	1,22	D
Зонирование сети водоснабжения города	10,12	0,28	S
Информирование населения о возможности энергосбережения через СМИ	0,04	7,79	E
Обучение персонала социальных учреждений	0,07	18,72	E
Создание консультационного центра по энергоэффективности	0,26	20,34	E
Внедрение требований энергетических параметров на объектах нового строительства	0,63	21,60	E
Проведение факультативных занятий по курсу энергосбережения в школах	0,02	34,03	E
Замена ламп накаливания на энергосберегающие	0,12	13,56	D
Оснащение домов энергосберегающим освещением в местах общего пользования	0,46	4,03	D

онной обработки подпиточной воды, установка индивидуальных тепловых пунктов у потребителей тепловой энергии, регулирование входных узлов, настройка теплового и гидравлического режимов работы системы центрального теплоснабжения, внедрение энергетического менеджмента на МУП «Теплокоммунэнерго», обучение персонала бюджетных учреждений, энергосертификация зданий, создание консультационного центра по энергоэффективности, внедрение требований энергетических параметров на объектах нового строительства, проведение факультативных занятий по курсу энергосбережения в школах, замена ламп накаливания на энергосберегающие, оснащение домов энергосберегающим освещением в местах общего пользования.

Выводы

Очевидно, для различных субъектов, которые планируют ввести меры по энергосбережению, приоритетными являются различные цели – уменьшение затрат энергии в натуральных единицах, уменьшение выбросов вредных веществ в окружающую среду, уменьшение финансовых затрат на энергию и тому подобное. Поэтому после формирования списка целесообразных к реализации мероприятий по энергосбережению целесообразно сформировать также рейтинговый список мероприятий, который бы учитывал приоритетность различных критериев выбора этих мероприятий для конкретного субъекта.

Проведенные исследования показали, что на формирование списка целесообразных к реализации мер по энергосбережению влияет ряд критериев, которые можно сгруппировать так: относительная экономия энергии, которую принесут мероприятия после их реализации, сложность внедрения мероприятий и относительные затраты на реализацию этих мероприятий.

Дальнейшие исследования будут посвящены формированию рейтингового списка мер по энергосбережению для учета приоритетных целей отдельных субъектов, а также формированию календарного плана внедрения мероприятий по энергосбережению.

Кроме того, необходимо согласовать последовательность внедрения мероприятий по энергосбережению, поскольку некоторые меры не могут быть реализованы без реализации других, а реализация других может предусматривать разрушения результатов уже внедренных мероприятий.

Список литературы

1. Белоцерковский А.Б. Анализ экономической эффективности от внедрения энергосберегающих мероприятий в экономику России // Вестник МГУ. – 2011. – № 14. – С. 13–15.

2. Горшков А.С., Байкова С.А., Крянев А.С. Нормативное и законодательное обеспечение Государственной программы об энергосбережении и повышении энергетической эффективности зданий и пример ее реализации на региональном уровне // Инженерные системы. – 2012. – № 3. – С. 24.

3. Даковски М., Вянцковски С.К. О энергетике для потребителей и скептиков. Уфа: ЭКОинформ, 2007. – 212 с.

4. Ливчак В.И. Длительность отопительного периода для многоквартирных домов и общественных зданий. Режим работы систем отопления и вентиляции // Энергосбережение. – 2013. – № 6. – С. 7.

5. Ливчак В.И. Еще один довод в пользу повышения тепловой защиты зданий // Энергосбережение. – 2012. – № 6. – С. 25.

6. Литвинов А.С., Литвинова В.А. Теоретические основы эффективности использования энергии на предприятии // Вестник социально экономических исследований. – 2013. – № 40. – С. 86–91.

7. Салашенко Т.И. Стратегическая карта как инструмент операционализации стратегии энергоэффективности промышленности региона // Экономика развития. – 2014. – № 1. – С. 19–24.

8. Фахри Н.А. Энергосбережение. Конфликт интересов // Academia. Архитектура и строительство. – 2010. – № 3. – С. 416–418.

9. Directive 2 010/31 / EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. Режим доступа: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF.

10. Penni McLean-Conner. Energy Efficiency: Principles and Practices. – PennWell Books, 2009. – 194 с.

11. The Covenant of Mayors. Режим доступа: http://www.covenantofmayors.eu/IMG/pdf/covenantofma yors_text_en.pdf.

References

1. Belocerkovskij A.B. Analiz jekonomicheskoj jeffektivnosti ot vnedrenija jenergosberegajushhih meroprijatij v jekonomiku Rossii // Vestnik MGU. 2011. no. 14. pp. 13–15.

2. Gorshkov A.S., Bajkova S.A., Krjanev A.S. Normativnoe i zakonodatelnoe obespechenie Gosudarstvennoj programmy ob jenergosberezhenii i povyshenii jenergeticheskoj jeffektivnosti zdanij i primer ee realizacii na regionalnom urovne // Inzhenernye sistemy. 2012. no. 3. pp. 24.

3. Dakovski M., Vjanckovski S.K. O jenergetike dlja potrebitelej i skeptikov. Ufa: JeKOinform, 2007. 212 p.

4. Livchak V.I. Dlitelnost otopitelnogo perioda dlja mnogokvartirnyh domov i obshhestvennyh zdanij. Rezhim raboty sistem otoplenija i ventiljacii // Jenergosberezhenie. 2013. no. 6. pp. 7.

5. Livchak V.I. Eshhe odin dovod v polzu povyshenija teplovoj zashhity zdanij // Jenergosberezhenie. 2012. no. 6. pp. 25.

6. Litvinov A.S., Litvinova V.A. Teoreticheskie osnovy jeffektivnosti ispolzovanija jenergii na predprijatii // Vestnik socialno jekonomicheskih issledovanij. 2013. no. 40. pp. 86–91.

7. Salashenko T.I. Strategicheskaja karta kak instrument operacionalizacii strategii jenergojeffektivnosti promyshlennosti regiona // Jekonomika razvitija. 2014. no. 1. pp. 19–24.

8. Fahri N.A. Jenergosberezhenie. Konflikt interesov // Academia. Arhitektura i stroitelstvo. 2010. no. 3. pp. 416–418.

9. Directive 2 010/31 / EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. Rezhim dostupa: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/ LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF.

10. Penni McLean-Conner. Energy Efficiency: Principles and Practices. PennWell Books, 2009. 194 p.

11. The Covenant of Mayors. Rezhim dostupa: http://www.covenantofmayors.eu/IMG/pdf/covenantofma yors_text_en.pdf.

УДК 691.33+691.54 (083.74)

ПЕНОБЕТОНЫ НА БЫСТРОТВЕРДЕЮЩЕМ ЦЕМЕНТЕ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ЯКУТИИ

Рожин В.Н., Местников А.Е.

ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: barcelon@mail.ru, mestnikovae@mail.ru

В статье рассматриваются особенности производства быстротвердеющего портландцемента (БТЦ), получаемого совместным помолом привозного портландцементного клинкера от ОАО «Якутцемент» с активными минеральными добавками (АМД) на месте его применения. Приводится минералогический состав портландцементного клинкера и химический состав исходных компонентов, результаты оптимизации состава исходных смесей для получения БТЦ и его основные свойства. В качестве активных минеральных добавок применяются такие природные материалы, как кварцевый песок, цеолитсодержащая порода, гипсовый камень. Установлены зависимости прочностных характеристик цементно-песчаного камня от тонкости помола АМД и портландцементного клинкера. Уточнены составы и свойства пенобетонов неавтоклавного твердения на основе созданного БТЦ, тем самым обоснована эффективность производства БТЦ с активными минеральными добавками из местного природного сырья.

Ключевые слова: портландцементный клинкер, быстротвердеющий цемент, активные минеральные добавки, карьерный песок, цеолитсодержащая порода, гипсовый камень, цементно-песчаный раствор, пенобетон неавтоклавного твердения, составы, свойства

FOAM CONCRETES ON EARLY-STRENGTH CEMENT FROM LOCAL RAW MATERIALS OF YAKUTIA

Rozhin V.N., Mestnikov A.E.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov», Yakutsk, e-mail: barcelon@mail.ru, mestnikovae@mail.ru

In article features of production of a early-strength cement (BTTS) received by a joint grinding of imported Portland cement clinker from OAO «Yakut Cement» with the active mineral admixture (AMD) on a place of its application are considered. The mineralogical composition of Portland cement clinker and chemical composition of initial components is given, results of optimization of composition of initial mixes for receiving BTTS and its main of properties are provided. As active mineral additives natural materials as quartz sand, tseolitsoderzhashchy breed, a plaster stone are applied. Dependences of strength characteristics of a cement and sand stone on a subtlety of a grinding of AMD and Portland cement clinker are established. Structures and properties of foam concretes of not autoclave curing on the basis of the created BTTS are specified, production efficiency of BTTS with active mineral additives from local natural raw materials thereby is proved.

Keywords: portland cement clinker, early-strength cement, active mineral admixture, quartz sand, zeolite rock, gypsum stone, cement-sand grout, foam concrete, compositions, properties

В настоящее время портландцемент является широко используемым гидравлическим вяжущим. Одним из существенных недостатков данного вяжущего является его потеря активности при длительном хранении. Производитель гарантирует соответствие цемента требованиям в течение 45–60 суток после отгрузки при условии соблюдения правил его транспортировки и хранения. Республика Саха (Якутия) – самый крупный по площади субъект Российской Федерации, занимает 3,1 млн км². Цемент завозится водным транспортом в период краткосрочной навигации. В результате транспортировки в отдаленные районы республики и длительного хранения происходит частичная гидратация и слёживаемость цемента. Общеизвестно, что чем дольше цемент лежит на складах, тем более глубокие его слои теряют активность вследствие гидролиза и гидратации составляющих их минералов по широко известным реакциям. В то же время многочисленными исследованиями [1] установлено, что из лежалых клинкеров можно получать цементы с высокими свойствами в отличие от лежалых цементов, поверхность зерен которых была значительно выше поверхности зерен клинкера.

На наш взгляд, одним из решений обеспечения строительства высококачественным цементом в отдаленных районах северных регионов страны может быть использование привозного портландцементного клинкера с совместным помолом его с местными активными минеральными добавками (кварцевый песок, шлаки, другие горные породы).

Портландцементный клинкер представляет собой спёкшиеся гранулы, что предопределяет возможность его длительного хранения без потери гидравлических свойств.

В экспериментальных исследованиях для получения местного (на месте производства) цемента использован портландцементный клинкер производства ОАО «Якутцемент». По минералогическому составу портландцемент ОАО «Якутцемент» алитоалюминатный и относится к быстротвердеющим портландцементам (БТЦ), благодаря высокому суммарному содержанию трехкальциевого силиката и трехкальциевого алюмината (не менее 60 %).

В испытаниях в качестве активных минеральных добавок (АМД) использовались цеолитсодержащие породы месторождения Хонгуруу (цеолит Хонгуруу), кварцевый песок Кильдямского месторождения, гипсовый камень Олёкминского месторождения. Содержание в гипсовом камне $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ составляет 80,8 %, что соответствует III сорту.

Согласно ГОСТ 31108-2003 допускается ввод минеральных добавок до 65 % (шлакопортландцемент) от массы портландцементного клинкера. Цементные заводы, как обычно, используют не более 15 % минеральных добавок.

В испытаниях добавки вводились в количестве 5, 7, и 10 % от массы вяжущего. Совместный помол клинкера и АМД производился в планетарной шаровой мельнице Retsch PM-400. Удельную поверхность определяли методом газопроницаемости на приборе ПСХ-11(SP).

Определение влияния тонкости помола добавки из кварцевого песка и цеолита Хонгуруу на свойства БТЦ проводили на образцах 40×40×160 мм, изготовленных из цементно-песчаного раствора 1:3. Портландцементный клинкер без добавок размалывался до значения удельной поверхности 380 м²/кг. Результаты исследования свойств БТЦ приведены на рисунке.

Таблица 1

Минералогический состав портландцементного клинкера
(среднестатистические данные завода ОАО «Якутцемент»)

C_3S (алит)	C_2S (белит)	C_3A (3-кальциевый алюминат)	C_4AF	Силикатный модуль	Глиноземный модуль	Коэффициент насыщения
58,70	16,38	6,44	14,35	2,08	1,15	0,91

Таблица 2

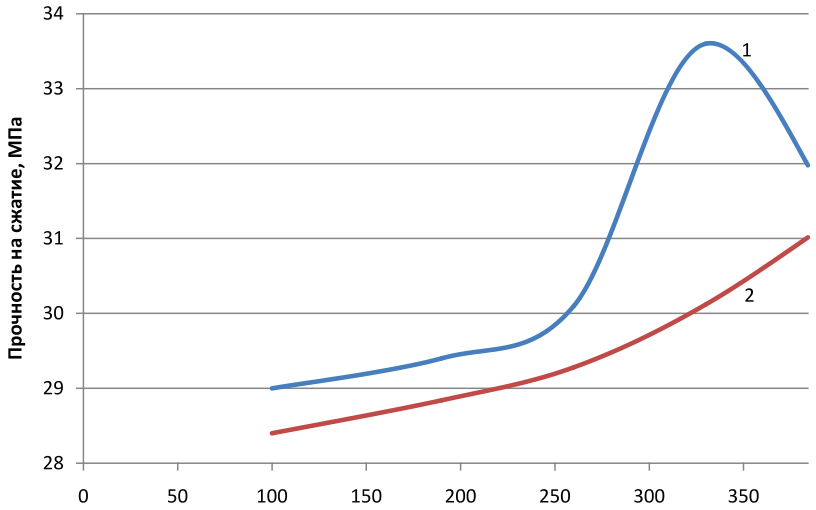
Химический состав исходных компонентов для изготовления БТЦ

№ п/п	Оксид	Содержание, %, мас.			
		Клинкер	Кварцевый песок	Цеолит Хонгуруу	Гипсовый камень
1	SiO_2	21,16	81,57	65,2	0,25–8,52
2	CaO	64,85	0,89	2,6	27,75–32,53
3	MgO	2,71	0,93	1,9	0,24–9,60
4	Al_2O_3	5,45	9,03	12,2	0,19
5	Fe_2O_3	4,72	1,73	1,1	0,01–0,22
6	п.п.п	0,11	1,23	13,5	1,38

Таблица 3

Составы исходных смесей для изготовления БТЦ

№ п/п	Исходные компоненты БТЦ	Содержание, % мас.					
		Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5	Состав 6
1	Клинкер	85	88	90	85	88	90
2	Кварцевый песок	10	7	5	–	–	–
3	Цеолит Хонгуруу	–	–	–	10	7	5
4	Гипсовый камень	5	5	5	5	5	5



Зависимости прочности цементно-песчаного раствора в возрасте 28 суток нормального твердения от тонкости помола клинкера с кварцевым песком 1 и цеолитом 2

Установлено, что повышение удельной поверхности клинкера с кварцевым песком до 410 м²/кг ведет к понижению прочности цементного раствора. В дальнейшем исследовался тонкомолотый клинкер с добавкой горного песка с удельной поверхностью 330 м²/кг. Максимальная прочность цементного раствора с добавкой природных цеолитов достигается при удельной поверхности 410 м²/кг.

Для определения влияния минеральных добавок на прочность цементного камня формовались образцы размерами 20×20×20 мм, которые твердели в условиях тепловлажностной обработки (ТВО) по режиму: 3 часа – подъем температуры до 95°С, 7,5 часов – изотермическая выдержка при данной температуре и 3 часа – снижение температуры до 20°С, и в нормальных условиях. Прочность образцов, твердевших при нормальных условиях, определялась в возрасте 3, 7, 14 и 28 суток.

Установлено, что прочность образцов цементных камней на основе БТЦ соответствует прочностным характеристикам контрольных образцов, изготовленных на портландцементе марки ЦЕМ I 42,5Б ОАО «Якутцемент» (табл. 4).

На основе полученного БТЦ были исследованы образцы пенобетонов, изготовленных в лабораторных, заводских и построечных условиях. Среднестатистические показатели пенобетонов неавтоклавного твердения на основе портландцемента ОАО «Якутцемент» ЦЕМ I 42,5Б [3] и его аналога – БТЦ, изготовленного на месте его применения, за 2006–2015 годы приведены в табл. 5.

Таблица 4

Прочность при сжатии образцов цементного камня, изготовленных из молотого клинкера с минеральными добавками, МПа

Наименование добавки	Количество добавки, % от массы вяжущего		
	5	7	10
Твердение в нормальных условиях в течение 28 суток			
Тонкомолотый клинкер с кварцевым песком	48,9	50,1	52,4
Тонкомолотый клинкер с цеолитом Хонгуруу	46,5	47,3	47,2
Твердение в условиях ТВО			
Тонкомолотый клинкер с кварцевым песком	47,2	49,1	50,8
Тонкомолотый клинкер с цеолитом Хонгуруу	45,5	46,3	46,1

Таблица 5

Физико-механические характеристики неавтоклавного пенобетона

Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м^3	Пределы отклонений ср. плотности в сухом состоянии, кг/м^3	Состав сухой смеси, %		Класс по прочности для блоков	Средняя прочность на сжатие, МПа
		БТЦ (или ПЦ 500-Д0)	Песок $М_{кр}$ = 1,45		
300	250–350	100	–	В0,25	0,5
400	350–450	100	–	В0,5	0,8
500	451–550	100	–	В1	1,6
		70	30	В1	1,4
600*	551–650	100	–	В1,5	2,3
		70	30	В1	1,9
700	651–750	100	–	В2	3,4
		70	30	В1,5	2,7
		60	40	В1	2,1
800*	751–850	70	30	В2,5	3,9
		60	40	В2	3,0
		50	50	В1,5	2,5

Примечание. * – составы пенобетонной смеси апробированы на основе разработанного БТЦ.

Таким образом, производство и применение БТЦ на основе местного сырья, аналогичного по свойствам портландцементу марки ЦЕМ I 42,5Б «Якутцемент» (100 км от г. Якутска), может быть одним из весьма актуальных и целесообразных решений программы доступного жилья для отдаленных районов Крайнего Севера с слабой инфраструктурой. Для реализации технологии БТЦ и конкурентоспособных строительных изделий и конструкций следует предусмотреть на площадках ЖБИ, ДСК и других предприятий в промышленных (районных) центрах региональные помольные цеха мощностью 50–350 тыс. т цемента в год. С учетом экономии на транспорте цемента, возрастающих потребления и стоимости цемента окупаемость капиталовложений в такие цеха составит, в зависимости от объема производства, от двух до четырех лет.

В частности, Мирнинский район Республики Саха (Якутия), крупная алмазная провинция России, в последние годы закупает в ОАО «Якутцемент» только клинкер и производит в своих помольных цехах широкую номенклатуру цементов (от сульфатостойких до высокопрочных) для собственных нужд, добавляя в привозной клинкер местные минеральные добавки [4–5]. На наш взгляд, помольные цеха в первую очередь следует установить в пос. Тикси, находящемся в центре стратегически важного северо-восточного арктического региона страны, в городах Вилюйск и Ленск, находящихся на важных воднотранспортных артериях республики.

Список литературы

1. Бикбау М.Я., генеральный директор ОАО «Московский ИМЭТ». Инновационная нанотехнология цемента // Время инноваций. – Режим доступа: http://time-innov.ru/page/jurnal/2013-2/rubric/2/article/16 (дата обращения 15.10.2015).

2. Домол цемента на месте его использования // Информационно-справочный строительный портал «Все о строительных материалах и строительстве». – Режим доступа: http://www.asbocem.ru/cement07.html (дата обращения 15.10.2015).

3. Местников А.Е. Пенобетон в изделиях и конструкциях. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2013. – 139 с.

4. Федорова Г.Д., Матвеева О.И., Павлюкова И.Р., Васильев И.Г. Высококачественные бетоны для конструкций мостов и гидротехнических сооружений, эксплуатируемых в климатических условиях Якутии // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (международной) конференции по бетону и железобетону (Москва, 12–16 мая 2014 г.) – Т. 5. – М.: МГСУ, 2014. – С. 72–85.

5. Fedorova G.D., Alexandrov G.N., Yakovlev G.I., Polyanskikh I.S., Pudov I.A. Fine grain portland cement concrete with complex nanodisperse admixture for structure rehabilitating // Sanace a reconstrukce stav 2014, sbornic konferenct / CRRB-16th International Conference on Rehabilitation and Reconstruction of Buildings, sbornic obsornych abstraktu. – Brno: WTA CZ, 2014. – C. 147.

References

1. Bikbau M.Ja., generalnyj direktor OAO «Moskovskij IMJeT». Innovacionnaja nanotehnologija cementa // Vremja innovacij. Rezhim dostupa: http://time-innov.ru/page/jurnal/2013-2/rubric/2/article/16 (data obrashhenija 15.10.2015).

2. Domol cementa na meste ego ispolzovanija // Informacionno-spravochnyj stroitelnyj portal «Vse o stroitelnyh materialah i stroitelstve». Rezhim dostupa: http://www.asbocem.ru/cement07.html (data obrashhenija 15.10.2015).

3. Mestnikov A.E. Penobeton v izdelijah i konstrukcijah. Jakutsk: Izdatelskij dom SVFU, 2013. 139 p.

4. Fedorova G.D., Matveeva O.I., Pavljukova I.R., Vasilev I.G. Vysokokachestvennye betony dlja konstrukcij mostov i gidrotehnicheskih sooruzhenij, jekspluatiruemyh v klimaticheskih uslovijah Jakutii // Beton i zhelezobeton vzgljad v budushhee: nauchnye trudy III Vserossijskoj (mezhdunarodnoj) konferencii po betonu i zhelezobetonu (Moskva, 12–16 maja 2014 g.) T. 5. M.: MGSU, 2014. pp. 72–85.

5. Fedorova G.D., Alexandrov G.N., Yakovlev G.I., Polyanskikh I.S., Pudov I.A. Fine grain portland cement concrete with complex nanodisperse admixture for structure rehabilitating // Sanace a reconstrukce stav 2014, sbornic konferenct / CRRB-16th International Conference on Rehabilitation and Reconstruction of Buildings, sbornic obsornych abstraktu. Brno: WTA CZ, 2014. pp. 147.

УДК 62-932.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА В БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ

[1]Садчиков А.В., [2]Кокарев Н.Ф.

[1]ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: lyohantron@mail.ru;
[2]ООО «Комплексные системы утилизации», Оренбург, e-mail: office@komplesu.ru

Требования к допустимым пределам колебания температуры для оптимального газообразования. Влияние температурного режима на интенсивность метанообразования. Зависимость удельного содержания метана в биогазе от температуры процесса. Организация процесса анаэробного сбраживания на биогазовой станции ООО «Комплексные системы утилизации». Энергонезависимый процесс переработки отходов. Продукты, получаемые в результате переработки в биотермическом реакторе. Применение двухкомпонентного биопрепарата «Микс+». Оптимальные температурные режимы биогазовых установок. Виды перемешивающих систем. Виды теплообменных нагревательных аппаратов. Использование резервов энергии для сокращения удельных затрат биогаза на поддержание температурного режима в биотермическом реакторе. Применение эффективной теплоизоляции для снижения потребности в энергии, необходимой для компенсации потерь тепла теплопередачей. Возможность использования теплоты кислотогенеза. Способ улучшения условий теплового режима ферментации при двухступенчатом анаэробном сбраживании.

Ключевые слова: биогаз, температурный режим, метантенк, сбраживание

OPTIMIZATION OF THE THERMAL REGIME IN BIOGAS PLANTS

[1]Sadchikov A.V., [2]Kokarev N.F.

[1]FGBOU VO «Orenburg State University», Orenburg, e-mail: lyohantron@mail.ru;
[2]LLC «Integrated Recycling Systems», Orenburg, e-mail: office@komplesu.ru

The requirements for a valid range of temperatures for optimum gassing. Effect of temperature on the rate of methane formation. Dependence of the methane content in the biogas from the process temperature. Organization of the process of anaerobic digestion in the biogas plant LLC «*Integrated Recycling Systems*». Nonvolatile process of recycling. The products obtained by processing in the bio-reactor. The use of two-component biological product «Mix+». Optimum temperature of biogas plants. Types of mixing systems. Types of heat exchange of the heating apparatus. Using the reserves of energy to reduce the unit cost of biogas to maintain temperature in the bio-reactor. The use of effective thermal insulation to reduce energy requirements necessary to compensate for heat loss heat transfer. The ability to use heat of the acid genesis. A method of improving the thermal conditions of a two-stage fermentation anaerobic digestion.

Keywords: biogas, temperature, digester, digestion

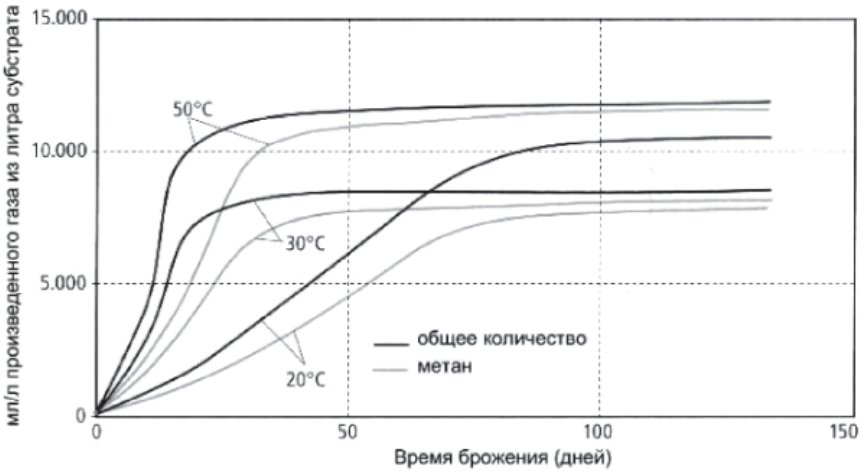
Биогаз является продуктом обмена веществ бактерий, образующимся вследствие разложения ими органического субстрата.

Биогазовые установки обеспечивают переработку органических отходов (стоков животноводческих производств и растениеводства) и осадков сточных вод в биогаз (горючий газ). Наряду с биогазом биогазовые установки производят высокоэффективное дорогостоящее жидкое органическое удобрение [3].

Метановые бактерии проявляют свою жизнедеятельность при температуре 0–70°С. Если температура выше – они начинают гибнуть, за исключением нескольких штаммов, которые могут жить при температуре среды до 90°С. При минусовой температуре они выживают, но прекращают свою жизнедеятельность. В литературе нижнюю границу температуры указывают в пределах 3–4°С.

Скорость процесса брожения очень сильно зависит от температуры. Принципиально важной является закономерность: чем выше температура, тем быстрее происходит разложение и тем выше производство газа. Таким образом сокращается время разложения (рисунок). При возрастании температуры снижается содержание метана в биогазе. Это связано с тем, что при высоких температурах растворенная в субстрате двуокись углерода интенсивнее переходит в газообразную фазу (в биогаз), таким образом, что относительное содержание метана сокращается. Количество газа, которое можно извлечь, будет одинаковым при достаточном количестве времени брожения [2].

Для обеспечения наибольшего выхода биогаза и получения качественных, лишенных патогенной микрофлоры, гельминтов, их яиц и семян сорняков, органических удобрений в биогазовой установке должен поддерживаться оптимальный для данной установки температурный режим – важнейший фактор процесса сбраживания.



Влияние температуры брожения и времени брожения на количество произведенного газа

С учетом оптимизации процесса переработки органических отходов для получения биогаза выделяют три температурных режима:

1) психрофильный – до 20–25 °C;
2) мезофильный – 25–40 °C;
3) термофильный – свыше 40 °C.

Психрофильный режим не требует дополнительного подогрева и проходит без дополнительного контроля за температурой, используется в соответствующих климатических зонах, с показателями среднегодовой температуры, составляющими не менее 18–20 °C. Мезофильный и термофильный процессы требуют наличия внешнего источника тепла и строгого контроля за температурой. При этом чем выше температура, тем быстрее и с большей производительностью идет образование биогаза. Однако при высокой температуре процент метана в биогазе может быть снижен, кроме того, в отходах переработки после производства биогаза будет содержаться гораздо меньшее количество азота. При использовании термофильного режима отходы и фекальные массы, идущие на переработку, обеззараживаются в большей степени, чем при мезофильном, поэтому его целесообразнее применить в тех случаях, когда первостепенным моментом является именно обеспечение санитарной обработки. Поэтому на практике в основном востребован мезофильный режим бактериологического производства биогаза, так как при обеспечении максимально возможной доли метана, в результате на выходе имеется еще и удобрение с высоким содержанием общего азота.

Требования к допустимым пределам колебания температуры для оптимального газообразования тем жестче, чем выше температура процесса сбраживания: при психрофильном температурном режиме – ±2 °C в час; мезофильном – ±1 °C в час; термофильном – ±0,5 °C в час.

Оптимальная температура метаногенеза зависит от вида перерабатываемого установкой сырья – органических отходов. Например, в ООО «Комплексные системы утилизации» (Оренбургская область, г. Оренбург) для загрузки в реактор используют различные виды органических отходов (навоз, пищевые отходы, отходы бойни и др.), причем сбраживание происходит в условиях термофильного режима [5]. Процесс осуществляется в условиях термофильного брожения сырья в биотермических реакторах в анаэробных условиях. Сырьем для энергонезависимого процесса служит: навоз КРС, конский навоз, свиной навоз, птичий помет, растительные отходы, биологические отходы и прочее. Продуктами переработки являются:

эффлюент – жидкие и твердые продукты переработки биоотходов в метантенке;

биопрепарат «Микс+»;

биогаз;

биометан – очищенный биогаз, с возможностью использования в двигателях внутреннего сгорания.

Энергонезависимый процесс переработки отходов агропредприятий осуществляют в закрытой системе. Качество процесса определяется косвенными параметрами.

Загрузка отходов агропредприятий производится в приемный резервуар вручную или механически через металлическую решетку. Максимальный размер частиц не должен превышать 3 см. Отходы агропредприятий необходимо разбавить водой до влажности в теплое время года 91 %,

в холодное 85 %. Разбавленные водой отходы поступают в камеру гомогенизации, где происходит их окончательная подготовка и рецептура. Подготовленный инфлюент поступает в метантенк, где в результате анаэробного сбраживания образуется биогаз и эффлюент.

Образовавшийся в результате анаэробного сбраживания биогаз поступает в фильтр-осушитель для удаления остаточной влаги из биогаза. Осушенный и очищенный биогаз поступает в группу газгольдеров для сглаживания пиков при производстве и потреблении биогаза.

Далее биогаз из газгольдеров может направляться в крематор, который используется для сжигания трудно разлагаемых отходов агропредприятий.

Из газгольдера биогаз поступает в фильтр очистки от CO_2 и осушитель от конечной влаги. В фильтре очистки от CO_2 биогаз очищается до содержания метана в газе 93 %, преобразовываясь в биометан, который может быть использован в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания и поступает в группу газгольдеров биометана.

Из газгольдеров биогаз также направляется через фильтр очистки от меркаптановой серы в газовый котел для выработки тепловой энергии и на газопоршневую генераторную установку для выработки электрической энергии, которая используется для поддержания температурного режима в реакторе и других нужд.

Отработанный субстрат разделяется на жидкую (эффлюент) и твердую (шлам) фракции в прессо-шнековом сепараторе, которые используются для приготовления двухкомпонентного биопрепарата «Микс+». В настоящее время «Микс+» используется для получения высококачественных экологически чистых биоудобрений, для обработки проблемных субстратов с целью получения качественно новых продуктов переработки, для проведения комплексных мероприятий по биоремедиации и рекультивации нарушенных земель, а также для повышения степени извлечения остаточных углеводородов нефтегазоконденсатных и нефтяных месторождений.

Чтобы получить необходимую для процесса брожения температуру и по возможности поддерживать ее на постоянном уровне, следует, прежде всего, подогреть подаваемый в реактор субстрат до нужной температуры, дополнительный же подвод теплоты необходим для компенсации тепловых потерь. Теплоту можно подводить к субстрату в рабочем пространстве реактора или в питающем его устройстве. Поскольку перепады температуры отрицательно влияют на ход биологического процесса, необходимо по возможности сочетать подвод теплоты с интенсивным перемешиванием, что в свою очередь обеспечивает равномерную температуру по всему объему реактора.

В настоящее время известны следующие виды перемешивающих систем:

Механические мешалки. Подобные мешалки достаточно эффективны в небольших реакторах при переработке тяжелых субстратов. Однако если используются субстраты с малой вязкостью, к тому же содержащие мало веществ, склонные к осаждению или образованию плавающей корки, то механические перемешивающие устройства применяют и в относительно крупных реакторах. Конечно, механические мешалки наиболее практичны для простых небольших биогазовых установок, используемых в индивидуальных хозяйствах. В качестве такой мешалки может служить, например, обычный вал с лопатками, приводящийся в движение «от руки».

Гидравлические перемешивающие системы. Содержимое крупных реакторов, особенно цилиндрической формы, часто перемешивают гидравлическим способом, то есть с помощью потоков (струй) жидкости, поступающей в реактор.

Перемешивание с помощью газа. Хорошее качество перемешивания получают, нагнетая образующийся в результате брожения газ в жидкий субстрат. Однако при этом субстрат не должен быть слишком вязким и склонным к образованию плавающей корки. Если этими качествами субстрат не обладает, при использовании газа придется непрерывно удалять из субстрата всплывающие частицы или отделять крупные твердые частицы от субстрата перед поступлением его в реактор.

Процесс нагрева происходит путем теплопередачи регенеративными теплообменниками, в которых теплоносителем является вода. Для небольших реакторов с перемешивающими устройствами вполне подходят теплообменные нагревательные аппараты (шланги, цилиндрические или плоские теплообменники), через которые прокачивается горячая вода (более 60 °C) и которые можно вынимать из реактора при его очистке [1].

Существуют нагреватели, встроенные в стенки реактора. Кроме того, подогрев субстрата можно осуществлять непосредственно, подавая в него горячую воду или пар, тем самым разбавляя субстрат до необходимой влажности (88–92 %). В этом методе вода также служит и для турбулизации субстрата. Равномерную передачу

теплоты субстрату можно обеспечивать с помощью теплообменников, расположенных вне реактора, их следует применять только в сочетании с системой принудительной циркуляции субстрата, что влечет за собою соответствующее повышение затрат, но позволяет надежно регулировать температуру брожения. Более высокая температура, которую необходимо было бы поддерживать, в частности, в установках с термофильными бактериями, повышает риск налипания взвешенных твердых частиц на поверхность теплообменника.

Дополнительный резерв энергии – в той теплоте, которая заключена в удаляемом из реактора шламе; по возможности следует использовать эту теплоту на подогрев загружаемого субстрата и компенсации потерь в реакторе. Простейшую возможность такой утилизации энергии представляет непосредственный перенос теплоты, когда поступающий в реактор жидкий субстрат подогревается в теплообменнике (в котором теплоносителем служит удаляемая из реактора жидкая масса; последняя пропускается через трубки аппарата либо омывает их). Также подогрева загружаемой в реактор массы путем вторичного использования запасенной отводимым субстратом теплоты можно добиться посредством теплового насоса, оснащенного конденсатором или испарителем, конструкция которого должна обусловливаться в каждом конкретном случае свойствами субстрата. Энергия, потребная для процесса брожения, расходуется на подогрев субстрата от температуры подаваемого в реактор жидкого навоза до температуры брожения, а также на компенсацию потерь, вызванных радиацией и теплопроводностью. Энергия, которой следует располагать для подогрева массы, загружаемой в реактор, до температуры процесса, зависит от массы субстрата, его средней удельной теплоемкости, разности между температурой процесса и температурой загружаемого материала.

Во всех случаях применение эффективной теплоизоляции может снизить на несколько процентов потребность в энергии для компенсации потерь тепла теплопередачей. Часть образовавшегося биогаза может непосредственно сжигаться в газовом котле для подогрева воды, которая пропускается через теплообменник (потери энергии при этом минимальны). Другая возможность состоит в сжигании биогаза в двигателе внутреннего сгорания, соединенном с электрогенератором, где воду из системы охлаждения этого двигателя подают в теплообменник.

Одним из способов снижения затрат ТЭР на поддержание оптимального температурного режима является использование теплоты, выделяющейся на стадии кислотогенеза. Реализация такого способа возможна в двухкамерном метантенке, предложенном в патенте РФ № 2349556 [4].

Способ двухступенчатого анаэробного сбраживания органических отходов, включающий предварительный нагрев свежих отходов в теплообменнике, а затем подачу во внутреннюю и внешнюю камеры метантенка для осуществления фаз кислотогенеза и метаногенеза с выходом горючего биогаза и органических удобрений, кислотогенез, осуществляют во внутренней камере метантенка, задерживая некоторое количество сброженной массы в необходимом количестве для активного размножения кислотообразующих бактерий, затем производят отделение летучих кислот от густой массы сепарированием, и далее летучие кислоты нагнетают в необходимом количестве во внутреннюю камеру метантенка, а густую фазу направляют во внешнюю камеру для осуществления метаногенеза.

Таким образом, одной из важнейших задач повышения эффективности работы биогазовых установок является задача сокращения потребления ТЭР при эксплуатации биогазовых установок, в том числе за счет оптимизации условий поддержания температурного режима, что является предметом наших дальнейших исследований.

Список литературы

1. Альтернативная энергетика. Биогаз. – URL: http://www.energohost.net/biogaz.htm.

2. Биогазовые установки. Практическое пособие. URL: http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf.

3. ГОСТ Р 53790-2010.

4. Садчиков А.В., Соколов В.Ю., Никоноров И.Н. Патент РФ № 2349556: Способ двухступенчатого анаэробного сбраживания органических отходов // Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 20.03.2009.

5. Стандарт организации СТО 69393208-003-2013 «Энергонезависимый процесс по переработке отходов агропредприятий».

References

1. Alternativnaja jenergetika. Biogaz. – URL: http://www.energohost.net/biogaz.htm.

2. Biogazovye ustanovki. Prakticheskoe posobie. URL: http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf.

3. GOST R 53790-2010.

4. Sadchikov A.V., Sokolov V.Ju., Nikonorov I.N. Patent RF № 2349556: Sposob dvuhstupenchatogo anajerobnogo sbrazhivanija organicheskih othodov // Zaregistrirovano v Gosudarstvennom reestre izobretenij RF 20.03.2009.

5. Standart organizacii STO 69393208-003-2013 «Jenergonezavisimyj process po pererabotke othodov agropredprijatij».

УДК 519.876.5

СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Смирнов Д.П.

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, e-mail: smirnovdp@gmail.com

Активно развивающаяся современная промышленность требует автоматизации производственных процессов. На практике решение этой задачи часто представляет собой сложную распределенную автоматизированную систему, поддержка которой требует наличия средств анализа и оптимизации производительности процессов. Приоритетным направлением в разработке данных средств является имитационное моделирование с использованием графических редакторов для описания исследуемого объекта. Их применение обусловлено простотой и наглядностью процесса моделирования. Однако в случае, когда используются сложные условные выражения или вычисления, имеются зависимости напрямую несвязанных элементов, а также присутствуют схожие, но не одинаковые процессы, всё это либо делает модель нечитаемой, либо невозможной в реализации. В данной статье рассматривается способ моделирования автоматизированных производственных процессов, позволяющий решить описанные проблемы современных средств моделирования с помощью предметно-специфического языка, разработанного для программного применения методики объектно-ориентированного моделирования на основе модифицированных Е-сетей [2]. Применение данного способа даёт возможность описывать сложные распределенные системы, недоступные для моделирования в специализированных графических системах.

Ключевые слова: имитационное моделирование, предметно-ориентированный язык, объектно-ориентированное моделирование, Е-сети

METHOD OF MODELING DISTRIBUTED AUTOMATED PROCESSES AND PRODUCTION

Smirnov D.P.

National Research University of Electronic Technology, Moscow, e-mail: smirnovdp@gmail.com

Modern industry actively develops and requires automation of production processes. In practice, the solution of this problem is often a complex distribution system of automated support tools that require analysis and optimization of process performance. The priority in the development of these tools is a simulation using the graphic editors for the description of the object. Application of these editors is due to the simplicity and visibility of the modeling process. But when using complex conditional description or calculations are based directly unrelated elements, and there are similar but not identical processes, all this makes the model either illegible or impossible to implement. This article describes a method of modeling automated production processes, which allows to solve the problems of modern tools of simulations using domain-specific language developed for the software application techniques object-oriented modeling based on modified E-nets [2]. Application of this method allows to describe complex distributed systems that are impossible for modeling in specialized graphics systems.

Keywords: simulation modeling, domain-specific language, object-oriented modeling, E-nets

Современная промышленность развивается и конкурирует главным образом за счет использования автоматизации в различных производственных процессах. Для этого внедряют автоматизированные средства управления технологическими процессами, модернизируют и роботизируют производство, применяют специализированное программное обеспечение. При этом важным направлением является разработка средств анализа и оптимизации распределённых автоматизированных промышленных процессов. Один из наиболее значимых инструментов для достижения этих целей – имитационное моделирование.

Современные средства имитационного моделирования в основном используют графические редакторы для описания исследуемого объекта. Их применение обусловлено простотой и наглядностью процесса моделирования. Однако в случае, когда используются сложные условные выражения или вычисления, имеются зависимости напрямую несвязанных элементов, а также присутствуют схожие, но не одинаковые процессы, всё это либо сильно увеличивает размеры модели, делая её нечитаемой, либо требует упрощения, в связи с невозможностью реализации.

Данная статья направлена на рассмотрение способа моделирования распределенных автоматизированных процессов в виде предметно-ориентированного языка [5] *OOMDL (Object-Oriented Model Description Language*), разработанного для программного применения методики объектно-ориентированного моделирования (ООМ) на основе модифицированных Е-сетей [2]. Предлагаемый способ даёт возможность представления модифицированных сетей Петри в виде последовательного набора операторов. Синтаксис частично схож с Си

и Си-подобными языками, что было сделано для упрощения его изучения и использования. Применение данного способа даёт возможность описывать сложные распределенные системы, недоступные для моделирования в специализированных графических системах.

Далее для описания конструкций *OOMDL* будет использоваться расширенная форма Бэкуса – Наура (БНФ) [3].

Методика ООМ предполагает использование объекта как базового элемента, представляющего собой описание некоего исследуемого процесса в виде сети Петри [4]. В коде моделирования он будет представлен в следующем виде:

```
объект = 'OBJECT' имя_объекта
[ : имя_базового_объекта ] '{' тело '}'
```

Данная конструкция включает в себя название создаваемого объекта и, если он является наследником, позволяет указать имя базового объекта. В фигурных скобках содержится его описание (тело). В OOMDL границы блоков определяются открывающейся фигурной скобкой в начале и закрывающейся фигурной скобкой в конце. Описание объекта обязательно начинается с определения структурных компонентов, локальных переменных и экземпляров используемых объектов. Всё это необходимо для понимания интерпретатором, какие компоненты применяются в дальнейшем для построения и функционирования сети Петри.

Структурные компоненты объекта задаются внутри соответствующих блоков, обозначенных ключевыми словами POSITIONS (позиции), NETS (элементарные сети), где они разбиваются на типы. Для позиций это выбор между SINGLE (простая позиция) и QUEUE (очередь), а для элементарных сетей – разделение на T-сети, X-сети, Y-сети, G-сети и I-сети. Элементарная сеть представляет собой объединение, содержащее один переход, связанные с ним позиции и условия его работы [1]. Каждый структурный компонент может иметь текстовое описание, отображаемое в результатах моделирования, что улучшает восприятие информации при проведении анализа работы системы. Код моделирования структурных компонентов имеет следующий вид:

```
позиции = 'POSITIONS' '{' { ( 'SINGLE' | 'QUEUE' ) имя_позиции [ ':' '/'
комментарий '/' ] { ',' имя_позиции [ ':' '/' комментарий '/' ] } ';' } '}'

сети = 'NETS' '{' { ('T' | 'X' | 'Y' | 'G' | 'I') имя_сети [ ':' комментарий ]
{ ',' имя_сети [ ':' комментарий ] } ';' } '}'
```

Локальные переменные, как и структурные компоненты объекта, объявляются внутри блока, который представлен ключевым словом VARIABLES. В данном случае синтаксис внутри блока схож с языком Си – задаётся тип переменной, её название и начальное значение. Типы переменных: INT (целочисленные), DOUBLE (вещественные), STRING (строковые) и BOOL (булевые). Над строковыми переменными возможно производить только два вида действия: сравнение и присваивание нового значения. Блок локальных переменных описывается по следующему правилу:

```
переменные = 'VARIABLES' '{' { ( 'INT' | 'DOUBLE' | 'STRING' | 'BOOL' )
имя_переменной [ '=' начальное_значение ] { ',' имя_переменной [ '='
начальное_значение ] } ';' } '}'
```

Объекты взаимодействуют друг с другом через экземпляры (элементы) – копии объектов, объявленные в блоке ELEMENTS. Каждый экземпляр внутри блока должен иметь уникальное название, заданное пользователем. Объект может использовать несколько элементов любого другого объекта. При этом нельзя создавать рекурсии, в которых объекты вызывают друг друга или когда объект имеет экземпляры самого себя. Элементы описываются следующим образом:

```
элементы = 'ELEMENTS' '{' { имя_объекта имя_элемента { ',' имя_элемента } ';' }
'}'
```

Порядок следования рассмотренных выше компонентов не важен, необходимо только, чтобы они были заданы в начале объекта. Остальные компоненты могут располагаться в любом порядке, поскольку они не зависят друг от друга.

Порты, через которые происходит взаимодействие с объектом, назначаются из объявленных ранее позиций. Они разделяются на три группы, каждая из которых начинается со своего ключевого слова: IN (входные порты), OUT (выходные порты), INIT (порты начального расположения меток). Любая позиция может входить только в одну из этих групп, что вызвано особенностью строения моделируемой сети: во входных и выходных портах содержатся позиции с отсутствующими одноименными связями, и задание для них меток невозможно, поскольку в дальнейшем они будут объединены с позициями других объектов. Порты объекта задаются в блоке PORTS:

порты = 'PORTS' '{' { ('IN' | 'OUT' | 'INIT') *имя_позиции* { ',' *имя_позиции* } ';' '}'

Объявленные ранее элементарные сети должны быть дополнены набором составляющих (тело_сети), включающих в себя указание связей с позициями и используемых атрибутов меток, определение условий перехода, назначение метода преобразования данных и расчет времени перехода метки. Все эти параметры объединены блоком NET:

инициализация_сети = 'NET' *имя_сети* '{' *тело_сети* '}'

Позиции, используемые в работе элементарной сети, задаются в списке связей LINK, где ключевые слова IN и OUT определяют группы входных и выходных позиций. Использование I-сети предполагает возможность определения прерывающих позиций, в связи с чем добавлены отдельные группы ~IN и ~OUT. Очерёдность позиций в элементарной сети определяется порядком их задания. Код моделирования списка связей пишется по следующему правилу:

связь_сети = 'LINK' '{' { ('IN' | '~IN ' | 'OUT' | '~OUT') *имя_позиции* { ',' *имя_позиции* } ';' } '}'

Элементарная сеть имеет возможность взаимодействовать с метками и их атрибутами, для чего используется ключевое слово point, которое включает в себя её описание в момент перехода. В случае, когда входных активных позиций несколько, метка берётся из той, которая была задана раньше остальных. Отдельно для прерывающей позиции применяется ключевое слово ~point. Определение в I-сети, какие позиции активны, возможно благодаря представлению ключевого слова метки в виде булевого значения, представляющего истину при их наличии. Доступ к атрибутам метки осуществляется по следующему правилу:

атрибут = 'point''.'*название_атрибута*

Имеются ограничения на используемые атрибуты в каждой конкретной элементарной сети. Блок ATTRIBUTES содержит их название и типы (INT, DOUBLE и т.п.). В проектируемой модели важно, чтобы поступающие на вход элементарной сети метки содержали объявленные в этом блоке атрибуты, но не обязательно только их. Данные ограничения необходимы для возможности использования объявленных атрибутов в последующих компонентах. Отсюда следует, что при стандартной работе, когда содержание метки не влияет на переход, данный блок не является обязательным. Правило его описания выглядит следующим образом:

атрибуты_сети = 'ATTRIBUTES' '{' { (' INT' | 'DOUBLE' | 'STRING' | 'BOOL') *имя_атрибута* { ',' *имя_атрибута* } ';' } '}'

Связь с позициями и набор используемых атрибутов пишутся в начале описания элементарной сети, поскольку последующие компоненты напрямую зависят от них и их используют.

Метод преобразования данных изменяет значения атрибутов меток для выходных позиций, используя для этого входные данные и значения доступных ему переменных. Данный метод представляет собой блок ACTION. Основным его инструментом является условный оператор IF...ELSE. Помимо этого имеется возможность производить математические операции и присваивать значения переменным и атрибутам. Синтаксис операторов и операций такой же, как в Си-подобных языках. I-сеть, в отличие от других элементарных сетей, имеет дополнительный метод преобразования ~ACTION, который выполняется при возникновении события прерывания.

Условия перехода задаются отдельно для входных и выходных позиций в блоках ACTIVE_IN и ACTIVE_OUT. Связано это с тем, что для таких типов элементарных сетей, как X-сеть и Y-сеть, возможно задавать условия только для одного вида позиций. Зарезервированные в *OOMDL* переменные _in и _out определяют собой активные входные и выходные позиции. Данные переменные можно использовать только в соответствующих их названию блоках через операцию присваивания. В теле блока разрешено использование условных операторов, применение математических операций и имеется возможность определять наличие метки в позиции. При использовании

позиции в условных выражениях она выдает ответ булевого типа, где значение true предполагает наличие в ней метки. В случае позиции-очереди для выходных позиций всегда будет выдаваться значение false.

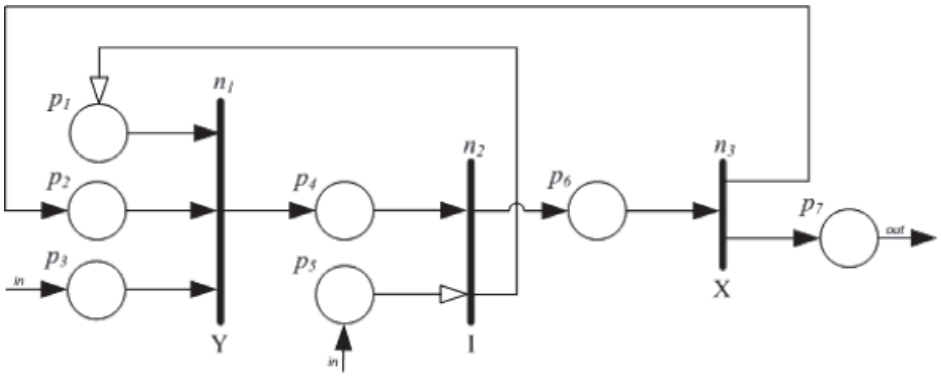
Время выполнения перехода по умолчанию определяется равным нулю, то есть действие происходит мгновенно. Однако имеется возможность задать это значение некоторой постоянной или набором условий. Для этого используется блок DELAY с зарезервированной переменной _delay, которая и определяет время задержки перехода. Значение _delay помимо данного блока может использоваться в методе преобразования данных, без возможности его изменения. При этом прошедшее время ожидания перехода хранится в переменной _time, с которой нельзя использовать операцию присваивания.

Рассмотренные компоненты представляют полный набор для описания объекта. Помимо объектов, код моделирования может ещё содержать глобальные переменные. Они объявляются в начале моделирования и содержатся в блоке GLOBAL_VARIABLES. Содержание блока идентично VARIABLES. При этом обращение к данным переменным внутри объектов начинается с префикса glob и точки, тем самым отделяя локальные переменные от глобальных со схожим именем:

```
глобальная_переменная =

'glob''.'название_переменной
```

Применение языка моделирования можно рассмотреть на примере обработки запросов с прерываниями. Такая особенность рабочего процесса довольно часто присутствует в различных сферах производства. Сетевая схема процесса изображена на рисунке и ниже представлен код её описания.



Модель обработки запросов с прерываниями

```
OBJECT interruption {
  POSITIONS{ SINGLE p1, p2, p3, p4, p5, p6, p7; }
  NETS { Y n1; I n2; X n3; }
  PORTS { IN p3, p5; OUT p7; }
  NET n1 {
    LINK { IN p1, p2, p3; OUT p4; }
  }
  NET n2 {
    LINK { IN p4; ~IN p5; OUT p6; ~OUT p1; }
    ATTRIBUTES { INT work; }
    DELAY { _delay = point.work; }
    ACTION { point.work = 0; }
    ~ACTION {
      IF (point) { point.work = _delay - _time;}
    }
  }
  NET n3 {
    LINK { IN p6; OUT p7, p2;}
    ATTRIBUTES { INT work; }
    ACTIVE_OUT {
      IF ( point.work != 0) { _out = p7; }
      ELSE { _out = p2; }
    }
  }
}
```

Схема построена с помощью трех элементарных сетей. В качестве запросов в модели используются метки, содержащие атрибут `work` со временем, которое необходимо для их обработки. *Y*-сеть n_1 отвечает за их объединение и выстраивание в одну общую очередь. Её входные позиции представляют собой различные источники запросов. Позиция p_3 является входным портом и основным каналом поступления запросов. При работе сети без прерываний метки поступают только по данному каналу и выполняются последовательно друг за другом. Позиция-очередь p_1 хранит в себе прерывающие сигналы, которые требуют немедленной обработки. Метки в эту позицию попадают уже после остановки выполнения предыдущего запроса, который отправляется в позицию-очередь p_2 для ожидания продолжения своей обработки. Приоритетность позиций определяется сверху вниз, где p_1 имеет наивысший приоритет, а p_3 – самый низкий. Выбранная элементарной сетью метка переходит в позицию p_4.

Непосредственная обработка запросов происходит в *I*-сети n_2. Время перехода определяется атрибутом `work` метки из позиции p_4. Так работает элементарная сеть, пока не поступит прерывающий сигнал во входной порт p_5. Сигнал представляет собой запрос в виде метки, который необходимо обработать вне очереди. Без прерывания действие, производимое сетью после перехода, устанавливает значение атрибута `work` равным нулю, в противном случае выполняется блок `~ACTION`, где при наличии метки в процессе перехода вычисляется оставшееся время обработки. Запросы из позиции p_4 переходят в позицию p_6, а из позиции p_5 в позицию p_1.

После обработки запрос из позиции p_6 идет в элементарную сеть n_3 типа *X*. Она определяет, что дальше делать с запросом. Имеются два маршрута, по которым метка может следовать. Они выбираются в зависимости от условий перехода `ACTIVE_OUT`. Если у запроса атрибут `work` не равен нулю, то он отправляется в позицию p_2 для завершения обработки, иначе идет в выходной порт.

Заключение

Представленный способ моделирования в виде предметно-ориентированного языка OOMDL позволяет описывать производственные процессы по методике ООМ компактно и наглядно. Благодаря этому в дальнейшем появляются возможности автоматизации процесса разработки программного обеспечения, контроля исходных кодов модели и создания расширяемых библиотек элементов.

Список литературы

1. Илюшечкина Л.В., Разработка средств моделирования для исследования систем распределённой обработки информации: дис. канд. технических наук. – М., 2002.

2. Костин А.Е., Модели и алгоритмы организации распределенной обработки данных в информационных системах: докт. дисс. – М., 2002.

3. ISO/IEC 14977: 1996(E) [Электронный ресурс] // Сайт университета Кембриджа. – URL: https://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/iso-14977.pdf (дата обращения 11.11.2015).

4. NUTT G.J. Evaluation Nets for Computer System Performance Analysis, AFIPS FJCC, vol. 41, 1972, Pt. 1.

5. Voelter M. DSL Engineering: Designing, Implementing and Using Domain-Specific Languages, 2013.

References

1. Ilyushechkina L.V. *Razrabotka sredstv modelirovaniya dlya issledovaniya sistem raspredelennoy obrabotki informacii*. Kand. tekhnicheskikh nauk, Diss. [Development of modeling tools for the research of systems of distributed information processing. PhD. Diss.]. Moscow, 2002.

2. Kostin A.E. *Modeli i algoritmy organizatsii raspredelennoy obrabotki dannykh v informatsionnykh sistemakh*. Dokt, Diss. [Models and algorithms for the organization of distributed data processing in information systems. Doct. Diss.]. Moscow, 2002.

3. ISO/IEC 14977: 1996(E) Available at https://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/iso-14977.pdf (accessed 11 November 2015)

4. NUTT G.J. Evaluation Nets for Computer System Performance Analysis, AFIPS FJCC, vol. 41, 1972, Pt. 1.

5. Voelter M. DSL Engineering: Designing, Implementing and Using Domain-Specific Languages, 2013.

УДК 621.81.004

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ ВИНТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГЛОБОИДНОГО ЧЕРВЯКА

Сутягин А.В., Малько Л.С., Трифанов И.В.

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, e-mail: sibgau-uks@mail.ru

В настоящее время актуальной задачей является изыскание более рациональной технологии нарезания зубьев сопряженной глобоидной пары, способной обеспечить нарезание витков червяка с вогнутым, а зубьев сопряженного колеса с выпуклым профилем. Применение глобоидной пары с выпукло-вогнутыми профилями сопряженных звеньев обеспечивает увеличение ее нагрузочной способности по сравнению с глобоидной парой, имеющей линейчатые профили сопряженных звеньев. Одним из эффективных путей нарезания глобоидной винтовой поверхности вогнутого профиля является применение технологии ротационного точения принудительно вращаемым многолезвийным инструментом с эвольвентным профилем. Настоящая статья посвящена экспериментальному исследованию влияния режимных параметров (V, S, γ) процесса ротационного точения принудительно вращаемым многолезвийным инструментом на производительность обработки, шероховатость винтовой поверхности глобоидного червяка с вогнутым эвольвентным профилем. В результате проведения исследования, выполненного на основе планирования многофакторного эксперимента по методике типа 2^3, получены значения рациональных режимных параметров. Также исследованы термические характеристики процесса ротационного точения глобоидной винтовой поверхности бесконтактным методом.

Ключевые слова: ротационное точение, многолезвийный инструмент, глобоидный червяк, винтовая поверхность, вогнутый профиль

THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL REGIMES ON THE OUTPUT PARAMETERS OF THE PROCESS OF ROTATIONAL TURNING OF THE HELICAL SURFACE GLOBOID WORM

Sutyagin A.V., Malko L.S., Trifanov I.V.

Siberian State Aerospace University name of academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, e-mail: sibgau-uks@mail.ru

At present, urgent task is finding a rational technology of cutting teeth conjugate globoid pairs capable of providing cutting worm turns concave, and the dual wheel teeth with a convex shape. Application globoid pairs with convex-concave profiles conjugated units provides an increase in its load-bearing capacity compared with globoid couple having ruled profiles conjugated units. One effective way of cutting globoid screw surface concave profile is to use rotary technology turning forcibly rotated multiblade tool with involute profile. This article is devoted to the experimental study of the influence of operating parameters (V, S, γ) of the rotary turning forcibly rotated multiblade tool on the processing performance, the surface roughness of the screw Cone worm with a concave involute profile. As a result of studies made on the basis of planning multifactor experiment by the method of the type 2^3, the values of rational regime parameters. Also investigated the thermal characteristics of the process of turning the rotary globoid screw surface non-contact method.

Keywords: design-technology decisions, rotational sharpen, multifluted tool, hour-glass worm, screw surface, concave profile

Наибольшее распространение в отечественном машиностроении получили глобоидные червячные передачи с прямолинейным профилем витков червяка и зубьев сопряженного колеса [7, 5]. К наиболее сложным вопросам в техническом и экономическом отношении при производстве глобоидных пар с линейчатым профилем можно отнести следующее: конструктивное исполнение режущего инструмента для обработки винтовой поверхности глобоидного червяка не является рациональным.

В настоящее время одним из распространенных путей в отечественном машиностроении, направленном на улучшение показателей работы глобоидной передачи с линейчатым профилем по нагрузочной способности, является модификация червяка по шагу [4]. Применение этого способа улучшения показателей работы глобоидной передачи обеспечивает увеличение огибающей зоны зуба колеса, не превышающей 40 % его длины. Увеличить зону свыше 40 % модифицированием не представляется возможным. Одним из возможных путей, направленным на повышение нагрузочной способности червячных пар, является изготовление глобоидных и цилиндрических червяков с вогнутым профилем, а червячного колеса с выпуклым профилем зубьев,

что позволит увеличить нагрузочную способность в 1,5–2 раза, КПД на 10–30 %, долговечность в 2–3 раза по сравнению с линейчатой передачей [7]. Однако с указанным видом профиля червяков глобоидные передачи не находят широкого применения в промышленности из-за низкой производительности процесса формообразования винтовой поверхности и высокой стоимости применяемого технологического оснащения (режущего инструмента и оборудования).

В связи с отмеченным по-прежнему является актуальной задача изыскания более рациональной технологии зубообработки, способной обеспечить изготовление глобоидной пары с червяком вогнутого профиля, обеспечивающего дальнейшее увеличение нагрузочной способности червячной пары за счет уменьшения контактных напряжений в зацеплении, благодаря увеличению приведенного радиуса кривизны контактирующих поверхностей и улучшению условий жидкостного трения между витками червяка и зубьями червячного колеса [3]. Одним из эффективных путей нарезания глобоидной винтовой поверхности вогнутого профиля является применение технологии ротационного точения принудительно вращаемым многолезвийным инструментом с эвольвентным профилем [8, 10].

Применение технологии ротационного точения принудительно вращаемым многолезвийным инструментом даст возможность обеспечить изготовление червячной пары с повышенной нагрузочной способностью за счет формообразования профиля червяка вогнутым, а профиля зуба колеса выпуклым, а также снизить затраты на ее изготовление путем повышения производительности процесса и снижения затрат на технологическое оборудование и многолезвийный инструмент [6, 9].

Применение ротационного точения позволяет реализовать основополагающий второй способ Т. Оливье получения сопряженных передач зацеплением [1] и положить в основу расчета геометрических параметров глобоидной передачи исходный цилиндрический червяк вместо применяемого в настоящее время исходного глобоидного червяка [2]. Кроме того, применение ротационного точения винтовой поверхности глобоидного червяка многолезвийным инструментом с эвольвентным профилем обеспечивает возможность применения цилиндрических червячных фрез для нарезания зубьев сопряженного червячного колеса глобоидной пары вместо глобоидной фрезы, а также обеспечивает нарезание вогнутого профиля глобоидного червяка по методу обкатки с профилированием по методу огибания.

Экспериментальные исследования процесса ротационного точения винтовой поверхности вогнутого профиля принудительно вращаемым многолезвийным инструментом проводились с использованием зубофрезерного станка модели 5К328А и многолезвийных инструментов с радиусным и эвольвентным профилями режущих элементов. Режущие элементы инструментов изготавливались из быстрорежущей стали Р6М5, а корпуса – из стали 40Х. Обработка глобоидной винтовой поверхности представлена на рис. 1. Эксперимент показал, что при переднем угле $\gamma = 0°$, скорости резания $V = 20$ м/мин и подаче $S = 2$ мм на оборот инструмент процесс сопровождается явлением наростообразования (рис. 2), а шероховатость поверхности профиля составляет по Ra > 12,5 мкм.

На основании варьирования режимными параметрами установлено влияние технологических факторов (V, S, γ) на шероховатость обработанной поверхности глобоидной винтовой поверхности червяка при ротационном точении. Исследование выполняли по методике, разработанной на основе планирования многофакторного эксперимента типа 2^3. Диапазон изменения факторов по верхнему и нижнему уровню составил: скорость резания ($V = 16–32$ м/мин), подача ($S = 0,5–2,0$ мм/об), передний угол ($\gamma = 16–45°$). Матрица планирования и результаты экспериментов представлены в табл. 1.

Путем обработки экспериментальных данных была получена эмпирическая зависимость шероховатости обработанной винтовой поверхности глобоидного червяка от режимных параметров и геометрии режущего лезвия инструмента вида

$$Ra = 767{,}212 \frac{S^{0{,}042}}{\gamma^{(1{,}394-0{,}341\ln V)} \cdot V^{1{,}402}}, \qquad (1)$$

где V – скорость резания, м/мин; S – подача мм/об; γ – передний угол режущего элемента, град.

Проверка полученной модели на адекватность по критерию Фишера показала, что зависимость шероховатости глобоидной винтовой поверхности от режимных параметров (V, S) и переднего угла (γ) при ротационном точении с доверительной вероятностью 94 % адекватно описывается полученной эмпирической зависимостью (1).

Увеличение переднего угла режущего элемента инструмента до 40-45^0 путем подточки передней поверхности позволяет избежать образования нароста.

Рис. 1. Процесс обработки глобоидной винтовой поверхности вогнутого профиля

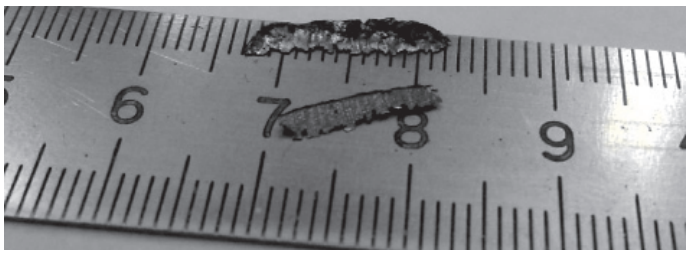


Рис. 2. Характер нароста при ротационном точении глобоидного червяка с передним углом режущего элемента, равным 0°

Таблица 1

Матрица планирования и результаты экспериментов

Номера точек	x_1		x_2		x_3		Номер образца	R'_a					Номер образца	R''_a					$\overline{R_a}$	$\ln \overline{R_a}$
	код	γ, рад	код	V, м/мин	код	S, мм/об		R'_1	R'_2	R'_3	R'_4	$\overline{R'_a}$		R''_1	R''_2	R''_3	R''_4	$\overline{R''_a}$		
1	–	20	–	16	–	0,5	1–1	4,8	4,1	3,8	3,4	4,0	2–1	4,9	4,2	3,9	3,6	4,1	4,1	1,411
2	+	45	–	16	–	0,5	1–2	3,2	2,4	2,7	2,5	2,7	2–2	3,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	1,030
3	–	20	+	32	–	0,5	1–3	3,6	3,4	3,4	3,2	3,4	2–3	3,7	3,6	3,2	3,1	3,4	3,4	1,223
4	+	45	+	32	–	0,5	1–4	2,9	2,4	2,6	2,7	2,6	2–4	3,2	2,8	2,7	2,9	2,9	2,7	0,993
5	–	20	–	16	+	2	1–5	4,6	4,0	3,7	3,5	3,9	2–5	4,8	3,8	4,2	3,7	4,1	4,1	1,411
6	+	45	–	16	+	2	1–6	3,3	2,5	2,8	2,6	2,8	2–6	3,5	2,9	2,6	2,8	2,9	2,9	1,065
7	–	20	+	32	+	2	1–7	3,6	3,0	2,9	3,1	3,1	2–7	3,8	3,0	3,1	3,3	3,3	3,2	1,163
8	+	45	+	32	+	2	1–8	2,8	2,3	2,5	2,6	2,5	2–8	2,9	2,4	2,6	2,8	2,7	2,6	0,955

Повышение производительности процесса формообразования (табл. 2) глобоидных поверхностей на операции предварительного нарезания винтовой поверхности происходит за счет увеличения скорости резания до 16–24 м/мин против применяемой в настоящее время V = 8–15 м/мин [2] и подачи S = 0,5–2 мм/об против применяемой 0,05–1 мм/об [2]. Повышение производительности процесса на чистовой операции происходит за счет увеличения скорости резания до 20–25 м/мин против применяемой в настоящее время 1–1,5 м/мин и подачи S = 0,5–2 мм/об против применяемой 0,05–0,1 мм/об [2]. В табл. 2 приведены режимы резания по сравниваемым вариантам.

Таблица 2

Режимы резания по сравниваемым вариантам

Режимы резания по сравниваемым вариантам		Увеличение по новому варианту
Существующий вариант [10]	Усовершенствованный вариант	
Предварительное нарезание		
Скорость резания V = 8–15 м/мин	Скорость резания V = 16–24 м/мин	в 1,6 раза
Радиальная подача S = 0,05–0,3 мм на оборот инструмента	Радиальная подача S = 0,5–2 мм на оборот инструмента	в 6 раз
Чистовое нарезание		
Скорость резания V = 1–1,5 м/мин	Скорость резания V = 16–24 м/мин	в 16 раз
Круговая подача $S_{кр}$ = 0,05–0,1 мм на оборот инструмента	Радиальная подача S = 0,5–2 мм на оборот инструмента	в 10 раз

Такому повышению производительности (табл. 2) способствует присущий ротационному точению характер образования винтовой поверхности при воспроизведении воображаемой режущей кромки по методу огибания, против используемого в настоящее время метода копирования при нарезании линейчатой глобоидной винтовой поверхности.

Графическая иллюстрация полученных результатов по обеспечению требуемой шероховатости представлена на рис. 3.

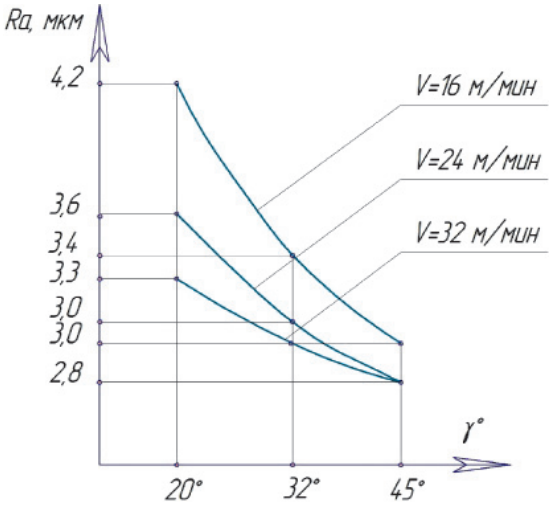


Рис. 3. Зависимость шероховатости глобоидной винтовой поверхности вогнутого профиля от переднего угла режущего инструмента и скорости резания при ротационном точении

Также проводились экспериментальные исследования термических характеристик процесса ротационного точения глобоидной винтовой поверхности бесконтактным методом (рис. 4) с помощью тепловизора модели HotFind DXT. Это позволило дать количественную оценку температуры на поверхности стружки в зоне резания (162,25–267,53 °С), режущего лезвия инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали Р6М5, на выходе из зоны резания (27,5–74,72 °С) и на входе в зону резания (26,62–66,17 °С), что свидетельствует о благоприятной температурной нагрузке на режущие элементы, способствующей повышению их работоспособности.

Столь низкие температурные нагрузки на режущих элементах объясняются тем, что при ротационном точении имеет место нестационарный теплообмен в зоне резания, а также частичной заменой трения скольжения между режущим клином инструмента и материалом заготовки на трение качения и прерывность работы режущего элемента благодаря многолезвийности инструмента.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- технология ротационного точения позволяет обеспечить изготовление глобоидной червячной пары с повышенной нагрузочной способностью за счет формообразования профиля червяка вогнутым, а профиля зуба колеса выпуклым. С повышением производительности по скорости резания на черновой и чистовой операции в 1,6 и 16 раз соответственно, по подаче в 6 и 10 раз соответственно;
- проведенные исследования на основе планирования многофакторного эксперимента типа 2^3 позволили установить эмпирическую зависимость для расчета шероховатости винтовой поверхности от основных режимных параметров и переднего угла в диапазоне измерений: скорость резания V = 16–32 м/мин, передний угол γ = 20–45°, подача S = 0,5–2 мм на оборот режущего инструмента;
- исследованы термические характеристики процесса ротационного точения глобоидной винтовой поверхности бесконтактным методом, позволившие на основе количественной оценки температуры на поверхности стружки в зоне резания

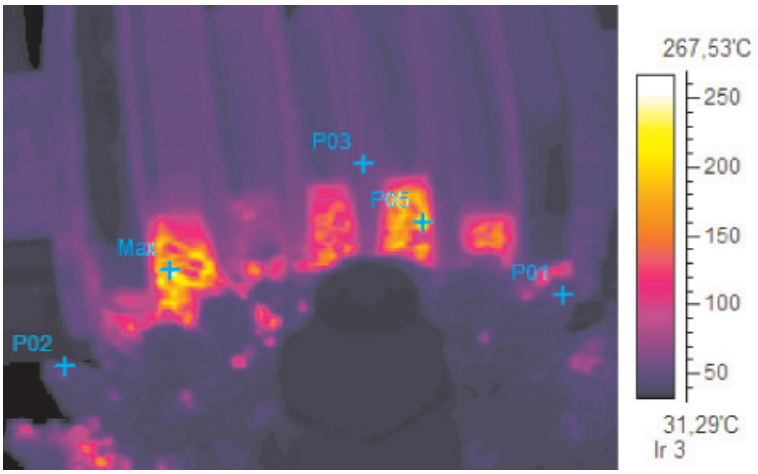


Рис. 4. Теплограмма процесса ротационного точения винтовой поверхности глобоидного червяка принудительно вращаемым многолезвийным инструментом с эвольвентным профилем режущих элементов. Точки на теплограмме: P01 – 60,26 °C; P02 – 66,17 °C; P03: – 74,72 °C; Max – 267,53 °C; P05 – 217,95 °C

(162,25–267,53 °C), режущего лезвия инструмента на выходе из зоны резания (27,5–74,72° C) и на входе в зону резания (26,62–66,17 °C) установить, что при ротационном точении имеет место благоприятная температурная нагрузка на режущие элементы, способствующая повышению их работоспособности.

Полученные результаты исследований имеют важное значение для выбора рациональных технологических режимов и подтверждения вывода о том, что применение ротационного точения является одним из эффективных направлений совершенствования технологии нарезания зубьев сопряженной пары глобоидной передачи.

Список литературы

1. ГОСТ 24438-80. Передачи глобоидные. Исходный червяк и исходный производящий червяк. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – С. 8.

2. Журавлев В.Л. Технология изготовления глобоидных передач. – М.: Машиностроение, 1965. – С. 152.

3. Кривенко И.С. Внедрять в производство новые разработки // Редукторы и приводы. – 2007. – № 1. – С. 34–35.

4. Парубец В.И. Глобоидные передачи: состояние, тенденции и перспективы развития научно-технических исследований и разработок в России // Редукторы и приводы. – 2006. – № 1. – С. 52–54.

5. Петров М.С. Червячные глобоидные передачи. – М.: МГТУ «МАМИ», 2006. – 24 с.

6. Попов В.А. Методы повышения эксплуатационных свойств передач зацеплением // Вестник машиностроения. – 2011. – № 2. – С. 22–23.

7. Сандлер С.А., Лагутин С.А., Верховский А.В. Производство червячных передач / под общ. ред. С.А. Лагутина. – М.: Машиностроение, 2008. – 272 с.

8. Сутягин А.В., Малько Л.С., Трифанов И.В. Повышение эффективности зубообработки глобоидной передачи на основе прогрессивных конструкторско-технологических решений // СТИН. – 2015. – № 2. – С. 20–25.

9. Сутягин А.В. Устройство для ротационной обработки винтовой поверхности глобоидных червяков / А.В. Сутягин, Ю.В. Сутягина, Л.С. Малько и др. // Решетневские чтения: материалы XVI междунар. науч. конф. В 2ч. / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2012. – Ч. 1. – 458 с.

10. Трифанов И.В. Технология ротационного точения винтовых поверхностей деталей машин принудительно вращаемым многолезвийным инструментом: монография / И.В. Трифанов, Л.С. Малько, А.В. Сутягин; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2012. – 116 с.

References

1. GOST 24438-80. *Peredachi globoidnye. Ishodnyj chervjak i ishodnyj proizvodjashhij chervjak* [Transmission globoid. The original worm and the source producing the worm] Moscow, Izd-vo standartov, 1981. 8 p.

2. Zhuravlev V.L. *Tehnologija izgotovlenija globoidnyh peredach* [Technology of manufacturing of the globoid gear] Moscow, Mashinostroenie. 1965. 152 p.

3. Krivenko I.S. *Reduktory i privody*, 2007, no.1 pp. 34–35.

4. Parubec V.I. *Reduktory i privody*, 2006, no.1. pp 52–54.

5. Petrov M.S. *Chervjachnye globoidnye peredachi* (Globoid worm transmission). Moscow. MGTU MAMI, 2006. 24 p.

6. Popov V.A. *Vestnik mashinostroenija*, 2011, no. 2 pp. 22–23.

7. Sandler A.I., Lagutin S.A., Verhovskij A.V. *Proizvodstvo chervjachnyh peredach* [Production screw-gear] Moscow, Mashinostroenie, 2008. 272 p.

8. Sutjagin A.V., Malko L.S., Trifanov I.V. *STIN*, 2015, no. 2 pp. 20–25.

9. Sutjagin A.V., Sutjagina Ju.V., Malko L.S., Trifanov I.V. *Reshetnevskie chtenija: materialy XVI mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii v 2 chastjah* [Reshetnev reading: Materials XVI International scientific conference in 2 parts] Krasnojarsk, Sib. gos. ajerokosmich. un-t. 2012. Ch. 1. 458 p.

10. Trifanov I.V., Malko L.S., Sutjagin A.V. *Tehnologija rotacionnogo tochenija vintovyh poverhnostej detalej mashin prinuditelno vrashhaemym mnogolezvijnym instrumentom* [The technology of rotational turning of the screw surfaces of machine parts forced rotating multiblade tool] Krasnojarsk, Sib. gos. ajerokosmich. un-t. 2012. 116 p.

УДК 697.1: 699.865

ИССЛЕДОВАНИЕ И СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАРКАСНО-ЩИТОВЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Шалагин И.Ю., Куриленко Н.И.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», Тюмень, e-mail: igor-shalagin@mail.ru, kurilenkoni@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию эффективности ограждающих конструкций, возведенных по каркасно-щитовой технологии. В результате обследования ограждающих конструкций было установлено, что для условий наружной температуры наиболее холодной пятидневки г. Тюмени температуры на внутренних поверхностях в местах расположения вертикальных стоек возведенных ограждающих конструкций не будут соответствовать требованиям санитарно-гигиенических норм по максимальному температурному перепаду между внутренним воздухом и внутренней поверхностью стены, который составляет не более 4 °С. Исходя из полученных экспериментальных данных было принято решение модернизации ограждения на основании расчетов температурных полей различных конструкций и вариантов расположения вертикальных стоек. Расчеты температурных полей показали, что минимальный разброс температур на внутренней поверхности ограждения будет у конструкции с вертикальными стойками из деревянного двутавра, расположенными в шахматном порядке с четырьмя слоями минеральной ваты.

Ключевые слова: температура внутренней поверхности, температурное поле, тепловизионное обследование

RESEARCH AND WAYS TO IMPROVE FRAME-PANEL FENCCING STRUCTURES

Shalagin I.Y., Kurilenko N.I.

Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering, Tyumen, e-mail: igor-shalagin@mail.ru, kurilenkoni@mail.ru

This article is devoted to research the effectiveness of walling erected on the frame-panel technology. A survey of walling was found that the conditions for the external temperature of the coldest five-day week in Tyumen, the temperature on the inner surfaces in the locations uprights erected walling will not comply with sanitary standards for the maximum temperature difference between the inside air and the inner surface walls, which is not more than 4 °C. Based on the experimental data, it was decided on the basis of the modernization of fencing calculation of temperature fields of different designs and layout options uprights. Calculations of temperature fields showed that the most minimal temperature variations on the inner surface of the fence will have the structure with vertical uprights of wood I beam staggered with four layers of mineral wool.

Keywords: interior surface temperatures, temperature field, thermal imaging inspection

С древних времен древесина являлась одним из основных материалов при индивидуальном домостроении. Деревянные дома имеют ряд положительных свойств: экологичность, морозостойкость, долговечность, низкий коэффициент теплопроводности, шумоизоляция.

В настоящее время в нашей стране при строительстве индивидуальных жилых домов стали интенсивно применять каркасно-щитовую технологию домостроения. Данная технология обеспечивает значительную экономию на трудозатратах при изготовлении узлов и монтаже зданий, сокращение сроков строительства, снижение массы зданий, снижение расходов на перевозку конструкций.

Ограждающие конструкции при данном виде строительства перестали нести на себе нагрузку и, следовательно, стали менее массивными. В составе таких ограждений стали использоваться высокопористые материалы с меньшим коэффициентом теплопроводности. Для исследования эффективности применяемых ограждающих конструкций, возведенных по каркасно-щитовой технологии были проведены натурные исследования на одном из вновь возведенных индивидуальных жилых домов. Конструкция наружных стен обследуемого объекта представлена на рис. 1.

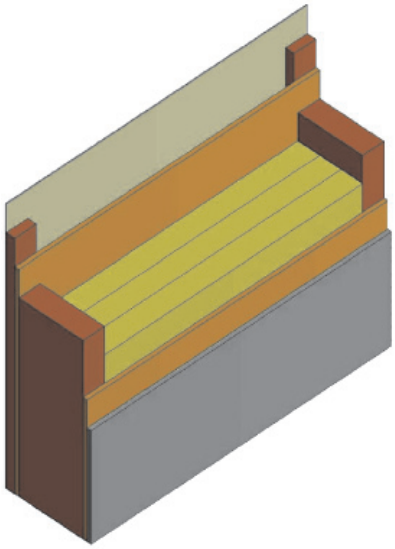


Рис. 1. Фрагмент конструкции стены

Деревянные стойки (сосна) сечением 50×150 мм расположены на расстоянии 600 мм друг от друга. Между вертикальными стойками располагаются горизонтальные деревянные бруски (сосна) сечением 50×150 мм. В пролет между стойками укладываются три слоя минеральной ваты плотностью 50 кг/м^3, толщиной 50 мм, с коэффициентом теплопроводности равным 0,039 Вт/(м·°С). Укладка производится в шахматном порядке для исключения сквозных швов. С внутренней стороны утеплитель закрывается пароизоляционным слоем марки «Изоспан В». Поверх пароизоляционного слоя к стойкам на саморезы крепятся листы из ориентированно-стружечной плиты (далее ОСП) толщиной 9,5 мм и коэффициентом теплопроводности 0,15 Вт/(м·°С). Внутренняя отделка выполнена гипсокартонными листами толщиной 12,5 мм, с коэффициентом теплопроводности 0,15 Вт/(м·°С). Швы между гипсокартонными листами заполнены шпатлевкой. С наружной стороны утеплитель закрывается ОСП-листами. На ОСП-листы укладывается ветрозащитная пленка марки «Изоспан А». Поверх ветрозащитной пленки в местах расположения вертикальных стоек крепятся вертикальные деревянные бруски (сосна) сечением 50×20 мм, к которым крепится виниловый сайдинг.

Для получения полей температур на внутренних поверхностях ограждающих конструкции было выполнено тепловизионное обследование в соответствии с [3]. Исследование было проведено в отопительный период, когда температура внутреннего воздуха составляла 22,3 °С, относительная влажность составляла 24,2 %. Температура наружного воздуха на момент обследования составляла минус 8,6 °С. На рис. 2 представлено температурное поле фрагмента стенового ограждения.

Как видно из рис. 2, в местах расположения вертикальных и горизонтальных брусков имеются зоны пониженных температур (до 18,7°С), что свидетельствует о сниженных теплозащитных свойствах смонтированного ограждения. Зоны пониженных температур в местах расположения деревянных брусков обусловлены тем, что материал брусков имеет непосредственный контакт с внутренней и наружной поверхностями ограждающей конструкции. Иными словами, деревянные бруски выполняют функции мостиков холода шириной 50 мм. Такой температурный режим ограждающих конструкций удовлетворяет требованиям табл. 5 [4] по условию максимального перепада (4°С) между температурой внутреннего воздуха (22,3°С) и внутренней поверхности стены (18,7°С). Следует отметить, что согласно [4] при расчете нормативного сопротивления теплопередаче принимается средняя температура наружного воздуха для периода со среднесуточной температурой не более 8°С, которая для условий г. Тюмени составляет минус 7,2°С.

Для сравнения фактических полей распределения температур был выполнен расчет данной конструкции в программе Elcut 6.1. При выполнении расчета, принимая во внимание тот факт, что натурное обследование было выполнено после небольшого промежутка времени после строительства здания, теплопроводность материала дерева была принята равной 0,457 Вт/(м·°С) при влажности материала дерева не более 30 % [5]. Расчетное температурное поле представлено на рис. 3.

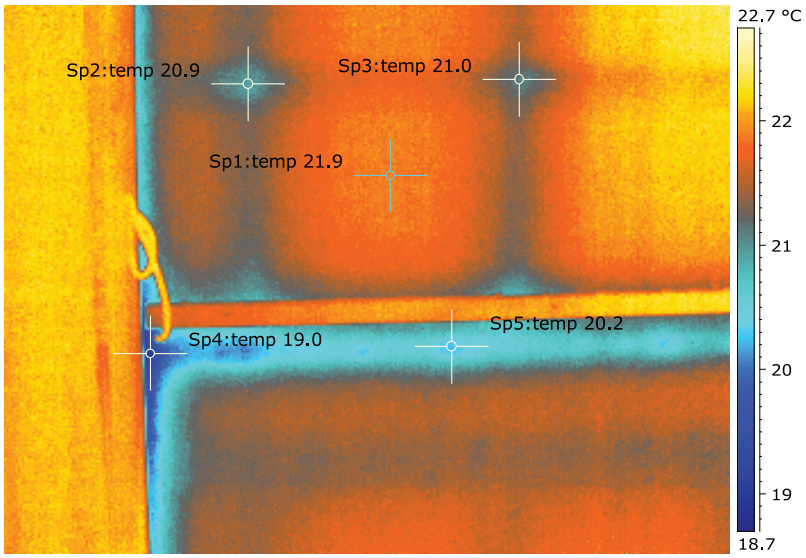


Рис. 2. Температурное поле внутренней поверхности стены

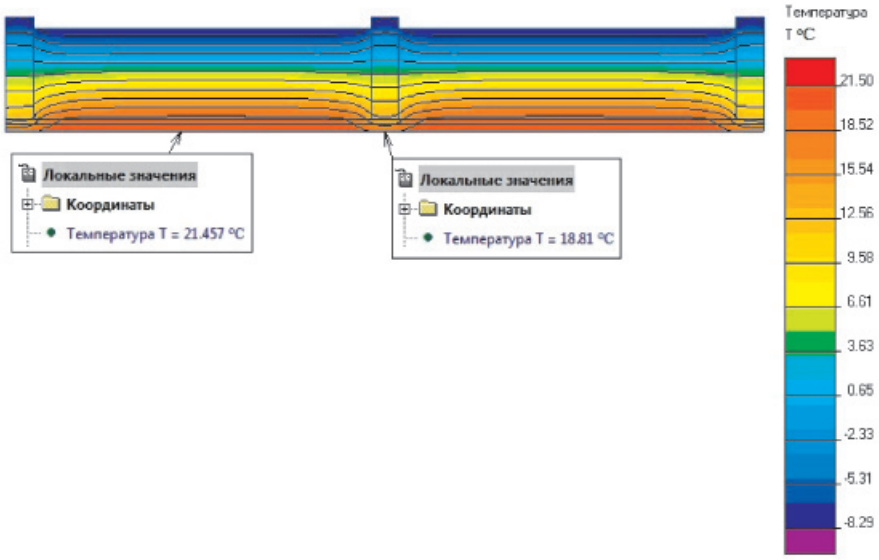


Рис. 3. Температурное поле по сечению стены

Сравнительный анализ рис. 2 и 3 показал высокую сходимость расчетных и экспериментальных значений. Значения расчетных температур на внутренней поверхности ограждения были получены при температуре наружного воздуха, равной минус 8,6 °С, и температуре внутреннего воздуха, равной 22,3 °С. При проверке ограждающих конструкций на соблюдение нормируемого температурного перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стены,следует обратить внимание на то, что перепад температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности стены, регламентированный [4], определяется при средней наружной температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92. Температура наиболее холодной пятидневки для г. Тюмени составляет минус 35 °С. В связи с этим был выполнен пересчет наиболее низкой температуры на внутренней поверхности ограждения в соответствии с формулой (2) прил. 7 [2] на расчетную наружную температуру минус 35 °С, внутреннюю 20 °С. Также был выполнен расчет распределения температур по сечению ограждающей конструкции. Расчетная температура внутренней поверхности, полученная по формуле (2) прил. 7 [2], составила 13,45 °С. Температурное поле ограждения при температуре наружного воздуха минус 35 °С представлено на рис. 4.

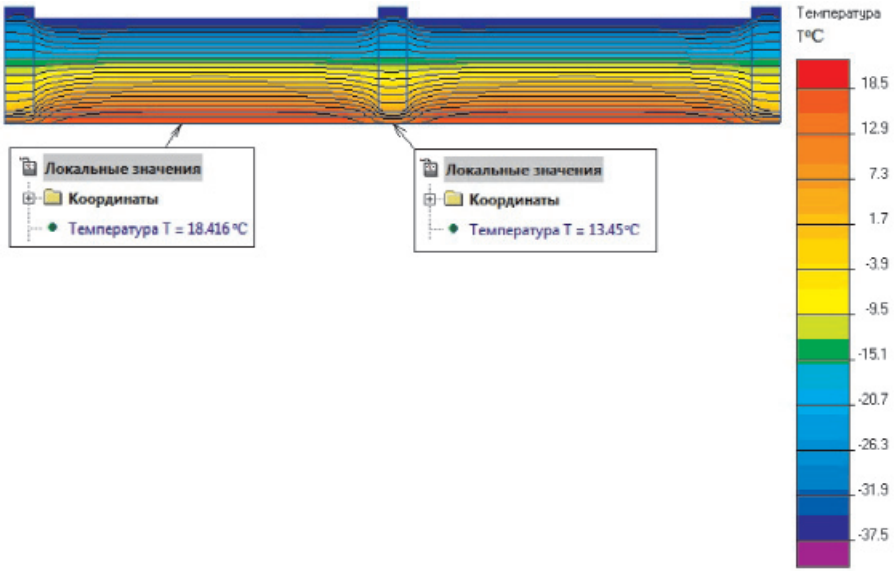


Рис. 4. Температурное поле по сечению стены

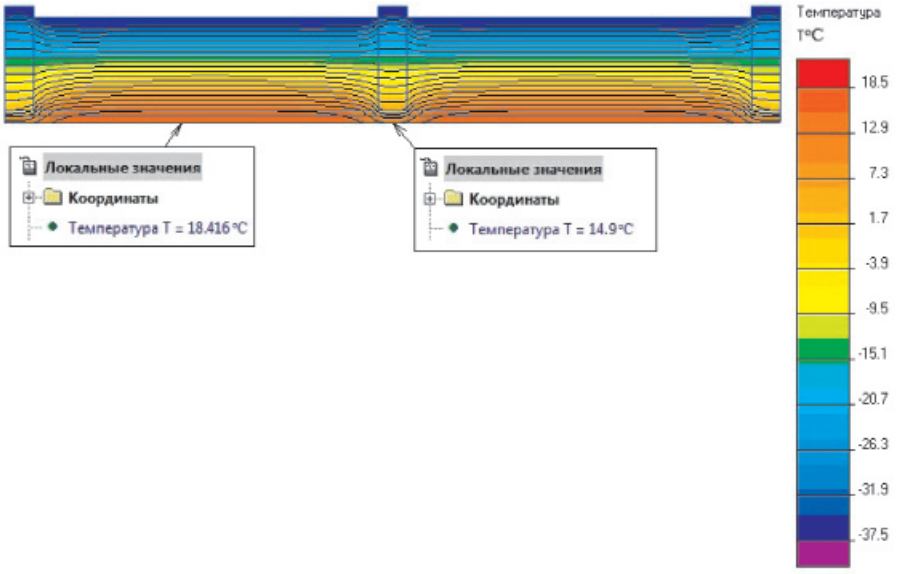


Рис. 5. Температурное поле по сечению стены

Как видно из рис. 4, значение температуры внутренней поверхности ограждения в зоне расположения вертикальной стойки и значение температуры, полученной по формуле (2) прил. 7 [2], в достаточной степени сходятся. Анализ температур внутренней поверхности, рассчитанных на условия температуры наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, показал, что температурный режим ограждений не будет удовлетворять нормативным значениям [4] ввиду превышающего перепада температур (7°С) внутреннего воздуха и внутренней поверхности стены. При дальнейшей эксплуатации здания, в результате высыхания материала древесины, объемная эксплуатационная влажность для условий г. Тюмени будет не более 12%. В соответствии с [5] при объемной влажности 12% и средней плотности материала (сосна обыкновенная) 600 кг/м^3 при отрицательных температурах теплопроводность составит 0,292 Вт/(м·°С). Расчетное поле температур при теплопроводности древесины 0,292 Вт/(м·°С) представлено на рис. 5.

В результате проведенных исследований было принято решение оптимизации конструкции таких ограждений. Результаты расчетов различных вариантов ограждений представлены в таблице и на рис. 6.

Как видно из графика, наиболее оптимальным ограждением с теплотехнической точки зрения является конструкция 8 (рис. 7), так как в данной конструкции наблюдается наиболее равномерное распределение температур по внутренней поверхности и соблюдение нормативного перепада температур внутреннего воздуха и внутренней поверхностью стены в соответствии с [4].

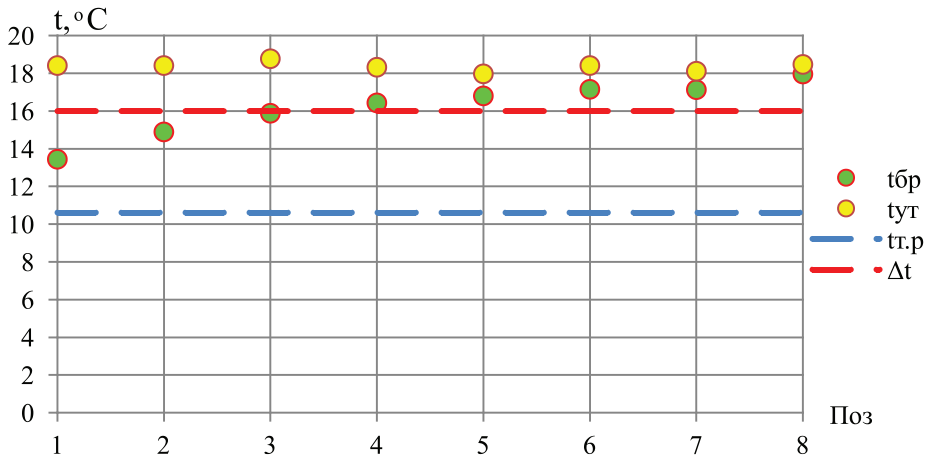
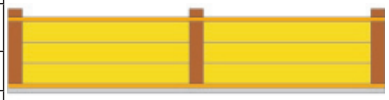
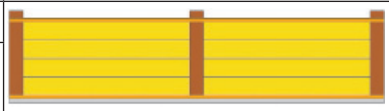
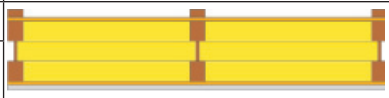
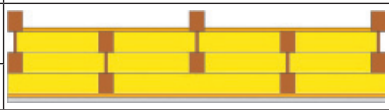
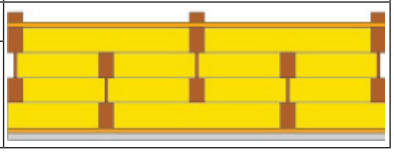


Рис. 6. График температур на поверхностях ограждений

Результаты расчета различных вариантов конструкций

№ п/п	Наименование		$t = -8{,}6$ °C	$t = -38$ °C	Конструкция ограждения
1	брусок 150×50 мм λ = 0,457 Вт/м·°С, 3 слоя утеплителя	$t_з^{бр}$, °С	18,81	13,45	
		$t_з^{ут}$, °С	21,46	18,42	
2	брусок 150×50 мм λ = 0,292 Вт/м·°С, 3 слоя утеплителя	$t_з^{бр}$, °С	19,58	14,9	
		$t_з^{ут}$, °С	21,46	18,42	
3	брусок 200×50 мм λ = 0,292 Вт/м·°С, 4 слоя утеплителя	$t_з^{бр}$, °С	20,1	15,89	
		$t_з^{ут}$, °С	21,65	18,78	
4	брусок 100×50 мм λ = 0,292 Вт/м·°С, 3 слоя утеплителя (шахматн.)	$t_з^{бр}$, °С	20,4	16,44	
		$t_з^{ут}$, °С	21,39	18,33	
5	брусок 150×50 мм λ = 0,292 Вт/м·°С, 4 слоя утеплителя (шахматн.)	$t_з^{бр}$, °С	20,6	16,81	
		$t_з^{ут}$, °С	21,22	17,98	
6	двутавр λ = 0,15 Вт/м·°С, 3 слоя утеплителя	$t_з^{бр}$, °С	20,79	17,16	
		$t_з^{ут}$, °С	21,46	18,42	
7	двутавр λ = 0,15 Вт/м·°С, 3 слоя утеплителя (шахматн.)	$t_з^{бр}$, °С	20,78	17,14	
		$t_з^{ут}$, °С	21,3	18,12	
8	Двутавр λ = 0,15 Вт/м·°С, 4 слоя утеплителя (шахматн.)	$t_з^{бр}$, °С	21,21	17,97	
		$t_з^{ут}$, °С	21,49	18,48	

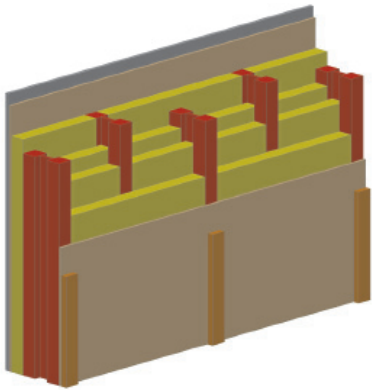


Рис. 7. Модернизированная ограждающая конструкция

Из всего вышеизложенного следует, что применяемая конструкция легких ограждений не удовлетворяет требованиям теплотехнических норм для условий г. Тюмени. Теплотехнический расчет таких ограждений необходимо выполнять в условиях наиболее экстремальных отрицательных температур.

Список литературы

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1982. – 415 с., ил.

2. ГОСТ 26254 – 84 Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. – Введ. 1985-01-01. – М.: Государственный комитет СССР по делам строительства. – М.: Изд-во стандартов, 1984 – 28 с.

3. ГОСТ Р 54852–2011 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. – Введ. 2011-12-15. – М.: Технический комитет по стандартизации ТК 465 Строительство. – М.: Стандартинформ, 2012. – 15 с.

4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. – Введ. 2012-06-30. – М.: Технический комитет по стандартизации ТК 465 Строительство. – М.: Минрегион России, 2012. – 95 с.

5. Франчук А.У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов. – М.: НИИ строительной физики, 1969 – 142 с.

References

1. Bogoslovskii V.N. Stroitenaya teplofizika (teplofizicheskie osnovy otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha): Uchebnik dlya vuzov. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Vyssh. shkola, 1982. 415 p., il.

2. GOST 26254 84 Zdaniya i sooruzheniya. Metody opredeleniya soprotivleniya teploperedache ograzhdayushchikh konstruktsiy. Vved. 1985-01-01. M.: Gosudarstvennyy komitet SSSR po delam stroitestva. M.: Izd-vo standartov, 1984 28 p.

3. GOST R 54852 2011 Zdaniya i sooruzheniya. Metod teplovizionnogo kontrolya kachestva teploizolyatsii ograzhdayushchikh konstruktsiy. Vved. 2011-12-15. M.: Tekhnicheskiy komitet po standartizatsii TK 465 Stroitestvo. M.: Standartinform, 2012. 15 p.

4. SP 50.13330.2012 Teplovaya zashchita zdaniy. Vved. 2012-06-30. M.: Tekhnicheskiy komitet po standartizatsii TK 465 Stroitestvo. M.: Minregion Rossii, 2012. 95 p.

5. Franchuk A.U. Tablitsy teplotekhnicheskikh pokazateley stroitenykh materialov, M.: NII stroitenoy fiziki, 1969 142 p.

УДК 342.8

РАЗРАБОТКА АНТИКРИЗИСНОЙ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ: МЕТОДОЛОГИЯ И ПРОБЛЕМЫ

Акчурина А.М., Ягудина А.Р., Васильев А.Ю.

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, Стерлитамак, e-mail: alsu-akchurina@rambler.ru

В статье рассматривается проблема разработки инвестиционной стратегии предприятия. В этой связи изучаются методология разработки инвестиционной стратегии, виды инвестиционных стратегий, оценка эффективности инвестиционных проектов. Авторы обосновывают положение о том, что одним из условий, определяющих актуальность разработки инвестиционной стратегии организации, является предстоящий этап ее жизненного цикла. Авторами был проведен анализ оборота нефтехимической промышленности по странам, анализ доли нефтехимической продукции в ВВП. Также была проанализирована возможность предприятия по строительству и вводу в производство новой установки. Приведено обоснование расчета затрат на новое производство. Антикризисная инвестиционная стратегия представляет собой систему управленческих воздействий, обеспечивающую предотвращение кризисного состояния и достижение стратегических целей развития предприятия в долгосрочной перспективе по оптимальному варианту на основе использования инвестиционных ресурсов. Далее авторами было проведено обоснование эффективности предложенного инвестиционного проекта.

Ключевые слова: антикризисная инвестиционная стратегия, жизненный цикл, инвестиционная среда, нефтехимическая промышленность, инвестиционный проект

DRAFT ANTI-CRISIS INVESTMENT STRATEGY COMPANIES: METHODOLOGY AND PROBLEMS

Akchurina A.M., Yagudina A.R., Vasilev A.Y.

Sterlitamak branch of the Bashkir State University, Sterlitamak, e-mail: alsu-akchurina@rambler.ru

In the article the problem of development of the investment strategy of the enterprise. In this regard, students learn the methodology for developing investment strategies types of investment strategies, assessment of efficiency of investment projects. The authors substantiate the position that one of the conditions that determine the relevance of developing an investment strategy, is the upcoming stage of the life cycle. The authors conducted an analysis of the petrochemical industry turnover by country, the analysis of the share of petrochemical products in the GDP. We also analyzed the ability of the enterprise construction and commissioning of the new installation. The substantiation of calculation of the cost of new production. Anti-crisis investment strategy is a system of management actions developed to prevent the crisis and achieving the strategic goals of enterprise development in the long term on the best option based on the use of investment resources. Next, the authors performed an evaluation of the effectiveness of the proposed investment project.

Keywords: anti-crisis investment strategy, life cycle, investment environment, petrochemicals, investment project

Антикризисная инвестиционная стратегия предприятия является частью системы экономической стратегии предприятия, которая представляет собой механизмы управленческих воздействий, обеспечивающих предотвращение кризиса и достижение стратегических целей развития предприятия в долгосрочном периоде по оптимальному варианту на основе использования инвестиционных ресурсов.

Главное отличие антикризисной инвестиционной стратегии от стратегии предприятий заключается в ограничении сроков окупаемости инвестиционных проектов рамками сроков проведения процедур восстановления платежеспособности. Актуальность разработки антикризисной инвестиционной стратегии организации определяется рядом условий.

Одним из таких условий является интенсивность изменений факторов внешней инвестиционной среды. Высокая динамика основных макроэкономических показателей, связанных с инвестиционной активностью организаций, частые колебания конъюнктуры инвестиционного рынка, темпы научно-технологического прогресса, непостоянство государственной инвестиционной политики и форм регулирования инвестиционной деятельности. В этих условиях отсутствие разработанной инвестиционной стратегии, адаптированной к возможным изменениям факторов внешней инвестиционной среды, может привести к тому, что инвестиционные решения отдельных структурных подразделений организации будут носить разнонаправленный характер, приводить к возникновению противоречий и снижению эффективности инвестиционной деятельности в целом.

Актуальность разработки инвестиционной стратегии предприятия определяет

предстоящий этап ее жизненного цикла. Каждой из стадий жизненного цикла организации присущи характерные ей уровень инвестиционной активности, особенности формирования инвестиционных ресурсов направления и формы инвестиционной деятельности. Разрабатываемая инвестиционная стратегия позволяет заблаговременно адаптировать инвестиционную деятельность организации к предстоящим изменениям возможностей ее экономического роста.

Среди отраслей промышленности одну из ведущих ролей играет нефтехимическая промышленность. Нефтехимическая промышленность в большинстве стран мира весьма выгодный бизнес, что обуславливает высокие темпы роста этой отрасли. К сожалению, российские нефтегазовые компании, за небольшим исключением, не прочувствовали важность и значимость создания нефтехимических секторов в своем составе [5].

На рис. 1 показан оборот нефтехимической промышленности по странам.

На рис. 2 показана доля нефтехимической продукции в ВВП.

За последние годы объемы производства многих видов нефтехимической продукции уменьшились, технический уровень снизился, стало угрожающим отставание не только от ведущих стран (США, Япония, западноевропейские страны), но и от развивающихся стран (Китай, Южная Корея, Бразилия, Саудовская Аравия и др.).

Учитывая мировые тенденции, а также руководствуясь целью повышения степени диверсификации, роста рентабельности и, главное, стремлением встать в один ряд с крупнейшими мировыми нефтегазовыми гигантами, ведущие российские нефтегазовые компании расширяют свои нефтехимические сектора. Более того, именно нефтегазовые компании имеют наибольшие шансы способствовать выходу из кризиса отечественной нефтехимической промышленности [5].

Рис. 1. Оборот нефтехимической промышленности по странам

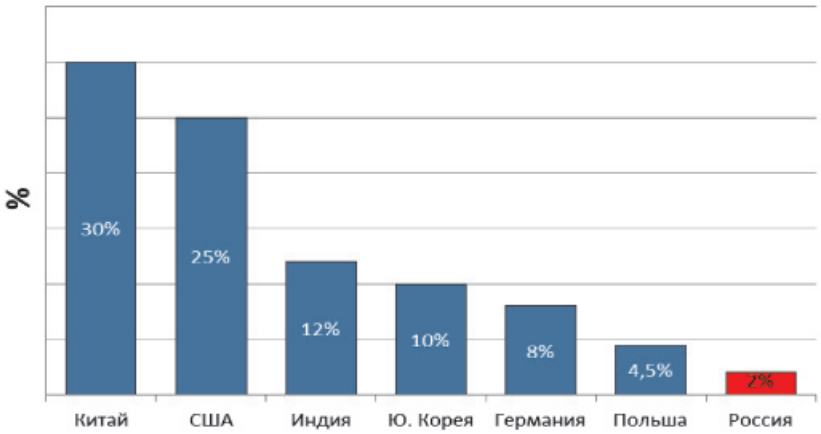


Рис. 2. Доля нефтехимической продукции в ВВП

Нефтехимия – одно из центральных направлений развития ОАО «Газпром нефтехим Салават». В соответствии со стратегией развития ОАО «Газпром нефтехим Салават» повышает эффективность нефтехимического производства за счёт расширения ассортимента выпускаемой продукции, увеличения объёмов производства, снижения затрат на выпуск продукции. Нефтехимическое производство представлено заводом «Мономер», включающим производство этилена-пропилена, производство пластмасс, а также производство спиртов и пластификаторов.

На рис. 3 приведена доля нефтехимии в выручке предприятия по основному виду деятельности (производство нефтепродуктов) за последние три года.

Базовым производством нефтехимии завода «Мономер» ОАО «Газпром нефтехим Салават» является построенное в 1984 г. производство ЭП-300, предназначенное для получения этилена полимерного качества, а также пропилена. Большая часть оборудования уже изношена. Текущие операционные затраты на пиролиз превышают мировые практики в 2,5 раза. В планах перспективного развития компании – наращивание мощности пиролизного производства. Часть оборудования (20–30%) в процессе поэтапной замены в рамках проекта модернизации производства и увеличения производительности. Однако следует учитывать, что максимальный срок эксплуатации данного производства после модернизации составит 20–25 лет.

Ввиду большой разницы в операционных затратах существующего пиролиза ОАО «Газпром нефтехим Салават» и мировой практики эксплуатации подобных установок существует риск, что даже после модернизации производства продукция ЭП-380 будет неконкурентоспособной на внутреннем и внешних рынках. По этим причинам научный и кадровый потенциал Республики Башкортостан, при поддержке Правительства Республики Башкортостан и ОАО «Газпром» в городе Салавате, на базе ОАО «Газпром нефтехим Салават» создается «Всероссийский центр газовой химии». Этот колоссальный проект вошел в перечень приоритетных инвестиционных проектов в Приволжском федеральном округе, утвержденный Председателем Правительства РФ В.В. Путиным 14 февраля 2011 г.

Всероссийский центр газовой химии подразумевает развитие Салаватско-Стерлитамакского промышленного узла предприятий нефтехимии с учетом расширения мощности по производству этилена/пропилена.

Новая установка пиролиза (ЭП) станет основой Всероссийского центра газовой химии. Все строящиеся производственные объекты будут максимально ассимилированы с существующими производственными и инфраструктурными объектами, а также с действующими объектами общезаводского хозяйства и будут размещены в промышленной санитарно-защитной зоне ОАО «Газпром нефтехим Салават».

Реализация данного проекта позволит: усилить позиции нефтехимического кластера ПФО; производить конкурентоспособную нефтехимическую продукцию с более высокой добавленной стоимостью; заменить морально и физически устаревшие производства на новые современные высокоэффективные и конкурентоспособные; выйти на новые экспортные и федеральные рынки с новым ассортиментом конкурентоспособной продукции; обеспечить создание новых рабочих мест (около 2000 новых рабочих мест); обеспечить рост поступлений в бюджеты всех уровней и во внебюджетные фонды.

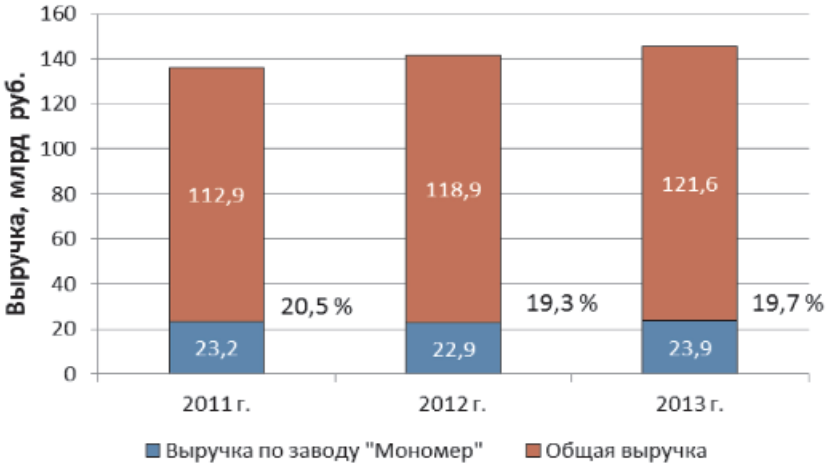


Рис. 3. Доля нефтехимии в общей выручке предприятия

Строительство новой установки пиролиза (ЭП) преследует следующие цели: увеличение доли мощностей нефтехимии на российском рынке с 2 до 13 %; конкурирование на глобальных рынках за счет высокого качества продукции, низких затрат и низких расходных коэффициентов; рост бизнеса нефтехимии до 50 % в общей EBITDA компании за счет производства рентабельных продуктов на собственном производстве и с партнерами во Всероссийском центре газовой химии.

Строительство нового пиролиза ЭП-1000 позволит увеличить долю в производстве пластиков в РФ с 2 до 13 % к 2020 г. (рис. 4).

На рис. 5 показаны затраты на производство 1 тонны полиэтилена низкого давления (ПНД) по регионам к 2020 г.

Подводя итоги, можно сделать вывод о том, что новый пиролиз в России будет эффективнее существующих нефтехимических мощностей в РФ, азиатских и европейских производителей.

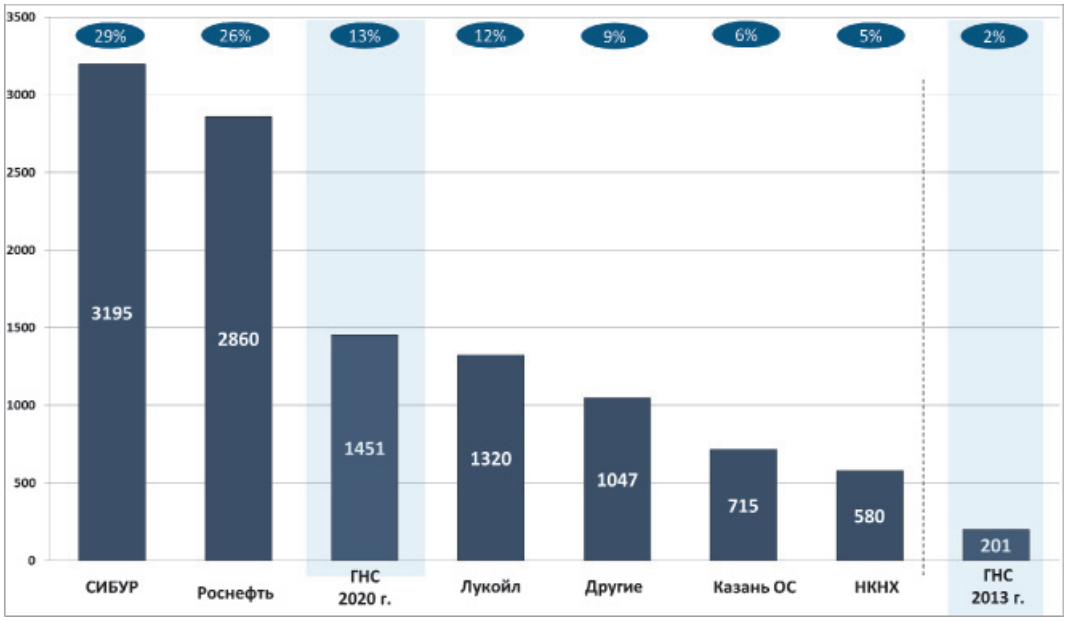


Рис. 4. Производство пластиков к 2020 г. (тыс. т)

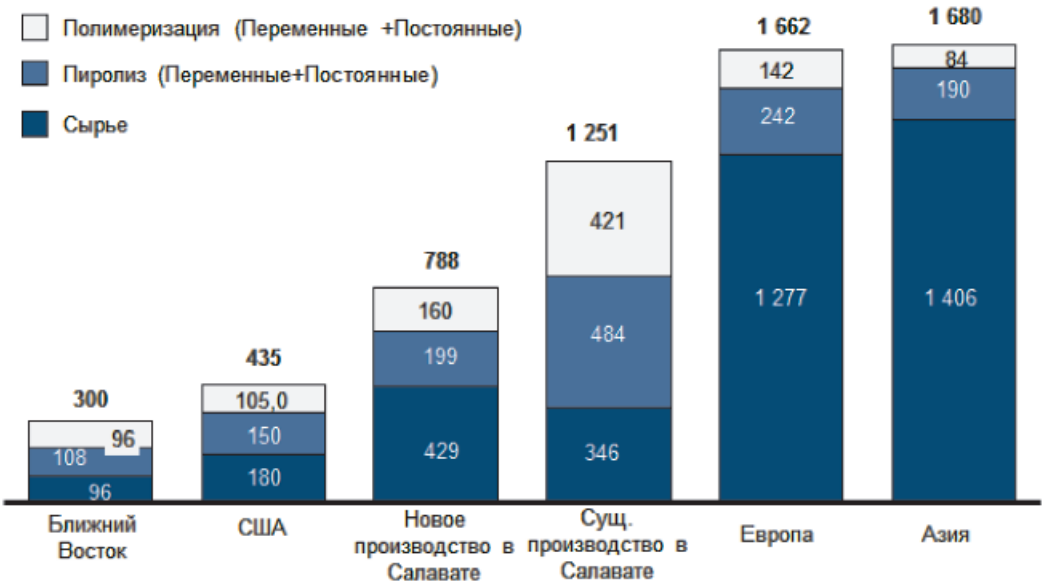


Рис. 5. Затраты на производство 1 т ПНД по регионам, 2020 г. (долл. США за тонну ПНД без НДС)

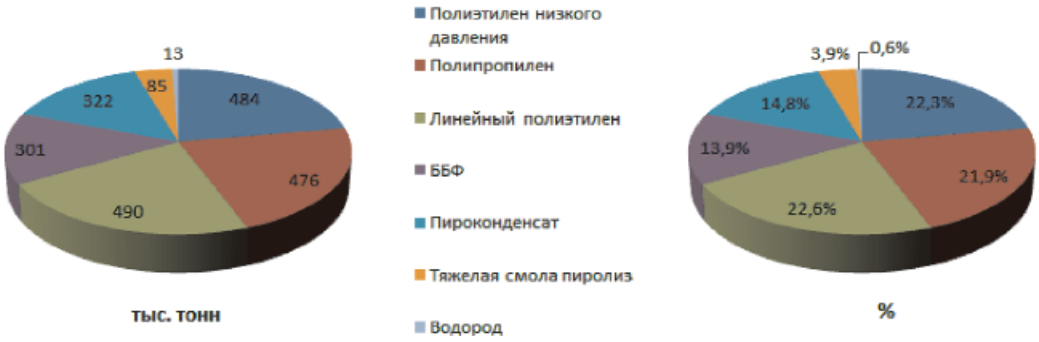


Рис. 6. Корзина нефтехимической продукции комплекса ЭП-1000

Объем производства и объем реализации продукции являются взаимозависимыми показателями. В условиях ограниченных производственных возможностей и неограниченного спроса на первое место выходит объем производства продукции, по мере насыщения рынка и усиления конкуренции не производство определяет объем продаж, а наоборот, возможный объем продаж является основой разработки производственной программы. Предприятие должно производить только те товары и в таком объеме, которые оно может реально реализовать [2].

Основные продукты установки ЭП-1000 показаны на рис. 6.

Мощности российских игроков к 2018 г. превысят внутренний спрос, большая часть продукции будет направляться на экспорт. К 2020 году профицит полимеров на рынке РФ может составить 3 млн т при совокупном дефиците на рынке Европы и Азии 20 млн т.

Рост потребления будет происходить за счет сегментов: упаковка, трубы, тара (бутылки).

Ниши для ОАО «Газпром нефтехим Салават»: темпы роста спроса превышают темпы роста предложения в Азии и на европейском рынке; наиболее предпочтительным является европейский рынок с учетом более удобной логистики; с меньшей маржей полиэтилена низкого давления (ПНД) может быть реализован на азиатском рынке.

Основными конкурентами ОАО «Газпром» в РФ, в планы развития которых также входит строительство комплекса пиролиза, являются ОАО «Нижнекамскнефтехим», ОАО «СИБУР Холдинг» и ОАО НК «Роснефть».

Таким образом у ОАО «Газпром нефтехим Салават» имеются все возможности для пуска «ЭП-1000» раньше конкурентов. Общий объем капитальных затрат на строительство нефтехимического комплекса ЭП-1000 составляет 130,4 млрд руб. с НДС.

Срок окупаемости проекта составляет 7 лет. Эффективность реализации проекта ЭП-1000 представлена на рис. 7.

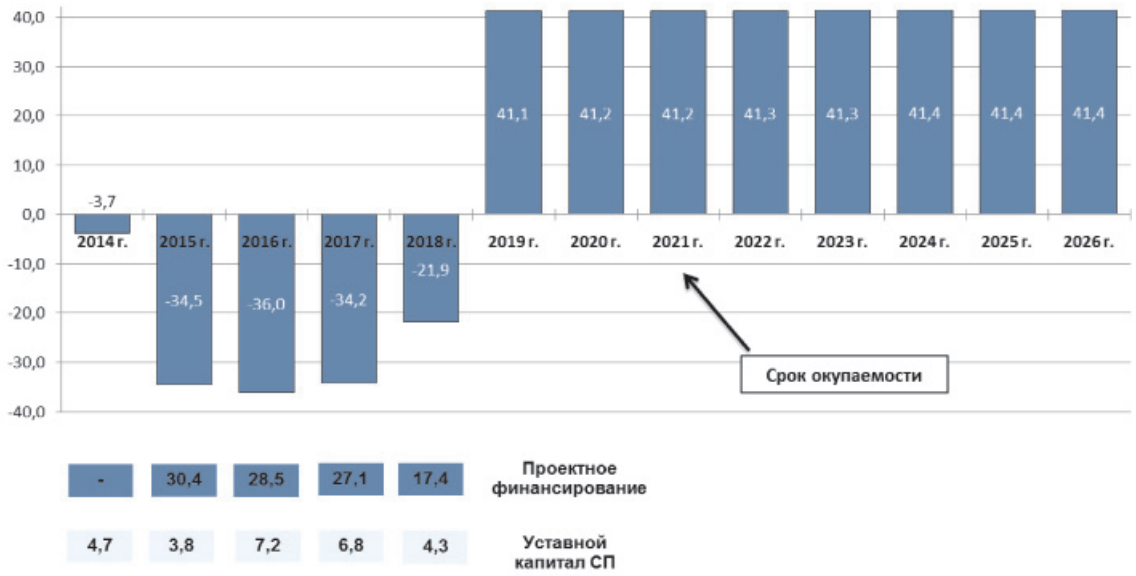


Рис. 7. Денежный поток проекта ЭП-1000

Антикризисная инвестиционная стратегия является частью системы экономической стратегии предприятия. Антикризисная инвестиционная стратегия представляет собой систему управленческих воздействий, обеспечивающую предотвращение кризисного состояния и достижение стратегических целей развития предприятия в долгосрочной перспективе по оптимальному варианту на основе использования инвестиционных ресурсов.

Инвестиционная стратегия как составная часть стратегического планирования направлена на преодоление инвестиционного спада в период кризиса и депрессии, структурную перестройку производства и создание условий для финансовой устойчивости предприятий в долгосрочном периоде.

Рентабельность строительства комплекса ЭП-1000 обосновывается следующими факторами: установка будет полностью обеспечена сырьем за счет гарантированных поставок ШФЛУ, использования собственной нафты и роста добычи этана; маркетинговый план реализации нефтехимической продукции показывает положительные результаты; предприятие имеет все возможности для пуска ЭП-1000 раньше конкурентов; определена схема финансирования проекта.

Список литературы

1. Брагинский О.Б. Мировая нефтехимическая промышленность. – М.: Наука, 2009. – 135 с.

2. Брагинский О.Б., Бабалов А.Э. Нефтехимические сектора крупнейших нефтегазовых компаний // Нефть, газ и бизнес. – 2006. – № 5. – С. 7.

3. Закон Республики Башкортостан «Об инвестиционной деятельности в Республике Башкортостан, осуществляемой в форме капитальных вложений» (с изменениями и дополнениями) № 339-з от 24 декабря 2010 г.

4. Захаров К. В. Методические основы формирования антикризисной инвестиционной стратегии предприятий трубопроводного транспорта // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. – 2008. – № 55. – С. 127–130.

5. Нефтяная и нефтеперерабатывающая промышленность России 2010-2015 гг. Инвестиционные проекты и описание компаний – Москва: Информационное агентство INFOline, 2011. – 633 с.

References

1. Braginskij O.B. Mirovaja neftehimicheskaja promyshlennost. M.: Nauka, 2009. 135 p.

2. Braginskij O.B., Babalov A.Je. Neftehimicheskie sektora krupnejshih neftegazovyh kompanij // Neft, gaz i biznes. 2006. no. 5. pp. 7.

3. Zakon Respubliki Bashkortostan «Ob investicionnoj dejatelnosti v Respublike Bashkortostan, osushhestvljaemoj v forme kapitalnyh vlozhenij» (s izmenenijami i dopolnenijami) no. 339-z ot 24 dekabrja 2010 g.

4. Zaharov K. V. Metodicheskie osnovy formirovanija antikrizisnoj investicionnoj strategii predprijatij truboprovodnogo transporta // Izvestija RGPU im. A.I. Gercena. 2008. no. 55. pp. 127–130.

5. Neftjanaja i neftepererabatyvajushhaja promyshlennost Rossii 2010-2015 gg. Investicionnye proekty i opisanie kompanij Moskva: Informacionnoe agentstvo INFOline, 2011. 633 p.

УДК 336.2

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ НАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ РФ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРАКТИКИ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ В США

[1]Алиев Б.Х., [2]Султанов Г.С., [1]Магомедов А.М.

[1]ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный университет», Махачкала, e-mail: fef2004@yandex.ru;

[2]ГАОУ ВПО «Дагестанский государственный университет народного хозяйства», Махачкала, e-mail: sirius2001@mail.ru

Современная налоговая система должна быть эффективной, справедливой и доступной для понимания. Между тем в последние десятилетия как в России, так и в развитых странах появились и получили развитие тенденции усложнения налогового законодательства, применения малоэффективных и затратных мер налогового администрирования и контроля. В результате на рядовых налогоплательщиков и на производительный сектор экономики в целом не стало возлагаться неоправданно высокое налоговое бремя, в то время как пользующиеся услугами высококвалифицированных консультантов и искушенные в финансовых технологиях представители сферы биржевой торговли, финансово-банковского сектора, крупномасштабных международных валютных и кредитно-финансовых операций криминального бизнеса практически пользуются режимом налогового иммунитета. На сегодняшний день вопрос создания эффективной модели налогового менеджмента в государстве имеет первостепенное значение. В статье рассматриваются актуальные вопросы современной системы налогообложения в России и пути ее совершенствования с применением зарубежного опыта и перспективы ее развития.

Ключевые слова: современная налоговая система, налоговое администрирование и контроль, налоговая реформа, налоговое бремя, налоговый иммунитет, льготы, ставка, отсрочка, пути совершенствования

PROSPECTS OF IMPROVEMENT OF TAX RUSSIAN FEDERATION SYSTEM WITH USE OF PRACTICE OF THE TAXATION IN THE USA

[1]Aliev B.K., [2]Sultanov G.S., [1]Magomedov A.M.

[1]Dagestan State University, Makhachkala, e-mail: fef2004@yandex.ru;

[2]Dagestan State University of a National Economy, Makhachkala, e-mail: sirius2001@mail.ru

The modern tax system has to be effective, fair and available to understanding. Meanwhile in the last decades both in Russia and in the developed countries appeared and tendencies of complication of the tax law, application of ineffective and expensive measures of tax administration and control gained development. As a result unfairly high tax burden while the representatives of the sphere of exchange trade using services of highly skilled consultants and tempted in financial technologies, financially – the banking sector, large-scale international currency and credit and financial transactions of criminal business practically use the mode of tax immunity began to be assigned to ordinary taxpayers and to productive sector of economy in the whole N. Today the question of creation of effective model of tax management in the state has paramount value. In article topical issues of modern system of the taxation in Russia and a way of its improvement with application of foreign experience and prospect of its development are considered.

Keywords: modern tax system, tax administration and control, tax reform, tax burden, tax immunity, privileges, rate, delay, ways of improvement

В настоящее время в РФ близится к завершению масштабная налоговая реформа. В ее рамках практически завершена кодификация налогового законодательства. Налоговая система в целом упрощена, ставки основных налогов снижены, отменены индивидуальные налоговые льготы, зачеты и отсрочки, специальные соглашения с налогоплательщиками остались в прошлом.

В числе наиболее значимых решений – введение единой ставки налога на доходы физических лиц в размере 13%, отмена налога на наследование. Ставка налога на прибыль была снижена с 35 до 20% при одновременном включении в учитываемые в целях налогообложения затраты на производство товаров (работ, услуг) практически всех экономически обоснованных расходов налогоплательщиков. Многочисленные же льготы по налогу на прибыль были отменены.

С введением налога на добычу полезных ископаемых отменены регулярные платежи за пользование недрами (за добычу полезных ископаемых), отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы, акциз на нефть. Вместо дифференцированной ставки налога, которая устанавливалась органами исполнительной власти, налогоплательщики уплачивают налог на добычу полезных ископаемых по единой ставке. Единая ставка налога позволяет с большой долей вероятности прогнозировать налоговую нагрузку при добыче полезных ископаемых.

Принято решение о дифференциации налога на добычу полезных ископаемых, что создает более благоприятные налоговые условия для добычи нефти на выработанных месторождениях и в труднодоступных районах. Введены специальные налоговые режимы для малого бизнеса и сельскохозяйственных товаропроизводителей, упорядочено взимание акцизов и государственной пошлины.

Приняты решения о применении преференциальных систем налогообложения в особых экономических зонах и при осуществлении деятельности в сфере информационных технологий, а также в рамках Российского международного реестра судов.

В результате принятых мер по совершенствованию налоговой системы сократились масштабы уклонения от уплаты налогов и пошлин, возросли налоговые поступления в бюджеты всех уровней, повысилась конкурентоспособность российской экономики и ее инвестиционная привлекательность.

С 2004 г. была снижена основная ставка НДС с 20 до 18 % при сохранении пониженной ставки (10 %) по социально значимым товарам и услугам, что обеспечивает снижение налогового бремени на сумму около 97 млрд руб., в том числе выигрыш на сырьевых отраслях составит 56 млрд руб., что способствует выравниванию налоговой нагрузки между отраслями экономики.

С 1 января 2008 г. введена система регистрации налогоплательщиков НДС. Создана система обязательной регистрации, в рамках которой лицам присваиваются отдельные идентификационные номера налогоплательщиков НДС, в обязательном порядке указываемые на счете-фактуре. При этом реестр плательщиков НДС будет открыт и размещен в сети Интернет. Налоговый период по НДС с 1 января 2008 г. установлен как квартал для всех налогоплательщиков.

С 1 января 2008 г. освобождены от налогообложения по налогу на прибыль организаций дивиденды, получаемые при стратегическом участии в российских или иностранных компаниях. В качестве критериев стратегического участия предлагается установить долю участия в капитале компании не менее 50 % и не менее 500 млн руб. Ставка налога на дивиденды, выплачиваемые физическим лицам, не являющимся налоговыми резидентами РФ, снижена с 30 до 15 %.

Вышеуказанные изменения свидетельствуют о воплощении на практике принципов реформирования налоговой системы. Снижение налогового бремени должно сопровождаться мерами, позволяющими увеличить фактическую собираемость налогов и перекрыть имеющиеся в законодательстве каналы ухода от налогообложения. Большое значение имеет укрепление системы налогового администрирования при безусловном соблюдении прав и законных интересов налогоплательщика.

Основные направления налоговой политики Российской Федерации на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов подготовлены с целью составления проекта федерального бюджета на очередной финансовый год и двухлетний плановый период. Материалы Основных направлений налоговой политики необходимо учитывать как при планировании федерального бюджета, так и при подготовке проектов бюджетов субъектов Российской Федерации и бюджетов муниципальных образований. Основные направления налоговой политики не являются нормативным правовым актом, однако этот документ представляет собой основание для подготовки федеральными органами исполнительной власти проектов изменений в законодательство о налогах и сборах и внесения их в правительство Российской Федерации. Помимо решения задач в области бюджетного планирования, Основные направления налоговой политики позволяют экономическим агентам определить свои бизнес-ориентиры с учетом планируемых изменений в налоговой сфере на трехлетний период, что предопределяет стабильность и определенность условий ведения экономической деятельности на территории Российской Федерации.

Приоритетом правительства Российской Федерации в области налоговой политики в средне- и долгосрочной перспективе является дальнейшее повышение эффективности налоговой системы. При этом правительство Российской Федерации не планирует повышения налоговой нагрузки на экономику в среднесрочной перспективе путем повышения ставок основных налогов.

Кроме того, налоговая политика Российской Федерации должна отвечать глобальным вызовам, связанным с возможностями международного структурирования бизнеса, направленного на размывание налоговой базы и вывода прибыли из-под налогообложения.

Основными целями налоговой политики являются, с одной стороны, сохранение бюджетной устойчивости, получение необходимого объема бюджетных доходов, а с другой стороны, поддержка предпринимательской и инвестиционной активности,

обеспечивающей налоговую конкурентоспособность страны на мировой арене. При этом любые нововведения, даже направленные на предотвращение уклонения от уплаты налогов, не должны приводить к нарушению конституционных прав граждан, ухудшать сложившийся к настоящему времени баланс прав налогоплательщиков и налоговых органов, негативно влиять на конкурентоспособность российской налоговой системы.

Планируется совершенствовать подходы к проведению налоговых проверок, повысить уровень информационного обеспечения и автоматизации налоговых органов, обеспечить информационное взаимодействие между налоговыми, таможенными, правоохранительными и иными органами, совершенствовать систему государственной регистрации юридических лиц.

В среднесрочной перспективе предполагается завершить работу по переходу к использованию современных методов налогообложения недвижимости физических лиц в Российской Федерации. В перспективе доходы от налогообложения недвижимого имущества физических лиц должны составлять основной источник собственных доходов местных бюджетов и основу фискальной автономии муниципальных властей.

Введение налога на недвижимость должно стать основным этапом в реформировании системы поимущественного налогообложения в Российской Федерации, так как это позволит не только сократить количество поимущественных налогов с физических лиц, но и установить для определения налоговой базы единые подходы, основанные на оценке рыночной стоимости соответствующих объектов недвижимости.

Будет проведена индексация акцизов на табачные изделия и алкогольную продукцию, а также акцизов на нефтепродукты. Предлагается продолжить индексацию ставок акцизов в 2016 г. [15]

С 1.01.2012 г. существенно увеличены налоговые вычеты по НДФЛ на детей. Так, налоговый вычет на детей с 1.01.2012 г. за каждый месяц налогового периода распространяется на родителя, супруга (супругу) родителя, опекуна, попечителя, приемного родителя, супруга (супругу) приемного родителя, на обеспечении которых находится ребенок. В налоговое законодательство введено понятие *индексируемой налоговой единицы*.

Важнейший инструмент государства в условиях глобализации – налоговая политика на долгосрочную перспективу. Так как назрела острая необходимость в формировании российской налоговой политики до 2020 г. Именно долгосрочная налоговая политика призвана обеспечить высокие темпы экономического роста, инновационный характер производства, содействовать созданию условий для повышения материального уровня и качества жизни, вхождению страны в сферу международных экономических отношений на равноправной основе [17].

В современных условиях достаточно часто обсуждаются вопросы о взаимодействии различных ведомств в налоговой сфере, об устранении бюрократических задержек при возврате налога на добавленную стоимость, при перерасчете и зачете налоговых обязательств налогоплательщика по разным видам налогов и т.д. Но все проблемы автоматически будут решаться, если налогоплательщики будут иметь дело с одним налоговым ведомством, с одним банковским счетом налогового ведомства для приема любых налоговых платежей и если у налогоплательщика будет возможность в авансовом порядке «заводить» средства на свой лицевой счет в этом ведомстве [16].

В целях наиболее эффективного предоставления отдельных муниципальных услуг населению следует более четко разграничить расходные обязательства в сферах, отнесенных к ведению как муниципальных районов, так и поселений, что позволит устранить возможность дублирования функций указанных муниципальных образований. К таким функциям относятся: обеспечение досуга и массового отдыха населения, организация библиотечного обслуживания и др. Большое влияние НДФЛ оказывает на оживление предпринимательской активности. Порядок взимания налога на доходы физических лиц чрезвычайно важен для физических лиц, уплачивающих этот налог. Вместе с тем действующий порядок исчисления и уплаты налога на доходы физических лиц имеет существенные недостатки и несправедлив для основной массы плательщиков.

Безусловно, предусмотренные законом стандартные вычеты, а также вычеты на детей и иждивенцев являются достоинством механизма взимания налога. По нашему мнению, вычеты из дохода должны быть увязаны с величиной прожиточного минимума. Целесообразнее вычитать из дохода именно суммы прожиточного минимума. Хотя было бы правильнее поднять минимальную оплату труда до величины прожиточного минимума. Так, к примеру, необлагаемый минимум в США составляет 2 тыс. долл. В России до 2012 г. данный вычет составлял всего лишь 400 руб.,

а с 2012 года вовсе отменен. Это представляется крайне несправедливым. Величина прожиточного минимума должна быть свободна от налога на доходы физических лиц. Зарубежный опыт свидетельствует о том, что в странах с рыночной экономикой эти суммы налогом не облагаются.

Кроме того, в РФ в отличие от США и других развитых зарубежных стран не применяется прогрессивная шкала налогообложения доходов физических лиц. Мировой опыт свидетельствует, что прогрессивная шкала налогообложения доходов физических лиц является наиболее справедливой с точки зрения учета интересов налогоплательщиков в процессе налогообложения. В современных условиях в РФ назрела необходимость возврата к прогрессивной шкале налогообложения.

В современной России, в отличие от США, не применяется налогообложение доходов семьи и не обсуждается возможность его введения. Хотя эта форма обложения доходов может быть удобной как для российских семей, так и для налоговых органов.

Во-первых, налогообложение доходов семьи расширит возможности россиян по использованию льготы, предоставляемой при строительстве или приобретении жилья.

На практике часты случаи, когда за счет бюджета всей семьи приобретается или строится жилье, оформленное на одного члена семьи, доход которого не позволяет воспользоваться льготой в полном объеме. Другие члены семьи право на льготу не имеют. В этом случае целесообразно из совокупного дохода семьи вычитать льготу, а оставшуюся сумму дохода облагать налогом. Такой порядок не только справедлив и удобен для граждан, но и позволяет полнее воспользоваться льготой, направленной на помощь гражданам в обеспечении их жильем.

Во-вторых, при обложении доходов семьи упрощается процедура уплаты налога. Вместо нескольких деклараций подается одна семейная декларация и производится расчет подоходного налога.

В-третьих, подача семейных деклараций сокращает объем работы налоговых органов, уменьшается число представленных деклараций, упрощается контроль за объявленными доходами и исчисленными суммами налога.

Для России в ее трудные времена важно найти с точки зрения оптимального использования регулирующей функции налогов баланс между задачами по обеспечению социально незащищенных слоев населения и потребностью способствовать подъему экономики.

В США действует уже сложившаяся рыночная экономика с прочными демократическими традициями, а в России только начинается процесс ее формирования, и пока нет ее важнейшей основы – многочисленного среднего класса. В России пока отсутствуют условия, которые на протяжении многих лет определяют развитие системы налогообложения в западных странах. Среди этих условий можно выделить, например, следующие:

– высокий уровень налоговой культуры граждан Америки;

– доходы большинства россиян значительно ниже, чем в США;

– разумные и соответствующие социально-экономическим условиям налоговые ставки.

В опыте функционирования налоговой системы США есть немало ценного. Но при его использовании необходимо принимать во внимание объективные условия, в которых развивается налоговая система России.

Список литературы

1. Алиев Б.Х., Абакаров М.И. Эффективность сферы услуг трудоизбыточного региона в условиях финансового кризиса // Финансы и кредит. – 2010. – № 5 (389). – С. 45–50.

2. Алиев Б.Х., Махдиева Ю.М. Совершенствование законодательного регулирования сельскохозяйственного страхования: региональные аспекты // Региональная экономика: теория и практика. – 2009. – № 12. – С. 63–66.

3. Алиев Б.Х., Сулейманов М.М. Эволюция налогового федерализма в России // Финансы и кредит. – 2010. – № 33 (417). – С. 26–31.

4. Алиев Б.Х., Алиев М.Б., Сулейманов М.М. Приоритетные направления развития налогового потенциала территорий в условиях циклического развития экономики // Региональная экономика: теория и практика. – 2011. – № 12. – С. 2–7.

5. Алиев Б.Х., Алимирзоева М.Г. Социально-экономические параметры российских регионов и перспективы перехода к устойчивому развитию // Региональная экономика: теория и практика. – 2011. – № 25. – С. 41–45.

6. Алиев Б.Х., Мусаева Х.М., Алиев Х.Б. О проблемах и перспективах введения налога на недвижимость в Российской Федерации // Финансы и кредит. – 2012. – № 34 (514). – С. 17–24.

7. Алиев Б.Х., Мусаева Х.М., Сулейманов М.М. О налоговом регулировании доходов субъектов федерации // Финансы. – 2010. – № 11. – С. 32–38.

8. Алиев Б.Х., Сулейманов М.М. Региональная налоговая политика в детерминантах процессов децентрализации // Экономический анализ: теория и практика. – 2013. – № 40 (343). – С. 47–52.

9. Алиев Б.Х., Сулейманов М.М., Гасанов Ш.А. Бюджеты территорий в условиях кризиса // Финансы и кредит. – 2011. – № 6 (438). – С. 10–14.

10. Алиев Б.Х., Сулейманов М.М., Джамалова П.И. Формирование концепции налогового федерализма в России // Финансы и кредит. – 2011. – № 16 (448). – С. 7–12.

11. Волобуев В. Бюджетная политика США в 90-00 годы // Мировая экономика и международные отношения. – 2010. – № 12. – С. 102.

12. Налоговая реформа РФ: альтернативы поступательному движению вперед нет // Финансы. – 2014. – № 4 – С. 3–5.

13. Налоговый кодекс РФ. – М.: Проспект, 2015.

14. Основные направления налоговой политики на 2015 и на плановый период 2016–2017 гг.// www.minfin.ru.

15. Основные направления налоговой политики Российской Федерации на 2015 и на плановой период 2016–2017 гг.

16. Пансков В.Г., Соколов М.М. Об активном использовании амортизации в налоговой политике // Финансы. – 2014. – № 8 – С. 30.

17. Тюпакова Н.Н. Методологические аспекты налогообложения факторов производства // Финансы. – 2013. – № 3. – С. 37–40.

References

1. Aliev B.X., Abakarov M.I. Jeffektivnost sfery uslug trudoizbytochnogo regiona v uslovijah finansovogo krizisa // Finansy i kredit. 2010. no. 5 (389). pp. 45–50.

2. Aliev B.X., Mahdieva Ju.M. Sovershenstvovanie zakonodatelnogo regulirovanija selskohozjajstvennogo strahovanija: regionalnye aspekty // Regionalnaja jekonomika: teorija i praktika. 2009. no. 12. pp. 63–66.

3. Aliev B.X., Sulejmanov M.M. Jevoljucija nalogovogo federalizma v Rossii // Finansy i kredit. 2010. no. 33 (417). pp. 26–31.

4. Aliev B.H., Aliev M.B., Sulejmanov M.M. Prioritetnye napravlenija razvitija nalogovogo potenciala territorij v uslovijah ciklicheskogo razvitija jekonomiki // Regionalnaja jekonomika: teorija i praktika. 2011. no. 12. pp. 2–7.

5. Aliev B.H., Alimirzoeva M.G. Socialno-jekonomicheskie parametry rossijskih regionov i perspektivy perehoda k ustojchivomu razvitiju // Regionalnaja jekonomika: teorija i praktika. 2011. no. 25. pp. 41–45.

6. Aliev B.H., Musaeva H.M., Aliev H.B. O problemah i perspektivah vvedenija naloga na nedvizhimost v Rossijskoj Federacii // Finansy i kredit. 2012. no. 34 (514). pp. 17–24.

7. Aliev B.H., Musaeva H.M., Sulejmanov M.M. O nalogovom regulirovanii dohodov sub#ektov federacii // Finansy. 2010. no. 11. pp. 32–38.

8. Aliev B.H., Sulejmanov M.M. Regionalnaja nalogovaja politika v determinantah processov decentralizacii // Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika. 2013. no. 40 (343). pp. 47–52.

9. Aliev B.H., Sulejmanov M.M., Gasanov Sh.A. Bjudzhety territorij v uslovijah krizisa // Finansy i kredit. 2011. no. 6 (438). pp. 10–14.

10. Aliev B.H., Sulejmanov M.M., Dzhamalova P.I. Formirovanie koncepcii nalogovogo federalizma v Rossii // Finansy i kredit. 2011. no. 16 (448). pp. 7–12.

11. Volobuev V. Bjudzhetnaja politika SShA v 90-00 gody // Mirovaja jekonomika i mezhdunarodnye otnoshenija. 2010. no. 12. pp. 102.

12. Nalogovaja reforma RF: alternativy postupatelnomu dvizheniju vpered net // Finansy. 2014. no. 4 pp. 3–5.

13. Nalogovyj kodeks RF. M.: Prospekt, 2015.

14. Osnovnye napravlenija nalogovoj politiki na 2015 i na planovyj period 2016–2017 gg.// www.minfin.ru.

15. Osnovnye napravlenija nalogovoj politiki Rossijskoj Federacii na 2015 i na planovoj period 2016–2017 gg.

16. Panskov V.G., Sokolov M.M. Ob aktivnom ispolzovanii amortizacii v nalogovoj politike // Finansy. 2014. no. 8 pp. 30.

17. Tjupakova N.N. Metodologicheskie aspekty nalogooblozhenija faktorov proizvodstva // Finansy. 2013. no. 3. pp. 37–40.

УДК 656.6

РАЗВИТИЕ ИНТЕГРАЦИИ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА И ИНФРАСТРУКТУРЫ В ЕВРАЗИЙСКОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ СОЮЗЕ

Асаул М.А.

Департамент транспорта и инфраструктуры Евразийской экономической комиссии, Санкт-Петербург, e-mail: asaul@eecommission.org

В статье представлено текущее состояние и основные направления развития интеграции в сфере транспорта и инфраструктуры в Евразийском экономическом союзе. Подчеркивается, что дальнейшее углубление интеграции в сфере транспорта и инфраструктуры проходит на основе главного принципа интеграции – свободы движения товаров, капитала, услуг и рабочей силы. Проведение работы по сближению транспортных комплексов государств-членов построено на основе оценки интеграционного потенциала и конкурентных преимуществ автомобильного, водного, воздушного и железнодорожного транспорта, а также ожидаемого эффекта от их сближения. Раскрыты основные цели в работе по формированию общего рынка услуг в рамках Союза, конкретно по автомобильному, воздушному и водному транспорту. Дан анализ трем основным документам: основные направления и этапы реализации скоординированной (согласованной) транспортной политики государств – членов Союза, международный Договор о судоходстве, Программа поэтапной либерализации выполнения перевозчиками, зарегистрированными на территории одного из государств – членов Союза, автомобильных перевозок грузов между пунктами, расположенными на территории другого государства-члена, на период с 2016 по 2025 год. Показаны этапы либерализации каботажных автомобильных перевозок грузов и практическая польза государств – участников Союза от интеграции в сфере экономики и для предпринимательских сообществ. Отмечен практический результат деятельности Комиссии ЕАЭС в области сближения и развития транспортных систем государств – членов Союза.

Ключевые слова: транспорт, транспортные комплексы, транспортные системы, инфраструктура, евразийский экономический союз, транспортная политика

THE DEVELOPMENT OF INTEGRATION IN THE FIELD OF TRANSPORT AND INFRASTRUCTURE IN THE EURASIAN ECONOMIC UNION

Asaul M.A.

Departament of transport and infrastructure of the Euroasian economic commission, St. Petersburg, e-mail: asaul@eecommission.org

The article presents the current status and main directions of development of integration in the field of transport and infrastructure in the Eurasian economic Union. Stresses that further deepening of integration in the field of transport and infrastructure is based on the main principle of integration – free movement of goods, capital, services and labour. The work on the convergence of the transport systems of member States is built on the basis of an assessment of the integration potential and competitive advantages of road, water, air and railway transport, as well as the expected effect of their convergence. The basic goals in forming a common services market within the Union. Specifically by road, air and water transport. The analysis of three main documents: main directions and stages of implementation of coordinated (agreed) transport policy of member States of the Union, the international Treaty on navigation, the Program of phased liberalization of performance by the carriers registered on the territory of States-members of the Union, road transport of goods between places located in the territory of another member state, for the period from 2016 to 2025. The stages of liberalization of the cabotage of road transport of goods and is the practical benefit of the States members of the Union from integration in the sphere of economy and entrepreneurial communities. Marked practical result of the Commission of the EAEC in the field of convergence and development of transport systems of the States members of the Union.

Keywords: transport, transportation systems, transportation systems, infrastructure, the eurasian economic union and transport policy

Внешнеэкономические связи между государствами – членами Евразийского экономического союза обеспечиваются всеми видами транспорта, обслуживающего практически все виды экономической деятельности. Транспортный сектор экономики является конструктивно сложным и состоит из нескольких подсекторов, имеющих свои особенности регулирования.

Евразийская экономическая комиссия придает большое значение углублению интеграции в сфере транспорта и инфраструктуры в рамках Евразийского экономического союза на основе главного принципа интеграции – свободы движения товаров, капитала, услуг и рабочей силы [1].

Проведение работы по сближению транспортных комплексов государств-членов построено на основе оценки интеграционного потенциала [4] и конкурентных преимуществ [5] автомобильного, водного, воздушного и железнодорожного транспорта, а также ожидаемого эффекта от их сближения.

Конкретные договоренности по вопросам регулирования транспорта в целом

и формированию рынка транспортных услуг в государствах – членах ЕАЭС закрепили в Договоре о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года, являющемся отправной точкой в работе по формированию общего рынка услуг транспорта в рамках Союза.

Воздушный транспорт. Государства-члены формируют общий рынок услуг воздушного транспорта на принципах соответствия международному праву, гармонизации законодательства, обеспечения справедливой и добросовестной конкуренции, расширения воздушных сообщений между государствами-членами, а также недискриминационного доступа к авиационной инфраструктуре. Выполнение полетов будет осуществляться на основе международных договоров государств-членов и разрешений, выдаваемых в порядке, установленном законодательством государств – членов. Развитие интеграции в сфере воздушного транспорта предусмотрено в рамках проводимой скоординированной (согласованной) транспортной политики.

Водный транспорт. Развитие интеграции в сфере водного транспорта будет осуществляться в рамках проводимой скоординированной (согласованной) транспортной политики. Также предусмотрено, что суда под флагом государства-члена Союза имеют право осуществлять перевозку грузов, пассажиров и их багажа, буксировку между государством флага судна и другим государством-членом на смежных внутренних водных путях, транзитный проход по внутренним водным путям другого государства-члена, за исключением перевозки и буксировки между портами и перевозок в/из портов другого государства-члена и третьими странами, в соответствии с международным договором государств-членов о судоходстве. Проект указанного Договора подготовлен и проходит согласование на уровне уполномоченных органов государств-членов в области транспорта.

Железнодорожный транспорт. Государства-члены определили следующие цели развития интеграции в сфере железнодорожного транспорта:

1) поэтапное формирование общего рынка транспортных услуг в сфере железнодорожного транспорта;

2) обеспечение доступа потребителей государств-членов к услугам железнодорожного транспорта при осуществлении перевозок по территории каждого государства-члена на условиях не менее благоприятных, чем условия, созданные для потребителей этого каждого государства-члена;

3) соблюдение баланса экономических интересов между потребителями услуг железнодорожного транспорта и организациями железнодорожного транспорта государств-членов;

4) обеспечение условий для доступа организаций железнодорожного транспорта одного государства-члена на внутренний рынок услуг железнодорожного транспорта другого государства-члена.

Достигнуты результаты:

– унифицированы тарифы государств – членов ЕАЭС на услуги железнодорожного транспорта по перевозке грузов по видам сообщений (экспортный, импортный и внутригосударственный);

– определены условия применения внутригосударственных тарифов при транзитных перевозках по национальным территориям государств – членов;

– определены условия доступа перевозчиков государств – членов Союза на сопредельную инфраструктуру стран – членов.

Автомобильный транспорт. Наибольшего интеграционного эффекта государства-члены Союза достигли в сфере автомобильного транспорта.

Автомобильный транспорт является одним из ключевых элементов развития предпринимательства [3], особенно малых и средних форм, наиболее заинтересованных в отправке грузов небольшими партиями. Этот вид транспорта демонстрирует свои преимущества в сравнении с другими высокой эксплуатационной и коммерческой маневренностью, технологической адаптивностью к взаимодействию с другими видами транспорта, уникальной способностью доставки грузов «от двери до двери».

По данным Международного союза автомобильного транспорта в настоящее время автомобильный транспорт обеспечивает более 80% общего объема перевозок грузов в государствах – членах Евразийского экономического союза. В 2014 году в странах Союза было отмечено увеличение грузооборота автомобильного транспорта, по сравнению с 2013 годом он вырос на 1,8% и составил 428,5 млрд тонно-километров. С 1 января 2015 года международные автомобильные перевозки грузов внутри Союза, выполняемые перевозчиками государств-членов, осуществляются без разрешений (перевозки двусторонние, транзитные и перевозки в/из третьих стран).

В целях дальнейшего развития евразийской интеграции, а также исходя из положений Договора о Союзе Совет Евразийской экономической комиссии 16 июля прошлого года принял Решение № 58 о подготовке

в сфере транспорта трех основных документов и определил сроки их подготовки.

Первый – Основные направления и этапы реализации скоординированной (согласованной) транспортной политики государств – членов Союза. Создание единого емкого регионального рынка, свободного от внутренних барьеров, стало осознанной потребностью руководства стран Союза, что во многом стимулировало процесс экономической интеграции. В этой связи был поставлен вопрос о проведении государствами-членами ЕАЭС согласованной транспортной политики. Формирование согласованной транспортной политики следует оценивать как одно из наиболее необходимых направлений экономической интеграции в рамках Союза, как один из ключевых инструментов решения проблем транспортного сектора государств – членов ЕАЭС и как один из важнейших факторов, способствующих ускорению экономического роста в государствах – членах Союза.

Основными приоритетами скоординированной (согласованной) транспортной политики являются: формирование единого транспортного пространства, создание и развитие евразийских транспортных коридоров, реализация и развитие транзитного потенциала в рамках Союза, координация развития транспортной инфраструктуры, создание логистических центров и транспортных организаций, обеспечивающих оптимизацию процессов перевозки, привлечение и использование кадрового потенциала государств – членов Союза, развитие науки и инноваций в сфере транспорта.

Достигнута договоренность, что государства – члены ЕАЭС в сфере транспорта будут осуществлять скоординированную политику, посредством проведения которой планируется сформировать единое транспортное пространство и общий рынок транспортных услуг Союза, в пределах которого создаются равные и паритетные условия по их оказанию. Документ о скоординированной (согласованной) транспортной политике должен быть подготовлен, согласован в государствах-членах и принят Высшим Евразийским экономическим советом до 31 декабря 2016 года. В настоящее время проект разработан Министерством по инвестициям и развитию Республики Казахстан, поступил в Комиссию в июле и находится на рассмотрении и проработке в заинтересованных министерствах и ведомствах других государств – членов Союза.

Вторым важным документом является международный Договор о судоходстве, направленный на развитие интеграции в сфере внутреннего водного транспорта. Национальные рынки услуг внутреннего водного транспорта являются несопоставимыми, из-за различной протяженности внутренних водных путей в странах Союза. В настоящее время доступ судов под флагом одного из государств – членов ЕАЭС на внутренние водные пути другого государства-члена ЕАЭС осуществляется в специальном порядке в соответствии с национальным законодательством. К примеру, в Российской Федерации разрешение на разовый проход судов оформляется актом Правительства, что является длительной процедурой. Договором упрощается порядок доступа для государств – членов – он будет носить уведомительный характер, в отличие от действующего разрешительного. Для совершения транзитного прохода по внутренним водным путям государств-членов судовладельцу необходимо будет направить уведомление в компетентный орган государства – члена не позднее, чем за 3 дня до даты планируемого подхода судна к государственной границе этого государства – члена. Договор о судоходстве также направлен на гармонизацию квалификационных требований, предъявляемых к членам экипажа, законодательства государств-членов в сфере обеспечения безопасности судоходства, технического регулирования, страхования и лицензирования. Сложный переговорный процесс по согласованию проекта Договора о судоходстве завершается.

Проект планируется принять на заседании Высшего Евразийского экономического совета в декабре 2015 года.

Третий документ – это Программа поэтапной либерализации выполнения перевозчиками, зарегистрированными на территории одного из государств – членов Союза, автомобильных перевозок грузов между пунктами, расположенными на территории другого государства – члена, на период с 2016 по 2025 год, или Программа либерализации каботажных автомобильных перевозок грузов.

Программа утверждена президентами государств – членов на заседании Высшего Евразийского экономического союза 8 мая 2015 года. В настоящее время проводятся процедуры по присоединению к ней Кыргызской Республики. Программой определены четыре этапа последовательных действий государств – членов, направленных на снятие с 1 января 2016 г. ограничений, действующих в отношении каботажных автомобильных перевозок грузов. Необходимо отметить, что действующим законодательством государств – членов и международными договорами об автомобильном сообщении выполнение каботажных

автомобильных перевозок грузов запрещено. Реализация Программы позволит обеспечить доступ транспортных компаний Союза к внутреннему рынку грузоперевозок, сократить порожние пробеги, снизить транспортные издержки потребителей услуг грузового автомобильного транспорта за счет развития добросовестной конкуренции на рынке автотранспортных услуг. Согласно Программе либерализация будет осуществляться в 4 этапа.

I этап – с 1 января 2016 г. по 31 декабря 2017 г.;

II этап – с 1 января 2018 г. по 31 декабря 2019 г.;

III этап – с 1 января 2020 г. по 31 декабря 2024 г.;

IV этап – с 1 января 2025 г.

Республика Казахстан присоединится к Программе на четвертом этапе с 1 января 2025 г.

Для реализации Программы государствам – членам Союза предстоит провести необходимые мероприятия по её практическому применению, в первую очередь по выработке механизма контроля за каботажными автомобильными перевозками грузов, внесению соответствующих изменений в международные договоры о международном автомобильном сообщении и действующее национальное законодательство государств – членов в сфере транспорта.

При осуществлении каботажной автомобильной перевозки грузов на борту транспортного средства на I и II этапах необходимо будет получить специальное разрешение, выданное компетентным органом государства – члена в установленном порядке, и бортовой журнал с информацией, подтверждающей правомерность осуществления такой перевозки. С III этапа либерализации каботажные автомобильные перевозки грузов будут осуществляться на основе предварительной заявки.

Таким образом, совместная продуктивная работа государств – членов ЕАЭС в области транспорта и инфраструктуры, естественных монополий дает возможность уже сейчас ощутить практическую пользу интеграции, а именно:

для экономики:

- обеспечение долгосрочного устойчивого развития экономик государств – членов Союза путем повышения качества и безопасности услуг в сфере транспорта и естественных монополий;
- сближение законодательств государств – членов Союза в области правового регулирования в сферах транспорта и естественных монополий;
- создание условий для привлечения масштабных и эффективных инвестиций, снижение (исключение) размеров государственной поддержки;

для бизнес-сообщества:

- обеспечение баланса экономических интересов субъектов рынков на взаимоприемлемых, в том числе конкурентных, условиях;
- создание благоприятной среды для инвестирования в проекты в сфере транспорта и инфраструктуры;
- создание недискриминационных условий доступа к услугам естественных монополий;
- создание мультимодальных логистических центров;

для населения:

- повышение уровня и качества жизни населения путем максимального удовлетворения его спроса на услуги транспорта, обеспечение мобильности населения, а также повышение уровня безопасности и качества услуг транспорта;
- прозрачность тарифообразования, стабилизация цен и тарифов на услуги сфер естественных монополий.

Практическим результатом деятельности Евразийской экономической комиссии в области сближения и развития транспортных систем государств – членов Союза стало создание, путем объединения активов задействованных в железнодорожных перевозках крупнотоннажных контейнеров [2], Объединенной транспортно-логистической компании (ОТЛК) – единого оператора организации железнодорожных перевозок контейнеров государств – членов ЕАЭС.

Основой бизнес-модели создания ОТЛК является стратегическое объединение ведущих железнодорожных контейнерных операторов, логистической инфраструктуры, грузовых терминалов и предложение комплексной транспортно-логистической услуги по принципу «одного окна», формирование конкурентноспособных сквозных ставок на перевозки контейнеров по территории Беларуси, Казахстана и России.

Реализация проекта ОТЛК позволит обеспечить к 2020 году объем перевозок в размере 4,2 млн в двадцатифутовом эквиваленте, из которых до 1 млн будет привлечено за счет транзита. Выручка объединенной компании составит 4,3 млрд долларов США, а накопленный объем инвестиций в экономику трех стран превысит 6 млрд долл. США.

Продолжается работа по выявлению и устранению препятствующих функционированию внутреннего рынка Евразийского экономического союза барьеров для взаимного доступа, а также изъятий и ограничений в отношении движения товаров, услуг,

капитала и рабочей силы. Реализация мероприятий по данному направлению будет осуществлена в рамках деятельности Консультативного комитета по транспорту и инфраструктуре, а также его подкомитетов.

Список литературы

1. Асаул А.Н. Евразийский проект: истоки, суть и место в мировом сообществе // Научные труды Международного союза экономистов и ВЭО. – 2015. – Т. 40. – С. 95–115.

2. Асаул М.А. Инновационный сценарий развития транспортно-логистического комплекса Санкт-Петербурга // Экономическое возрождение России. – 2008. – № 4. – С. 12–19.

3. Закономерности и тенденции развития современного предпринимательства / А.Н. Асаул, Е.А. Владимирский, Д.А. Гордеев, Е.Г. Гужва, А.А. Петров, Р.А. Фалтинский. – СПб: АНО ИПЭВ, 2008. – 280 с.

4. Производственно-экономический потенциал и деловая активность субъектов предпринимательской деятельности / А.Н. Асаул, М.П. Войнаренко, С.Я. Князев, Т.Г. Рзаева. – СПб.: АНО ИПЭВ, 2011. – 312 с.

5. Формирование конкурентного преимущества субъектов предпринимательства в строительстве / А.Н. Асаул, Ш.М. Мамедов, Е.И. Рыбнов, Н.В. Чепаченко. – СПб.: АНО «ИПЭВ», 2014. – 240 с.

References

1. Asaul A.N. Evrazijskij proekt: istoki, sut i mesto v mirovom soobshhestve // Nauchnye trudy Mezhdunarodnogo soyuza ekonomistov i VEO, 2015. T.40. pp. 95–115.

2. Asaul M.A. Innovacionnyj scenarij razvitiya transportno-logisticheskogo kompleksa Sankt-Peterburga // Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii. 2008. no. 4. pp. 12–19.

3. Zakonomernosti i tendencii razvitiya sovremennogo predprinimatelstva / A.N. Asaul, E.A. Vladimirskij, D.A. Gordeev, E.G. Guzhva, A.A. Petrov, R.A. Faltinskij. SPb: ANO IPEV, 2008. 280 p.

4. Proizvodstvenno-ekonomicheskij potencial i delovaya aktivnost subektov predprinimatelskoj deyatelnosti / A.N. Asaul, M.P. Vojnarenko, S.Ya. Knyazev, T.G. Rzaeva. SPb.: ANO IPEV, 2011. 312 p.

5. Formirovanie konkurentnogo preimushhestva sub»ektov predprinimatelstva v stroitelstve / A.N. Asaul, Sh.M. Mamedov, E.I. Rybnov, N.V. Chepachenko. — SPb.: ANO «IPEV», 2014. 240 p.

УДК 519.852

ОБ ОДНОЙ МОДИФИКАЦИИ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ

Гаврилова М.О., Новоселова Ю.В., Севодин М.А.

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: m.sevodin@mail.ru

В настоящей статье исследуется задача размещения предприятий при планировании развития отрасли. Рассматриваются ситуации, в которых целевой функцией является кусочно-линейная функция, а ограничения представляют собой линейные равенства. При этом от целевой функции в силу характера задачи требуется выпуклость. Для таких задач в работе модифицируются известные методы решения: перебор параллелепипедов линейности целевой функции, метод линейной аппроксимации. Для использования названных методов целевая функция непрерывно продолжается с параллелепипеда на неотрицательный ортант, и вычисляется субдифференциал полученной функции. По сути дела, речь идет о разбиении области определения функции на ряд конусов и использовании метода линейной аппроксимации в каждом из этих конусов. Формулируется и доказывается также условие, гарантирующее выпуклость кусочно-линейной функции. Условие заключается в сравнении углов наклона градиентов линейных функций в точках стыка параллелепипедов линейности целевой функции к самим параллелепипедам.

Ключевые слова: кусочно-линейное программирование, выпуклость, субдифференциал, аппроксимация

ABOUT ONE MODIFICATION OF THE PROBLEM OF PLACEMENT OF THE ENTERPRISES WHEN PLANNING DEVELOPMENT OF BRANCH

Gavrilova M.O., Novoselova Y.V., Sevodin M.A.

The Perm National Research Polytechnical University, Perm, e-mail: m.sevodin@mail.ru

In this article we study the problem of placement of the enterprises when planning development of branch. We consider the situation in which the objective function is a piecewise linear function and restrictions are linear equality. Of the objective function because of the nature of the problem is needed the convexity. For such tasks are modified known methods of solution in this work: Brute-force search of parallelepipeds of linearity of the objective function approximation method. For use of the called methods the objective function extends continuously from of the parallelepiped on a non-negative orthant, and the subderivative of resulting function is calculated. In fact it is a partition of the domain of the function into a series of cones and the use of the a method linear approximation in each of these cones. Next, we formulate and prove the condition that guarantees the convexity piecewise-linear function. The condition consists of comparing the angles of gradients of linear functions in points of joint parallelepipeds of linearity of the objective function to the actual parallelepipeds.

Keywords: piecewise-linear programming, convex, subderivative, approximation

Известно [5], что в задаче размещения предприятий при планировании развития отрасли имеется m пунктов (пункты производства), в которых расположены или могут быть размещены предприятия одной отрасли. Потребности в товаре, произведенном на этих предприятиях, известны в n пунктах (пункты потребления). Затраты по производству и транспортировке единицы продукта считаются также известными. Задача состоит в определении мест расположения новых предприятий, объемов производства и перевозок так, чтобы суммарные издержки были минимальны.

Многие задачи планирования сводятся к следующей задаче математического программирования (см., например, [8]). Требуется определить вектор $x = (x_1, x_2, ..., x_n)$, обращающий в минимум функцию

$$F(x) = \sum_{j=1}^{n} f_j(x_j)$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j = b_i, \ i = 1, 2, ..., m;$$

$$\alpha_j \le x_j \le \beta_j; j = 1, 2, ..., n.$$

Здесь целевая функция $F(x)$ характеризует суммарные затраты производства, а условия являются балансными соотношениями между продукцией разных предприятий. Благодаря балансным соотношениям гарантируется требуемый объем производства предприятий и устанавливаются ограничения на объемы продукции каждого предприятия, порождаемые учитываемыми потребностями.

Особенностью описываемой задачи оказывается то, что целевая функция является кусочно-линейной функцией [8]. Более того, $f_j(x_j)$ – выпуклые функции, а значит [6], они полиэдральные функции.

Помимо специфики задачи, приводящей к кусочно-линейному характеру оптимизируемого показателя качества, отметим также наличие и других причин, приводящих к подобному эффекту. Укажем здесь в качестве примеров [2] и переменную технологию производства, и экономию на масштабах производства, и некоторые особенности в технологии производств.

Таким образом, видно, что задачи размещения предприятий приводят к задачам кусочно-линейного программирования (КЛП). Основные положения КЛП можно найти в работах [8, 7, 3]. Отметим, что в упомянутых работах ограничения при оптимизации целевой функции рассматривались в виде неравенств. В данной статье речь идет о задаче планирования производства. Ограничения, которые возникают в таких задачах, как уже отмечалось, имеют вид балансных соотношений.

Цель данной работы – изучение задач КЛП с ограничениями-равенствами, адаптация метода линейной аппроксимации [4] к задаче КЛП с ограничениями отмеченного типа.

Постановка задачи. Решение в общем виде

Рассмотрим следующую задачу линейного программирования. Минимизировать функцию

$$z(x)=\sum_{j=1}^{n} c_j(x)x_j \qquad (1)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}(x)\,x_j = b_i(x), \quad (i=\overline{1,m}), \qquad (2)$$

$$\left(j=\overline{1,n}\right), \qquad (3)$$

где $a_{ij}(x)$, $b_i(x)$ и $c_j(x)$ – некоторые кусочно-постоянные функции вектора x, принимающие для определенных значений переменной x разные значения.

Будем считать, что функции $a_{ij}(x)$, $b_i(x)$ и $c_j(x)$ определены на одном и том же множестве $G=\left\{x\in G\subset R^n\right\}$, и существует такое конечное разбиение $G=\bigcup G_k$, $k=\overline{1,l}$, что в каждом подмножестве G_k эти функции постоянны, причем G_k и G_m, $k\neq m$, могут пересекаться только по своим границам.

В введении статьи приводилась задача, в которой коэффициенты зависели лишь только от одной компоненты вектора x и носили кусочно-линейный характер. Такая ситуация возникает [8] и в других случаях. Этот факт говорит о том, что в качестве областей G_k имеет смысл брать области типа параллелепипедов (очевидно, что это еще и упрощает описание поиска решения задачи). Поэтому потребуем следующих дополнительных условий на области G и G_k. Будем считать, что G – параллелепипед:

$$G=\Pi=[0,a_1]\times[0,a_2]\times\ldots\times[0,a_n].$$

Таким образом, условие (3) можно не рассматривать. Пусть также каждое G_k является параллелепипедом, грани которого параллельны координатным гиперплоскостям. Более того, будем считать, что выполнено следующее требование: существует конечное разбиение параллелепипеда Π, например

$$\Pi=\bigcup_{k_a}\Pi^a_{k_a} \quad \left(k_a=\overline{1,s_a}\right),$$

где $\left\{\Pi^a_{k_a}\right\}$ – набор параллелепипедов, на каждом из которых функции $a_{ij}(x)$ являются постоянными. Аналогично можно представить

$$\Pi=\bigcup_{k_b}\Pi^b_{k_b}$$

или

$$\Pi=\bigcup_{k_c}\Pi^c_{k_c} \quad \left(k_b=\overline{1,s_b},\ k_c=\overline{1,s_c}\right),$$

где $\left\{\Pi^b_{k_b}\right\}$ и $\left\{\Pi^c_{k_c}\right\}$ – конечные наборы параллелепипедов с постоянными $b_i(x)$ и $c_j(x)$ соответственно. Из этого следует, что существует конечное разбиение множества $G=\Pi$ на параллелепипеды

$$G_k=\Pi^{abc}_k,$$

такое, что

$$\Pi=\bigcup_k\Pi^{abc}_k,$$

$$\left\{\Pi^{abc}_k\right\}=\left\{\Pi^a_{k_a}\right\}\cap\left\{\Pi^b_{k_b}\right\}\cap\left\{\Pi^c_{k_c}\right\},$$

а функции $a_{ij}(x)$, $b_i(x)$ и $c_j(x)$ постоянны для каждого Π^{abc}_k. При этом соседние параллелепипеды Π^{abc}_k и Π^{abc}_{k+1} пересекаются только по границе.

Наконец, потребуем, чтобы в задаче (1)–(3) целевая функция $z(x)$ и функции ограничений

$$f_i(x)=\sum_{j=1}^{n} a_{ij}(x)x_j - b_i(x), \quad i = 1, 2, ..., m,$$

были выпуклыми функциями. Заметим, что такое ограничение обеспечивает непрерывность функций в П. Это следует из вида функций и непрерывности выпуклой функции во внутренности П [1].

Приведем условие, гарантирующее выпуклость функции

$$f(x)=\sum_{j=1}^{n} a_j^k(x)x_j - b^k(x)$$

в $\Pi=\bigcup_k \Pi_k$ с $a_j^k(x)$, $b^k(x)$, постоянными в каждом из Π_k. В этих обозначениях имеет место следующая

Теорема 1

Пусть непрерывная функция $f(x)$ в любой точке $x \in \Pi$ удовлетворяет условию

$$\left\langle a^q(x), x-x_0\right\rangle \le \left\langle a^k(x), x-x_0\right\rangle, q,$$

$$k \in S(x),\ x_0 \in \Pi_q.$$

Тогда функция $f(x)$ – выпуклая функция.

Здесь $a^k(x)=\left(a_1^k(x),...,a_n^k(x)\right)$, $\langle a,b\rangle$ – скалярное произведение векторов a и b; $S(x)$ – множество индексов таких, что из $k \in S(x)$ следует $x \in \Pi_k$.

Доказательство. Прежде всего заметим, что, в силу характера рассматриваемой функции, выполнение свойства выпуклости достаточно доказать локально. Другими словами, если для каждой точки П существует некоторая окрестность, в которой рассматриваемая функция $f(x)$ выпукла, то $f(x)$ выпукла и в П.

Убедимся в том, что функция $f(x)$ локально выпукла. Это свойство, в силу кусочно-линейности функции $f(x)$, надо проверять только для точек, являющихся точками пересечения Π_k. Пусть x – одна из таких точек, а x^1, x^2 лежат в достаточно малой окрестности x. Будем считать, что

$$x^1 \in \Pi_{k_1},$$

$$x^2 \in \Pi_{k_2},$$

$$x \in \Pi_{k_1} \cap \Pi_{k_2}.$$

Пусть $\alpha \in [0; 1]$ и, для определенности,

$$\alpha x^1 + (1-\alpha)x^2 \in \Pi_{k_1}.$$

Тогда

$$f\left(\alpha x^1+(1-\alpha)x^2\right)=\sum_{j=1}^{n} a_j^{k_1}\left(\alpha x^1+(1-\alpha)x^2\right)\left(\alpha x^1+(1-\alpha)x^2\right)-$$
$$-b^{k_1}\left(\alpha x^1+(1-\alpha)x^2\right)=\left\langle a^{k_1}(x), \alpha x^1+(1-\alpha)x^2\right\rangle - b^{k_1}(x).$$

Из непрерывности функции $f(x)$ в точке x следует равенство

$$\left\langle a^{k_1}(x), x\right\rangle - b^{k_1}(x)=\left\langle a^{k_2}(x), x\right\rangle - b^{k_2}(x).$$

Используя это соотношение, получим

$$f\left(\alpha x^1+(1-\alpha)x^2\right)=\alpha\left\langle a^{k_1}(x), x^1\right\rangle - \alpha b^{k_1}(x)+(1-\alpha)\left\langle a^{k_1}(x), x^2\right\rangle -$$
$$-(1-\alpha)\left(\left\langle a^{k_1}(x), x\right\rangle - \left\langle a^{k_2}(x), x\right\rangle + b^{k_2}(x)\right)=\alpha f\left(x^1\right)+(1-\alpha)f\left(x^2\right)+$$
$$+(1-\alpha)\left(\left\langle a^{k_2}(x), x-x^2\right\rangle - \left\langle a^{k_1}(x), x-x^2\right\rangle\right)\le \alpha f\left(x^1\right)+(1-\alpha)f\left(x^2\right).$$

Теорема 1 доказана.

Можно выделить несколько методов решения задачи (1)–(3) в такой постановке.

Самым очевидным из них [2] является простой перебор всех параллелепипедов Π_k^{abc}, так как в каждом из Π_k^{abc} мы будем иметь дело с обычной задачей линейного программирования с линейной целевой функцией и выпуклой областью допустимых решений. Для каждого Π_k^{abc} находится оптимальный план x^k, а решением задачи (1)–(3) является x^*, для которого целевая функция минимальна:

$$z^*(x^*) = \min_k \left\{ z\left(x^k\right)\right\}.$$

Метод линейной аппроксимации

Для задачи (1)–(3) представляется возможным несколько сократить предложенную схему решения.

Возьмем более простую постановку задачи. Требуется минимизировать выпуклую функцию

$$z(x) = \langle c(x), x\rangle \qquad (1')$$

при линейных ограничениях

$$Ax^T = b, x \in R_+^n, \qquad (2')$$

где $c(x) = (c_1(x), c_2(x), ..., c_n(x))$, $c_i(x)$ ($i = 1, ..., n$) кусочно-постоянные функции в R_+^n, R_+^n – неотрицательный ортант R^n; A – матрица размера $m\times n$; b – m-мерный вектор.

Условие (2′) берется здесь вместо (2) и (3) для упрощения изложения. То же, что замена параллелепипеда П на R_+^n не уменьшает общности, объясняется существованием у функции $z(x)$ непрерывного продолжения с П на R_+^n. В самом деле, пусть $x = (x_1, x_2, ..., x_n) \subset R_+^n$ и $x \notin \Pi$. Пусть $x = a_k$ уравнение той грани параллелепипеда П, которую пересекает отрезок с концами в точках 0 и x (в дальнейшем такие отрезки будем отображать [0, x]). Очевидно, что точкой пересечения отрезка [0, x] с гранью является точка $\alpha_k x/x_k$. Положим

$$\overline{z}(x) = z\left(\alpha_k x/x_k\right) + \lambda(x_k - \alpha_k),$$

где λ есть произвольное положительное число.

Покажем, что функция $\overline{z}(x)$ является выпуклой функцией в конусе K, образованном лучами, проведенными из нуля и пересекающими одну и ту же грань с уравнением $x = \alpha_k$. Возьмем две точки $x^1, x^2 \in K/\Pi$. Обозначим через $\overline{x}^1, \overline{x}^2$ точки пересечения грани $x = \alpha_k$ с отрезками [0, x^1] и [0, x^2] соответственно. В силу выпуклости функции $z(x)$ на П имеем с α, $\alpha \in [0, 1]$,

$$\begin{aligned}
&\overline{z}\left(\alpha x^1 + (1-\alpha)x^2\right) = \\
&= z\left(\alpha_k \frac{\alpha x^1 + (1-\alpha)x^2}{x_k}\right) + \lambda\left(\left(\alpha x^1 + (1-\alpha)x^2\right)_k - \alpha_k\right) = \\
&= z\left(\alpha \overline{x}^1 + (1-\alpha)\overline{x}^2\right) + \lambda\left(\left(\alpha x^1\right)_k + \left((1-\alpha)x^2\right)_k - \alpha_k\right) \le \\
&\le \alpha z\left(\overline{x}^1\right) + (1-\alpha) z\left(\overline{x}^2\right) + \lambda\left(\left(x^1\right)_k - \alpha_k\right) + \\
&+ (1-\alpha)\left(\left(x^2\right)_k - \alpha_k\right) = \alpha \overline{z}\left(x^1\right) + (1-\alpha)\overline{z}\left(x^2\right).
\end{aligned}$$

Таким образом, функция $\overline{z}(x)$ является непрерывным продолжением с П на R_+^n/Π функции $z(x)$, выпуклым в конусах типа K.

Определим теперь субдифференциал функции

$$z(x) = \left\{z(x),\ \ x \in \Pi;\ \ \overline{z}(x),\ \ x \in R_+^n/\Pi\right\}.$$

Имеет место

Теорема 2

Субдифференциал $\partial z(x)$ функции $z(x)$ имеет вид

$$\partial z(x) = \begin{cases}
conv\left(a^i(x), i \in S(x)\right), & x \in K_k \cap \overset{0}{\Pi}, \\
conv\left(\dfrac{1}{x_k} a^i\left(\dfrac{\alpha_k x}{x_k}\right) - \delta e_k, i \in S\left(\dfrac{\alpha_k x}{x_k}\right)\right), & x \in K_k/\Pi, \\
conv\left(a^i(x), i \in S(x), \dfrac{1}{x_k} a^i\left(\dfrac{\alpha_k x}{x_k}\right) - \delta e_k, i \in S\left(\dfrac{\alpha_k x}{x_k}\right)\right), & \text{остальные } x \in K_k,
\end{cases}$$

где $convG$ – выпуклая оболочка множества G; $\delta = \frac{1}{x_k^2}\left\langle a^i\left(\frac{\alpha_k x}{x_k}\right), x\right\rangle - \lambda$; e_k – вектор, k-я координата которого равна единице, а все остальные равны 0; $\overset{0}{\Pi}$ – внутренность П.

Доказательство первой части теоремы можно найти в [7]. Соотношения же для множеств $K_k \Big/ \overset{0}{\Pi}$ получатся непосредственно с помощью формул из [1].

Опишем теперь алгоритм метода линейной аппроксимации.

Рассмотрим конус K_k. Множество точек этого конуса можно рассматривать как образ R_+^n при отображении линейным оператором с матрицей Q_k, т.е. $K_k = Q_k R_+^n$. Таким образом, чтобы найти минимум функции $z(x)$ в конусе K_k, нужно найти минимум функции $z(Q_k y^T)$ в R_+^n. Отметим также, что при этом формулы для субдифференциалов отображений $z(x)$ и $z(Q_k y^T)$ связаны соотношением $\partial z(Q_k y) = Q_k^T \partial z(x)$.

Опишем теперь алгоритм метода линейной аппроксимации. Здесь, как уже показано, можно считать, что задача задана соотношениями (1′), (2′). Идея метода [1] заключается в том, что в любой допустимой точке x^k функция $z(x)$ аппроксимируется функцией $z_L(x)$, где $z_L(x) = z(x^k) + g(x^k)(y - x^k)$, где $g(x^k)$ соответствующим образом выбранный вектор из множества $\partial z(x^k)$.

Отметим, что минимизация такой функции эквивалентна в смысле решения минимизации функции $g(x^k)y^T$ при $Ay^T = b$, $y \geq 0$. Обозначим решение y^k.

Направление $g(x^k)$ естественно взять направлением наискорейшего спуска функции $z(x)$ в точке x^k. Оно задается вектором $g(x^k) \in -\partial z(x^k)$, лежащем на кратчайшем расстоянии от начала координат.

Далее с помощью направления $d^k = y^k - x^k$ получим точку x^{k+1} как решение задачи минимизации $z(x^k + \tau(y^k - x^k))$, $\tau \in [0, 1]$. Все точки вида $x^k + \tau(y^k - x^k)$, $\tau \in [0, 1]$ допустимы в силу выпуклости допустимого множества.

Пусть решение этой задачи есть x^{k+1}. Если окажется, что $g(x^{k+1})(y^{k+1} - x^{k+1})^T > 0$, то процесс продолжается дальше. Если же выполняется обратное неравенство, то в точке x^{k+1} выполняется условие Куна – Таккера и алгоритм завершает свою работу.

Выводы

Описана модификация задачи размещения предприятий при планировании развития отрасли в виде задачи кусочно-линейного программирования.

Для решения описанной задачи к ее условиям адаптирован метод линейной аппроксимации.

Список литературы

1. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1988. – 550 с.

2. Гаврилова М.О. К задаче о наилучшем использовании ресурсов с переменной матрицей технологических коэффициентов // М.О. Гаврилова, В.П. Первадчук, М.А. Севодин // Современные проблемы теории и практики управления предприятием: сб. науч. тр. шестая Междунар. науч.-приклад. конф. / Техн. ун-т Варна, Болгария, Перм. гос. техн. ун-т и др. – Варна, 2006. – С. 203–205.

3. Еремин И.И. Некоторые вопросы кусочно-линейного программировани // Изв. вузов. Матем. – 1997. – № 12. – С. 49–61.

4. Зангвилл У. Нелинейное программирование. Единый подход. – М.: Советское радио, 1973. – 312 с.

5. Канторович Л.В., Горстко А.Б. Математическое оптимальное программирование в экономике. – М.: Знание, 1968. – 96 с.

6. Рокафеллар Р. Выпуклый анализ. – М.: Мир, 1973. – 471 с.

7. Филимонов А.Б. Метод полиэдрального программирования в дискретных задачах идентификации состояния системы и внешней среды / А.Б. Филимонов, Н.Б. Филимонов //ВестникРУДН.СерияКибернетика.–1999.– № 1. – С. 23–30.

8. Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. Об одном методе количественного анализа упрощенных экономических моделей / Д.Б. Юдин, Е.Г. Гольштейн // Применение математики в экономических исследованиях: сб.статей. Соцэкгиз. – 1962. – Т. 2. – С. 136–199.

References

1. Vasilev F.P. Chislennye metody reshenija jekstremalnyh zadach. M.: Nauka, 1988. 550 p.

2. Gavrilova M.O. K zadache o nailuchshem ispolzovanii resursov s peremennoj matricej tehnologicheskih kojefficientov (Gavrilova M.O., Pervadchuk V.P., Sevodin M.A. // Sovremennye problemy teorii i praktiki upravlenija predprijatiem: sb. nauch. tr. shestaja Mezhdunar. nauch.-priklad. konf. / Tehn. un-t Varna, Bolgarija, Perm. gos. tehn. un-t [i dr.]. Varna, 2006. pp. 203–205.

3. Eremin I.I. Nekotorye voprosy kusochno-linejnogo programmirovanija / Eremin I.I. // Izv. vuzov. Matem., 1997. no. 12. pp. 49–61.

4. Zangvill U. Nelinejnoe programmirovanie. Edinyj podhod. M.: Sovetskoe radio, 1973. 312 p.

5. Kantorovich L.V., Gorstko A.B. Matematicheskoe optimalnoe programmirovanie v jekonomike. M.: Znanie, 1968. 96 p.

6. Rokafellar R. Vypuklyj analiz. M: Mir, 1973. 471 p.

7. Filimonov A.B. Metod polijedralnogo programmirovanija v diskretnyh zadachah identifikacii sostojanija sistemy i vneshnej sredy / A.B. Filimonov, N.B. Filimonov // Vestnik RUDN. Serija Kibernetika, 1999. no. 1. pp. 23–30.

8. Judin D.B., Golshtejn E.G. Ob odnom metode kolichestvennogo analiza uproshhennyh jekonomicheskih modelej. Sb.statej «Primenenie matematiki v jekonomicheskih issledovanijah». Socjekgiz, 1962. T. 2. pp. 136–199.

УДК 338.45

ВЛИЯНИЕ НЕУПОРЯДОЧЕННОСТИ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЫ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ

Гамберг А.Е.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, e-mail: agamberg@mail.ru

В данной статье рассмотрены вопросы управления деятельностью предприятия научно-технической направленности и некоторые аспекты формирования его стратегии. Целью исследования, результаты которого представлены в данной статье, является доказательство гипотезы о том, что существует взаимосвязь между отраслевой принадлежностью проектов, реализуемых предприятием, их синергизмом и показателем энтропии портфеля его проектов. В рамках данного исследования был проведен анализ современных работ отечественных авторов по тематике формирования портфеля проектов предприятия научно-технической сферы. Исходя из результатов анализа был предложен подход к оценке эффективности портфеля проектов, основанный на вероятностной оценке коммерциализуемости проектов, их технической проработки, создаваемого внутри портфеля синергетического эффекта, а также степени неупорядоченности совокупности проектов, составляющих портфель предприятия. В статье предлагается оценивать степень структурированности портфеля проектов как вероятностного объекта, обладающего информационной энтропией. Использование данного подхода позволило сопоставить показатели эффективности деятельности предприятия, уровень энтропии портфеля его проектов, величину синергизма между ними, а также отраслевую принадлежность предприятий, разделенных на следующие группы: машиностроение, приборостроение, внедрение технологий, разработка программного обеспечения. Выдвинутая в статье гипотеза подтверждается расчетами на основе выборки из 20 предприятий Уральского и Сибирского автономных округов России. В результате исследования, выявлена обратная зависимость между уровнем доходов предприятий научно-технической сферы на ранних этапах развития и уровнем энтропии портфеля проектов по всем выделенным отраслевым группам. Результаты данного исследования в дальнейшем могут быть применены в стратегическом менеджменте организаций.

Ключевые слова: научно-технический продукт, научно-технический проект, научно-техническое предприятие, научные исследования, энтропия, инновация, портфель проектов, бифуркация, жизненный цикл, стратегия

INFLUENCE OF THE DISORDER OF PORTFOLIO OF PROJECTS TO THE RESULTS OF ACTIVITY OF SMALL R&D ENTERPRIZES OF DIFFERENT INDUSTRY BRANCHES

Gamberg A.E.

Ural Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin, Ekaterinburg, e-mail: agamberg@mail.ru

Examines the questions of R&D enterprise management and some aspects of the formation of its strategy. The study, whose results are presented in this article is to prove the hypothesis that there is a relationship between the industry branch of projects implemented by the enterprise and its project portfolio entropy index. The analysis of contemporary works of local authors by the subject is shown. It is proposed to assess the effectiveness of the portfolio, based on a probabilistic assessment of commercialization of projects, their technical processing, as well as the degree of disorder of projects that make up the portfolio of the company. It proposes also to assess the degree of structuring of the portfolio as a probabilistic object with information entropy. This approach is to compare performance indicators of the company: the level of project portfolio's entropy, synergy between the projects, industry branch accessory of the companies, divided into the following groups: engineering, instrument-making, implementation of technologies, software development. Extended article hypothesis is supported by calculations based on the sample of 20 enterprises of Ural and Siberian autonomous regions of Russia. The inverse relationship between the level of income of R&D enterprises in the early stages of development and the level of portfolio's entropy to all selected industry groups was found. The results of this research may be used in strategic management in the future.

Keywords: r&d product, r&d project, r&d enterprise, research, entropy, innovation, project portfolio, bifurcation, life cycle, strategy

В период кризиса сырьевой модели экономики одним из ключевых стратегических направлений государственного управления является развитие научно-технической сферы для создания новых направлений продуктового экспорта. Наиболее важным, на наш взгляд, вектором является развитие малого и среднего сектора предпринимательства в данной отрасли, вследствие рыночной гибкости и инвестиционной перспективности данного сектора экономики. Уникальность данного объекта с точки зрения стратегического планирования заключается в том, что продукт таких предприятий

обладает ярко выраженной проектной направленностью. Большинство научно-технических предприятий малого и среднего типа не способны преодолеть существующие базовые рыночные барьеры, такие как недостаток собственных средств и квалифицированного персонала, представленные в работах А.В. Луговцова, А.Е. Гамберга [5]. Тому, что лишь малая часть предприятий преодолевает их, по нашему мнению, предшествует тот факт, что у руководства и собственников предприятий отсутствует представление о стратегическом плане развития предприятия, учитывающем специфику продукции малых предприятий научно-технической сферы.

Одной из причин данного явления, на наш вгляд, является то, что ресурсов предприятий не хватает на развитие нескольких проектов одновременно, а в условиях мало предсказуемого кризисного рынка трудно оценить рыночную привлекательность какого-либо проекта предприятия и осуществить селекцию. При этом проекты, развиваемые предприятием, оказывают влияние на развитие друг друга, за счет ограниченности ресурсов, различности величин доходов от внедрения данных проектов и механизмов финансовой «подпитки». Такой подход позволяет говорить о наличии синергизма между проектами, разрабатываемыми предприятием, и появлении синергетического эффекта от эффективного формирования портфеля таких проектов.

Как известно, проект, в отличие от продукта в классическом представлении, обладает предметной и отраслевой спецификой, характеризуемой различной величиной затрат на проведение работ, внедрение проектов, а также спросом на результаты разработок и экономическим эффектом от их внедрения. К тому же проект может находиться на разной степени технической проработки, и этот показатель способен изменяться в динамике. Этот факт играет значительную роль с точки зрения влияния на деятельность предприятия в целом, в связи с тем, что в портфель научно-технического предприятия, как правило, входит более одного проекта. Структура такого портфеля может быть неоднородной и включать проекты на разной степени технической проработки и проекты из разных предметных областей. Учет этих параметров при формировании стратегии особенно важен на ранних этапах развития предприятия, когда организация подвержена влиянию внешней среды и необходима жесткая структурированность внутренних процессов.

Учитывая вышеперечисленное, очевидной видится проблема учета структуры, отраслевой принадлежности и синергетического эффекта портфеля проектов научно-технического предприятия на ранних этапах развития предприятия. Исследования по тематике оценки портфеля проектов научно-технического предприятия встречаются в работах российских авторов, таких как Б.П. Воловиков, О.Ю. Колущинская [4] и Н.В. Баша, П.А. Горнов, А.С. Шпякина [1]. Однако в предложенных этими авторами подходах к формированию портфеля проектов отсутствуют методики, учитывающие отраслевую принадлежность проектов и предприятия, а также отражающие взаимосвязь между этими параметрами и результатами финансово-хозяйственной деятельности предприятия.

В рамках данного исследования был проведен анализ взаимосвязи неупорядоченности портфеля проектов научно-технического предприятия на ранней стадии развития и показателей эффективности деятельности такого предприятия.

Предлагаемый методический подход базируется на следующем постулате: существует энтропия портфеля проектов научно-технического предприятия, которая характеризует степень неупорядоченности (неопределенности) данного портфеля, базируясь на параметрах, отражающих качество и количество проектов, как-то: степень технической проработки проектов и степень синергизма, возникающего при их одновременной разработке.

Аналогично процессам, происходящим в термодинамических и информационных системах, на протяжении жизненного цикла предприятия без вмешательства в портфель проектов энтропия изменяется, как следствие возникает максимальная неупорядоченность системы, что является предпосылкой к кардинальному изменению фазы жизненного цикла, то есть приводит предприятие к точке перехода в другое состояние.

Показатель энтропии портфеля проектов предлагается оценивать по формуле Шеннона [2].

Для расчета данного показателя по степени технической проработки проектов необходимо ввести вероятностную оценку этапов технической проработки продуктов, разрабатываемых на предприятии. В данной методике для вероятностной оценки мы предлагаем пользоваться шкалой, предложенной К.М. Великановым для оценки вероятности внедрения технических проектов [3]. Коэффициент, предложенный выше, представляет собой вероятность воплощения технического решения на текущей стадии его проработки в полноценное коммерчески реализуемое изделие.

Для расчета данного показателя по величине синергизма проектов в портфеле был введен коэффициент синергизма, находящийся в пределах от нуля до единицы. Коэффициент является предметом экспертной оценки руководителями предприятий на основе анкетирования и выставляется на основе следующих критериев:

1. Необходимость финансовой подпитки от других проектов или возможность выделения средств для их подпитки.

2. Потребность в ресурсах, используемых другими проектами, или возможность передачи другим проектам излишков данных ресурсов.

3. Востребованность технических решений из других проектов или богатая база интеллектуальных ресурсов.

4. Недостаток или избыток квалифицированного персонала, занятого в проекте.

5. Схожесть или различие целевой потребительской аудитории проекта и.т.д.

Учитывая, что портфель проектов научно-технического предприятия состоит из нескольких проектов, расчет энтропии портфеля с использованием данной шкалы вероятностей, а также анализ полученных значений позволяет принимать стратегические решения об изменении состава портфеля проектов.

Данный механизм расчета был апробирован на экономических показателях деятельности предприятий научно-технической сферы Уральского и Сибирского федеральных округов. В выборку попали 20 предприятий, реализующих продукты и услуги в следующих областях промышленности: приборостроение – 5 предприятий, машиностроение – 5 предприятий, программное обеспечение – 5 предприятий, технологические компании – 5 предприятий. Срок деятельности всех предприятий выборки – 5 лет. Все они были образованы либо реструктуризированы в 2010 году.

Расчет производится с учетом динамики изменения степени технической проработки проекта и величиной синергизма проектов в портфеле. Полученные в ходе расчета данные были сгруппированы и усреднены.

Как видно из графика (рис. 1), среднее количество проектов в портфеле предприятий остается в пределах от одного до двух проектов, в первые два года количество проектов предприятий близко к одному, это связано, прежде всего, с отсутствием финансовой возможности запуска других проектов и высокой организационной загрузкой руководства компаний на этапе открытия предприятия.

К третьему году, как правило, запускаются новые проекты, а к пятому наступает период селекции проектов, когда ресурсы направляются на наиболее финансово перспективные разработки, а проекты с низкой отдачей закрываются. Развитию проектов, входящих в вышеуказанные отраслевые портфели, соответствует следующий уровень энтропии (рис. 2).

Как видно из рис. 2, динамика изменения энтропии портфеля проектов по степени технической проработки данной выборки предприятий по годам отражает следующие результаты: к пятому году деятельности на большинстве предприятий наблюдалось снижение энтропии портфеля проектов. Связано это как с исключением из портфеля к 2015 году наименее эффективных проектов (за счет чего упорядоченность портфеля увеличивается), так и с улучшением степени технической проработки самих проектов. Энтропия портфеля по коэффициенту синергизма проектов отражена на рис. 3.

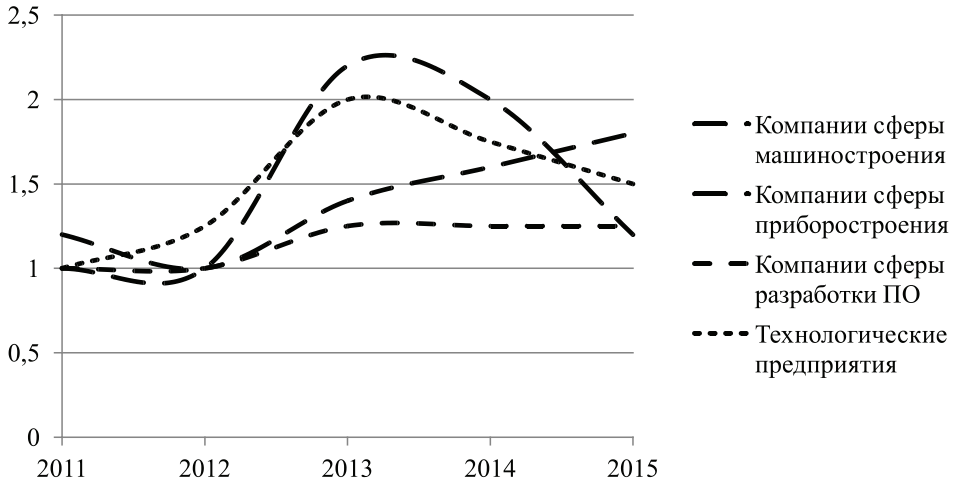


Рис. 1. Изменение среднего количества проектов в портфеле предприятий по годам

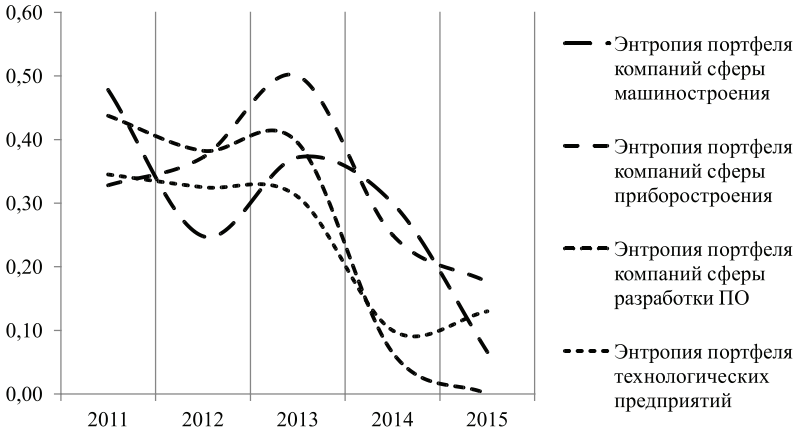


Рис. 2. Изменение средней энтропии портфеля проектов по степени технической проработки проектов предприятий по годам

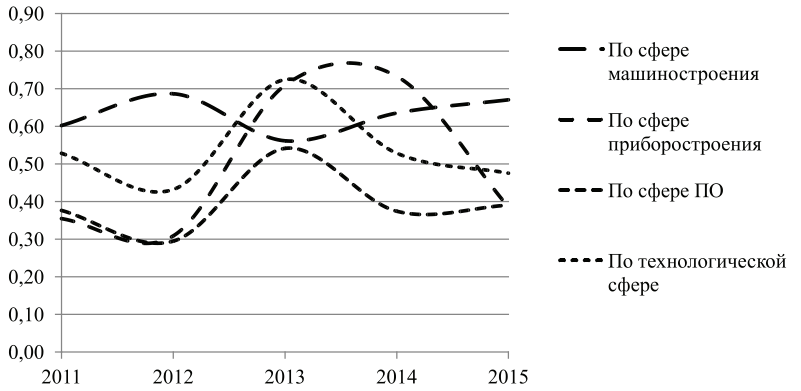


Рис. 3. Изменение средней энтропии портфеля проектов по коэффициенту синергизма проектов предприятий по годам

Как видно из рис. 3, по предприятиям сфер приборостроения, разработки программного обеспечения и технологической сферы энтропия портфеля проектов по коэффициенту синергизма достигает наибольших значений в 2013–2014 годах. Данный показатель отражает степень упорядоченности и полноты синергизма проектов в портфеле, необходимую для достижения максимального синергетического эффекта при одновременной разработке данных проектов. Достижение данным показателем максимальных величин говорит о наименьшей упорядоченности и может являться следствием наличия большого количества проектов в портфеле, а также мало сочетаемых коэффициентов синергизма проектов в портфеле. По сфере машиностроения, напротив, 2013 год является пиком упорядоченности проектов в портфелях предприятий по синергизму, а колебания данного показателя в целом меньше, чем в других отраслях за период наблюдения. Данный факт, на наш взгляд, говорит о том, что в данной отрасли присутствует высокая степень близости между проектами в плане соответствия интеллектуальных и материальных ресурсов, а также универсальности специалистов, реализующих подобные проекты.

Объем выручки по группам предприятий за период наблюдения представлен на рис. 4.

Как видно из рис. 4, выручка предприятий значительно различается в зависимости от отраслевой принадлежности портфеля проектов. Так, наибольший объем выручки за последний период наблюдения соответствует группе научно-технических предприятий в сфере машиностроения, наименьший – в сфере разработки программного обеспечения. Данный факт обосновывается тем, что себестоимость изделий, производимых предприятиями сферы машиностроения, как правило, выше, чем в остальных сферах, и в случае, когда предприятие данной сферы становится коммерчески успешным, величина его выручки составляет величину, превосходящую по объему выручку компаний, реализующих проекты в других отраслях даже при относительно невысокой прибыли. Выручка по группам технологи-

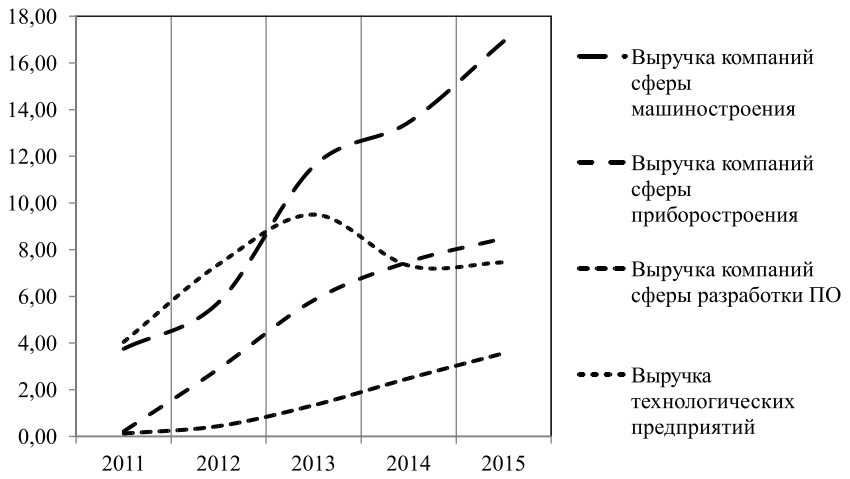


Рис. 4. Изменение средней выручки предприятий по годам

ческих предприятий и предприятий сферы машиностроения в первые три года выше, нежели у предприятий сферы разработки ПО и предприятий приборостроения. Этот факт обосновывается различной потребностью в ресурсах при разработке проектов и различной структурой затрат в зависимости от отраслевой принадлежности проектов. Также из рис. 4 видно, что в первый год выручка компаний сферы приборостроения и разработки программного обеспечения минимальна, в связи с продолжительным периодом разработки проектов в этой сфере. Предприятия, осуществляющие деятельность в сфере машиностроения и внедрения технологий, имеют более высокие результаты в базовом году за счет высокой базовой стоимости услуг и продукции уже на старте продаж. Исходя из результатов расчета, применительно к специфике продукта предприятий, можно сделать вывод о том, что выручка компаний научно-технической сферы на ранних стадиях зависит как от степени проработки проектов в портфеле и от типа продукта, на разработку которого направлен проект, так и от степени синергизма между проектами.

Использование данных параметров для оценки полноты и структурированности портфеля научно-технических проектов предприятий видится перспективным. Такая методика позволяет учитывать отраслевую принадлежность портфеля как составляющую внешней среды, а также степень технической проработки и синергизма как составляющие внутренней среды портфеля в сравнении с экономическими результатами от его ведения.

Полученные результаты позволяют говорить о возможности использования совокупности вышеописанных расчетных показателей для прогнозирования развития предприятия научно-технической сферы. В дальнейшем на основе данных показателей возможно построение корреляционно-регрессионных моделей и матриц принятия стратегических решений. Данная методика может быть использована для формирования стратегии малого предприятия научно-технической сферы.

Список литературы

1. Баша Н.В., Горнов П.А., Шпякина А.С. Формирование портфеля инновационных проектов при управлении научно-исследовательскими организациями // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № . 5–2 (24). – С. 11–13.

2. Боос В.О., Использование понятия энтропии для описания влияния интеллектуального капитала на финансовые результаты предприятия // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. – 2011. – № 28 (245). – С. 12–16.

3. Великанов К.М. Экономика и организация производства в дипломных проектах. – 1986. – С. 232

4. Воловиков Б.П., Колущинская О.Ю. Разработка оптимального бизнес-портфеля промышленного предприятия // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2010. – № 1. – С. 162–168.

5. Луговцов А.В., Гамберг А.Е., Организационный механизм развития инновационной составляющей конкурентоспособности российских предприятий // Проблемы обеспечения безопасного развития современного общества: сборник трудов IV международной научно-практической конференции. – 2014. – Ч. 2. – С. 217–225.

References

1. Basha N.V., Gornov P.A., Shpyakina A.S. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatelskiy zhurnal – [International journal of scientific researches]*, 2014, no. 5–2 (24), pp. 11–13.

2. Boos V.O., *Vestnik YuUrGU – [South-Ural government University messenger]*, 2011. no. 28 (245), pp. 12–16.

3. Velikanov K.M. *Ekonomika I organizatsyya proizvodstva v diplomnykh proektakh – [Economics and production management in graduation works]*, Leningrad, 1986, pp. 232.

4. Volovikov B.P., Koluschinskaya O.Yu., *Vestnik Omskogo Universiteta-[Omsk university messenger],* 2010, no. 1, pp. 162–168.

5. Lugovtsov A.V., Gamberg A.E. *Problemy obespecheniya bezopasnogo razvitiya sovremennogo obschestva* (Proc IV int. conf. Problems of provision of secure development of modern society) 2014. p. 2. pp. 217–225.

УДК 334.012

АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

[1]Грахов В.П., [2]Мохначев С.А., [1]Фролова В.П.

[1]ГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова», Ижевск, e-mail: pgs@istu.ru;

[2]НОУ ВПО «Восточно-Европейский институт», Ижевск, e-mail: sa195909@yandex.ru

В статье рассматривается построение аналитической системы комплексной оценки состояния кадрового потенциала проектной организации. Исследуется роль влияния конкурентной среды на развитие организации. Динамика кадровых показателей во многом зависит от состояния рынка, от ситуации в экономике страны, от мер и способов выживаемости и развития предприятия в постоянно меняющихся внешних условиях. В свою очередь, конкурентная среда и ее формирование в современном мире является основой развития рыночных отношений. Отражается необходимость интеграции маркетинга в управленческий процесс. В результате анализа выявляются слабые стороны в управлении трудовыми ресурсами и разрабатываются предложения по совершенствованию кадрового потенциала организации. В частности, авторы отмечают, что развить кадровый потенциал организации можно за счет эффективного восполнения и повышения качественного уровня кадров, квалифицированного уровня стимулирования и мотивации сотрудников, инновационной осведомленности кадровой службы. Предприятию необходимо уделить должное внимание организационной структуре, кадровой политике, маркетингу и общей программе развития компании в условиях современного состояния развития рынка и экономики страны.

Ключевые слова: проектная организация, кадровый потенциал, анализ кадров, управление в рыночных условиях

ANALYTICAL SYSTEM FOR INTEGRATED ASSESSMENT OF HUMAN RESOURCE CAPACITY PROJECT ORGANIZATION

[1]Grakhov V.P., [2]Mokhnachev S.A., [1]Frolova V.P.

[1]Izhevsk State Technical University named after M.L. Kalashnikov, Izhevsk, e-mail: pgs@istu.ru;

[2]Eastern-European Institute, Izhevsk, e-mail: sa195909@yandex.ru

The article discusses the analytical system of complex estimation of personnel potential of the project organization. Examines the role of the influence of competitive environment on organization development. Dynamics of HR metrics is largely dependent on the state of the market, situation in the economy, ways of survival and development of the enterprise in a constantly changing external environment. In turn, the competitive environment and its development in the modern world is the basis of development of market relations. Reflects the need for integration of marketing in the management process. The analysis reveals weaknesses in management of labour resources, and developed proposals on improvement of personnel potential of the organization. In particular, the authors note that to develop our human resources organization through effective replenishment and improvement in the quality of personnel, qualified level of stimulation and motivation of employees, innovation awareness personnel services. The company needs to pay due attention to organizational structure, HR, marketing and General programme of development of the company in conditions of a modern status of development of the market and the economy.

Keywords: project organization, personnel potential, frame analysis, management of in market conditions

Современные рыночные условия диктуют любому предприятию условия выживания при высокой конкуренции, которые включают в себя повышенные требования к эффективности производства, внедрения современных средств и методов управления, как компаниями, так и производственными процессами, повышающими конкурентоспособность предлагаемых товаров и услуг. В настоящее время наибольшим вниманием пользуются комплексные концепции, ориентированные на общее качество деятельности и на развитие персонала. Поскольку основные резервы роста эффективности деятельности исчерпаны, то требуются более тонкие механизмы выявления резервов [5, 7]. Большое внимание в выявлении этих резервов и в достижении поставленных задач следует уделить экономическому анализу.

Анализ помогает выявить соответствие кадрового потенциала стратегиям компании, оценить результаты деятельности не только предприятия, но и подразделений, а также отдельных работников, вырабатывая рекомендации по более рациональному использованию сотрудников с учетом их психологических особенностей. С помощью кадрового анализа можно выработать экономическую стратегию развития предприятия, выявить резервы повышения эффективности производства, определить причины проблем и возможные методы их устранения.

Проведем анализ кадрового потенциала на примере проектно-строительной компании ООО «Развитие», основанной в 1992 году, осуществляющей коммерческое и жилищное строительство в г. Ижевске.

Строительную организацию ООО «Развитие» характеризует линейная модель управления. Для линейной организационной структуры управления характерно наличие руководителя в каждом структурном подразделении, который наделен всеми полномочиями и осуществляет единоличное руководство над работниками. Структурное подразделение проектной организации, которое представлено на рисунке, состоит из администрации и двенадцати отделов.

Самая основная составляющая рабочего процесса любой организации – кадровый состав. Кадры фирмы – это часть персонала, в которую включаются основные (штатные, постоянные), как правило, квалифицированные работники [2].

По характеру выполняемых функций промышленно-производственный персонал (ППП) подразделяется на четыре категории: рабочих, технических исполнителей (служащих), специалистов и руководителей [6].

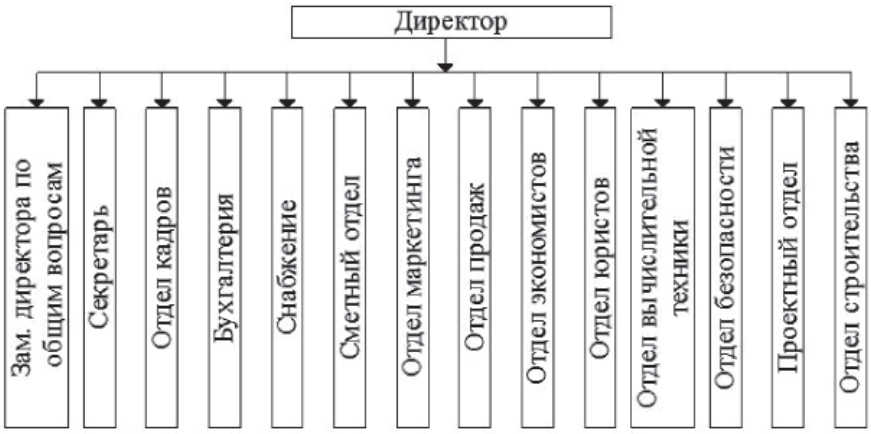
Рассмотрим изменения, которые произошли в кадровом составе исследуемой организации за последние три года. Для этого определим, какую долю составляет каждая категория сотрудников, сравним численности персонала по годам, дадим характеристику образовательного уровня и заработной платы.

В результате анализа штатного расписания организации за последние три года можно сделать вывод о том, что организация имеет сравнительно небольшой штат сотрудников.

В 2014 году по сравнению с 2013 годом произошли следующие изменения в структуре рабочей силы: общая численность работающих возросла на 33 % (на 20 человек), в том числе за счет увеличения административно-управленческого персонала на 5 человек, специалистов на 5 человек и основных работников на 8 человек. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что компания стала развиваться.

Динамика численности в 2015 году по сравнению с 2014 годом обратная. Штат уменьшился на 18 человек, в том числе 3 человека из администрации, 12 человек – специалисты, 3 человека – основные работники. По данным таблицы можно сделать вывод об уменьшении состава специалистов и основных работников, что связано с сокращением объема работ.

Характеристика образовательного уровня сотрудников ООО «Развитие» содержится в табл. 2.



Структура предприятия ООО «Развитие»

Таблица 1

Структура рабочей силы

Показатели	Ед. измерения	2013	%	2014	%	2015	%
Всего персонала:	чел.	60	100	80	100	62	100
из них: – административно-управленческий персонал	чел.	17	28	22	27,5	19	30,6
– специалисты	чел.	13	23	20	25	8	12,9
– основные работники	чел.	30	49	38	47,5	35	56,6

Таблица 2

Образовательный уровень персонала, чел.

Образовательный уровень	2013	2014	2015
Высшее образование	23	34	27
Среднее профессиональное образование	22	21	16
Полное среднее образование	15	23	19
Повышение квалификации	3	5	3

Каждый работник является специалистом в своей области и имеет соответствующее образование. В исследуемой организации высшее образование имеют 42,5% персонала. Если сравнивать с 2013 годом, то здесь удельный вес работников с высшим образованием составил 39%. Свою квалификацию повысили в 2014 году 6% работников фирмы, в то время как в 2013 году удельный вес таких работников составил всего 5 процентов. В 2015 году высшее образование имеют 43,5% сотрудников, 25,8% – среднее профессиональное, 30,6% – полное среднее. Квалификацию повысили 3 сотрудника.

Одна из ключевых задач в управлении персоналом – дальнейшее повышение профессионального уровня специалистов ООО «Развитие», т.к. обучение персонала является частью общей стратегии развития Общества. Возможность повышения квалификации персонала является стимулом для любого работника к дальнейшему продуктивному труду, т.е. является одним из видов мотивирования персонала.

Выполненный анализ уровня зарплаты в данной организации позволил нам оценить его как средний по региону.

Далее определим показатели наличия, движения и использования персонала организации, а также показателей производительности труда. Рассмотрим движение рабочей силы на основе табл. 3.

Проведенные расчеты коэффициентов, используемых для оценки кадрового потенциала организации, приведены в табл. 4.

Таблица 3

Движение рабочей силы в ООО «Развитие», чел.

Показатель	2013	2014	2015
Среднесписочная численность работников	60	80	62
Принято на предприятие	13	35	2
Уволено с предприятия	4	5	36
по собственному желанию	2	2	10
за нарушение трудовой дисциплины	2	3	6
попали под сокращение	0	0	20

Таблица 4

Расчет коэффициентов, используемых для оценки кадрового потенциала организации

Коэффициент	Формула расчета	Значения коэффициента		
		2013	2014	2015
Коэффициент динамики числа занятых Кд	Кд=(Чп–Чув)/Чср	(13–4)/60=0,15	(35 –5)/80=0,375	(2 –36)/62=–0,548
Коэффициент динамики численного состава Кдчс	Кдчс=ДЧ/Чср		(80–60)/80=+0,25	(62-80)/62=–0,29
Коэффициент оборота по приему работников Кпр	Кпр=Чприн/Чобщ	13/60=0,217	35/80=0,438	2/62=0,032
Коэффициент оборота по увольнению Кв	Кв=Чув/Чср	4/60=0,067	5/80=0,063	36/62=0,581
Коэффициент текучести кадров Кт	Кт=Чувсж/Чср	(2+2)/60=0,067	(2+3)/80=0,063	(10+6)/62=0,258
Коэффициент постоянства персонала Кп	Кпс=Чг/Чср	48/60=0,8	60/80=0,75	54/62=0,871

Обозначения: Чп – количество поступивших работников; Чув – количество уволившихся работников; ДЧ – колебания среднесписочного состава; Чср – среднесписочный состав; Чприн – количество принятого на работу персонала; Чобщ – среднесписочная численность персонала; Чувсж – количество уволившихся по собственному желанию и за нарушение трудовой дисциплины; Чг – количество работников, проработавших весь год.

Коэффициент динамики численного состава показывает увеличение численного состава в 2014 году по сравнению с 2013 годом на 25% и уменьшение его в 2015 году в сравнении с 2014 годом на 29%.

Коэффициент оборота по приему работников показывает увеличение вновь принятых работников в 2014 году на 22,1% в сравнении с 2013 годом и уменьшение в 2015 году на 40,6% в сравнении с 2014 годом.

Коэффициент оборота по увольнению показывает уменьшение увольнения кадров за анализируемый период: в 2014 году на 0,4% в сравнении с 2013 годом, – и увеличение в 2015 году на 51,8% в сравнении с 2014 годом.

В 2014 году показатель текучести кадров уменьшился на 0,4% по сравнению с 2013 годом, в 2015 году он увеличился на 19,5% по сравнению с 2014 годом.

Сравнивая показатели текучести по приему и по увольнению, можно заключить, что 2013 и 2014 годы были более успешными, но текучесть все равно была высокой, коллектив был нестабилен и непостоянен. В 2015 году произошел кризис на предприятии, и уволенных было намного больше нанятых. Излишняя текучесть вызывает значительные экономические потери, а также создает организационные, кадровые, технологические, психологические трудности.

Коэффициент постоянства персонала должен стремиться к 1,0. Он показывает, что на предприятии на протяжении анализируемого периода наблюдается текучесть кадров. Наиболее типичными причинами увольнения работников по собственному желанию, как правило, являются неудовлетворенность условиями и организацией труда, низкий уровень заработной платы, удаленность места жительства от места работы, плохие взаимоотношения с нанимателем.

Выполним анализ потерянного времени по формуле

$$Пв = (Пт/100)\cdot Чп\cdot Фв,$$

где Пв – потери рабочего времени по причине текучести; Пт – возможное повышение производительности труда (принимается прирост производительности труда, достигнутый в организации); Чп – численность работников, принятых в течение года; Фв – расчетный фонд рабочего времени одного рабочего за год.

Такие потери характеризуются возможным снижением производительности вновь принятых работников по сравнению со средней по организации. По данным социологических исследований, выработка вновь принятого работника в первый месяц его работы ниже средней примерно на 1/3, во второй месяц – на 10%.

Предположим, что прирост производительности труда в организации за год – 5,8%. В организацию было принято 114 человек, число отработанных одним работником дней составило 230,5. Рассчитанные величины потерь рабочего времени для данного случая являются значимыми, поэтому необходимы мероприятия по эффективному использованию рабочего времени и повышению мотивации персонала. Необходимо проводить работу с персоналом, применять принципы стимулирования и мотивации, анализировать применяемые принципы и делать соответствующие выводы.

В свою очередь, предприятие пытается повысить удовлетворенность сотрудников за счет создания здоровой рабочей атмосферы в коллективе, организации технически оснащенных рабочих мест. Также на предприятии проводится планомерная работа с кадрами, с резервом для выдвижения, которая строится на таких организационных формах, как подготовка кандидатов на выдвижение по индивидуальным планам, обучение на специальных курсах и стажировка на соответствующих должностях.

Предприятие предъявляет определенные требования к своим сотрудникам. К ним можно отнести следующие: профессионализм, высокая грамотность, коммуникабельность, способность усваивать информацию, энтузиазм, а также преданность своему делу.

Делая вывод о кадровом потенциале, можно заключить, что компании необходимо обеспечить стабильные места для персонала, ведь повышенная текучесть кадров снижает эффективность деятельности. Развить кадровый потенциал организации можно за счет эффективного восполнения и повышения качественного уровня кадров, квалифицированного уровня стимулирования и мотивации сотрудников, инновационной осведомленности кадровой службы. Предприятию необходимо уделить должное внимание организационной структуре, кадровой политике, маркетингу и общей программе развития компании в условиях современного состояния развития рынка и экономики страны.

Для формирования и развития кадрового потенциала необходимыми компонентами являются: наличие эффективной научной инфраструктуры организации: качественный потенциал научных работников и специалистов; наличие научных школ и технологий; научный задел в форме интеллектуальной собственности; использование маркетинговых инструментов для

передачи инновационных технологий на рынок продукции и услуг [3].

Динамика кадровых показателей во многом зависит от состояния рынка, от экономики страны, от мер и способов выживаемости и развития предприятия в постоянно меняющихся внешних условиях. В свою очередь, конкурентная среда и ее формирование в современном мире является основой развития рыночных отношений. Решение проблем конкурентоспособности становится неким стратегическим ресурсом всей экономики России. Эта проблема актуальна во всех отраслях, в том числе и в строительной отрасли [4].

Управление рыночно ориентированной организацией должно основываться на принципе интеграции маркетинга персонала в управленческий процесс, т.е. деятельности, направленной на обеспеченность кадровым потенциалом компании. Именно маркетинг позволяет системам управления производственно-хозяйственной деятельностью различных субъектов достигать необходимой гибкости, адаптивности, стратегической маневренности, без которой невозможно функционировать в динамично развивающейся рыночной среде [1].

Комплексная оценка кадрового потенциала компании – важнейший элемент управления персоналом. Персонал организации является главным ресурсом, от эффективности использования которого напрямую зависят результаты деятельности организации.

Список литературы

1. Алексеева Н.А. Теория и практика взаимодействия рынков жилья и жилищных услуг // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2013. – № 2–2. – С. 5–10.

2. Вуец Л.В. Конкурентоспособность трудовых ресурсов // Фотинские чтения – 2014. Сборник материалов Ежегодной международной научно-практической конференции. Весеннее собрание. – Ижевск. 2014. – С. 218–223.

3. Глухова Е.А. Аналитическая система комплексной оценки кадрового потенциала научной медицинской организации / Е.А. Глухова, Е.Л. Потемкин // Социальные аспекты здоровья населения. – 2012. – № 4.

4. Кислякова Ю.Г., Грахова Е.В., Анисимова Н.В. Развитие принципов производственного менеджмента через корпоративную социальную ответственность и устойчивость строительной организации // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 5–1 (46–1). – С. 783–786.

5. Мохначев К.С., Мохначева Е.С. Развитие интеграции субъектов хозяйствования в регионе // European student scientific journal. – 2015. – № 1.

6. Овчинникова М.С. Экономика организации: учеб. пособие / М.С. Овчинникова, А.Е. Иванов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 70 с.

7. Суетин С.Н., Титов С.А. Управление портфелем проектов: стратегический уровень проектного управления // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 5–2 (46–2). – С. 509–515.

References

1. Alexeeva N.A. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Serija Jekonomika i pravo Bulletin of Udmurt University. Series Economics and law*. 2013. no. 2–2. pp. 5–10.

2. Vuez L.V. *Fotinskie chtenija 2014. Sbornik materialov Ezhegodnoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Vesennee sobranie* [Fotinskii reading 2014. The collection of materials of international scientific-practical conference. Spring meeting]. Izhevsk. 2014. pp. 218-–223.

3. Glukhova E.A., Potemkin E.L. *Socialnye aspekty zdorovja naselenija Social aspects of health of the population.* 2012. no 4.

4. Kislyakova Yu.G., Grakhova E.V., Anisimova N.I. *Jekonomika i predprinimatelstvo Economics and entrepreneurship.* 2014. no. 5–1 (46–1). pp. 783–786.

5. Mokhnachev K.S., Mokhnacheva E.S. *Evropejskij studencheskij nauchnyj zhurnal European student scientific journal.* 2015. no. 1.

6. Ovchinnikova M.S., Ivanov A.E . *Jekonomika organizacii* [Economics of organization]. Chelyabinsk: Publishing center SUSU, 2010. 70 p.

7. Suetin S.N., Titov S.A. *Jekonomika i predprinimatelstvo Economics and entrepreneurship.* 2014. no. 5–2 (46–2). pp. 509–515.

УДК 330.115(075.8)

НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Грибов А.Ф.

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, e-mail: afgribov@mail.ru

В работе обсуждаются проблемы нелинейной оптимизации инвестиционной программы в реальном секторе экономики. Ставится задача одновременной оптимизации инвестиционной и производственной деятельности. Важная особенность этой деятельности состоит в том, что денежные поступления и расходы могут меняться нелинейно. Так, затраты промышленного предприятия меняются нелинейно при изменении его мощности или удельных весов отдельных видов продукции в общем объеме производства. В работе производственная деятельность описывается нелинейной зависимостью увеличения мощности производственного процесса и объемом выпускаемой продукции, что позволяет решить проблему оценки эффективности «больших проектов». Решение показало существенное отличие от линейного варианта, т.е. традиционного метода. Представленная модель дает более точную оценку исследуемых проектов модернизации и позволяет поставить и решить задачу оптимизации для отдельного (индивидуального) проекта автономно, локально, рассматривая его как так называемый «большой проект», который не может быть исследован стандартными методами с использованием NPV.

Ключевые слова: нелинейная оптимизация, инвестиционная программа, производственная деятельность, оценка эффективности, проект

A NONLINEAR OPTIMIZATION MODEL OF THE OPERATING ACTIVITY OF THE ENTERPRISE

Gribov A.F.

Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov, Moscow, e-mail: afgribov@mail.ru

This paper discusses the problems of nonlinear optimization of the investment program in the real sector of the economy. The aim is the simultaneous optimization of investment and production activities. An important feature of this activity is that cash receipts and expenditures may vary non-linearly. The cost of industrial enterprises changes nonlinearly when you change its capacity or specific weights of individual products in total production. Production activity is described by a nonlinear dependence between increasing the capacity of the production process and product output, which allows to solve the problem of evaluating the effectiveness of «big projects». The solution showed a significant difference from the linear version, i.e. the traditional method. The presented model gives a more accurate evaluation of the modernization projects and allows to formulate and solve the optimization problem for individual (private) project autonomously, locally, treating it as a so-called «big project», which cannot be studied by standard methods using NPV.

Keywords: nonlinear optimization, investment program, production activities, performance evaluation, project

В последнее время расширяется практика разработки методов и моделей оценки проектов в реальном секторе экономики. Она преследует цель заинтересовать потенциальных участников проекта, показать, что участие в проекте будет им выгодно. Поэтому основой проектного анализа является оценка эффективности инвестиционного проекта и выбор, при наличии альтернатив, лучшего из них. При этом оценка эффективности при значительных затратах («большой проект») не может использовать традиционные методы с использованием NPV.

Оценка эффективности проекта сводится по существу к построению и исследованию некоторой экономико-математической модели процесса реализации проекта.

При оценке эффективности проектов с помощью моделей деятельности предприятия возникает ряд проблемных вопросов. В частности, в моделях одновременного инвестиционного и финансового планирования производственную сферу предприятий принимают как заданную, при этом считаются известными денежные потоки для отдельных инвестиционных проектов и с учетом предположения, что инвестиционные проекты не зависят друг от друга. Проблема заключается в том, что денежные потоки инвестиций становятся известны лишь после того, когда сформирована программа, выходными данными которой являются объемы производимых и реализуемых продуктов.

В рассматриваемой модели предлагается отказаться от допущения независимости инвестиционных проектов друг от друга. Это означает, что их денежные потоки уже нельзя принимать как заранее заданные, и они должны определяться как результаты процесса принятия решения. Такое предположение обосновано, когда речь идет о многопродуктовых и/или многоступенчатых процессах производства и при этом нельзя допускать независимость инвестиционных проектов. В этом случае необходимо

рассматривать денежные потоки как результат одновременного планирования производственной программы определения программы и программы инвестиций. При значительных объемах производства в рамках формировании инвестиционной программы существенную роль начинают играть нелинейные зависимости. Указанная проблема особенно актуальна при рассмотрении задач стратегического планирования.

Вместе с тем в литературе при решении проблемы одновременного инвестиционного и производственного планирования рассматривается исключительно задача линейного программирования, при этом отмечается, что при значительных увеличениях объемов производства (так называемый «большой» проект) существенную роль начинают играть нелинейные зависимости. В таких условиях представляет определенный научный интерес нелинейная постановка задачи оптимизации, которая позволяет оценивать так называемые «большие проекты».

Между тем стратегическое планирование предполагает и оптимизацию операционной деятельности (которая в нашей модели включает и «основное производство», и участие в реальных инвестиционных и инновационных проектах).

Важная особенность этой деятельности состоит в следующем. От одного варианта финансовой деятельности к другому можно переходить непрерывно, изменяя соответствующие переменные модели. При этом допустимые наборы этих переменных образуют выпуклое множество, а целевая функция оказывается выпуклой функцией этих переменных. С операционной деятельностью положение иное. Здесь также есть управляющие параметры, которые можно изменять «практически» непрерывно (объемы производства продукции, размеры производственных запасов и др.). Однако при этом денежные поступления и расходы могут меняться нелинейно. Так, затраты промышленного предприятия меняются нелинейно при изменении его мощности или удельных весов отдельных видов продукции в общем объеме производства, затраты на железнодорожные перевозки меняются нелинейно при изменении грузопотока по соответствующей линии и т.д.

В этих условиях задача оптимизации операционной деятельности может ставиться следующим образом. Предположим, что фирма может изменять свою операционную деятельность, непрерывно изменяя некоторые управляющие параметры (например, объемы производства отдельных видов продукции или сроки начала отдельных мероприятий), образующие вектор $u = (u_1, u_2, ...)$. Тогда на каждом шаге t чистый операционный доход F_t и рыночная стоимость основных средств G_t становятся некоторыми функциями от u, которые мы будем считать достаточно «гладкими». После этого из той же модели можно найти оптимальное управление u.

Легко проверить, что теперь в двойственной модели добавятся новые ограничения на каждый управляющий параметр [2]:

$$\sum_t \left(\pi_t \frac{\partial F_t}{\partial u_j} + h\mu_t \frac{\partial G_t}{\partial u_j} \right) = 0.$$

Смысл их предельно прост. Рассмотрим малый проект, состоящий в увеличении параметра π_j на малую единицу. Результатом такого проекта будет прирост чистых операционных доходов и рыночной стоимости основных средств соответственно на $\partial F_t/\partial u_j$ и $\partial G_t/\partial u_j$. Если вектор u выбран оптимально, то такой проект не изменит значения критерия (точнее – изменит его на малую величину второго порядка). Это значит, что DEI (приведенный эквивалентный доход) такого проекта, рассчитанный по методике [2], равен 0, что и выражается приведенными выше равенствами.

Рассмотрим интересный частный случай данной задачи. Фирма намечает на шаге 0 изменить свою производственную мощность. Поэтому имеется единственный управляющий параметр u – мощность, которая может меняться непрерывно. Предполагается, что оптимальная мощность положительна, причем при оптимальной политике фирма не упирается в ограничения по объему кредитования (т.е. все $q_t = 0$), а ставка дисконта на всех шагах одна и та же, так что $\pi_t - 1/\pi_1 = 1 + E$. Тогда условие, приведенное выше, принимает вид

$$\sum_t \frac{\partial F_t / \partial u}{(1+E)^t} = 0.$$

Величины $\partial F_t/\partial u$ – приросты чистых денежных притоков фирмы от изменения оптимальной мощности на малую единицу – здесь естественно трактовать как чистые денежные притоки «приростного» проекта малого изменения мощности. Тогда приведенное равенство означает, что ставка дисконта здесь совпадает с ВНД указанного «приростного» проекта и, стало быть, определяется не только доходностями вложений в финансовые активы (ФА), но и доходностью вложений в «собственное производство». Решение при этом оказывается таким, как если бы к числу ФА был добавлен «проект» наращивания мощности на малую единицу (именно потому, что

такая единица – малая, этот «проект» правомерно рассматривать как тиражируемый). Другими словами, здесь можно определять ставку дисконта как максимальную доходность альтернативных направлений вложений, включив в число таких направлений «проекты» малого изменения мощности (по сравнению с ее оптимальным, а не существующим уровнем).

Потребность в учете вложений в «собственное производство» интуитивно ощущают и инвесторы, и оценщики, поэтому нередко можно слышать, что при выборе ставки дисконта фирме следует ориентироваться на сложившуюся доходность ее деятельности. Так, в литературе говорится, что при сравнении цен товаров, различающихся сроком службы, за значение ставки дисконта можно принять безрисковую ставку, если покупатель не имеет своего бизнеса, или ставку, равную закладываемой рентабельности собственного бизнеса покупателя или продавца. Между тем теоретически недопустимо приравнивать ставку дисконта к рентабельности собственного бизнеса: сложившаяся (пусть даже стабильная во времени) средняя рентабельность фирмы может существенно отличаться от предельной доходности вложений, однако большие расхождения, скорее всего, встречаются не слишком часто. В то же время даже из указанного неверного положения автор, известный оценщик, делает совершенно справедливый, но идущий вразрез со Стандартами оценки (и потому достаточно смелый) вывод о различиях ставок дисконта у разных участников рынка: следует иметь в виду, что продавец и различные группы покупателей по-разному оценивают для себя ставку дисконтирования: как правило, для большинства покупателей ставка дисконтирования ниже, чем для продавца (поскольку они либо не имеют собственного бизнеса, либо, если имеют, его рентабельность может уступать рентабельности торгового объекта).

Разберемся теперь в следующей интересной проблеме. Предположим, что фирма как-то выбрала ставку дисконта и оценивает методом *NPV* целесообразность приобретения нового станка. Если *NPV* (или DEI) проекта такой покупки окажется отрицательным, ситуация ясна: покупка нецелесообразна. Случай $NPV = 0$, очевидно, маловероятен. Но как поступить, если окажется, что $NPV > 0$? Казалось бы, ответ очевиден и здесь: станок надо купить. Однако такой ответ формально неверен! Дело в том, что проект покупки станка тиражируем, и каждый дополнительно купленный станок должен улучшить финансовое состояние фирмы. Поэтому представляется, что фирма должна купить как можно больше таких станков. Но ведь это, очевидно, противоречит здравому смыслу! В чем же дело? Оказывается, дело в существенном отличии станков от ФТ: проекты их покупки не являются тиражируемыми, ибо объем покупок влияет на денежные потоки предприятия нелинейно. Допустим, что фирма начала покупать станки по одному. Ее технико-экономические показатели при этом начнут меняться, но их зависимость от количества используемых станков будет нелинейной: чем больше станков купит фирма, тем больше изменений ей придется внести в организацию и технологию производства, в деятельность основных и вспомогательных подразделений, в систему сбыта и рекламы и т.п. Наконец, наступит такой момент, когда покупка следующего станка окажется уже неэффективной. Условно можно сказать, что «доходность» покупки последнего станка при этом сравнялась со ставкой дисконта. Отсюда, кстати, можно сделать и обратный вывод: если рациональная политика фирмы предусматривает покупку станка, то ставка дисконта должна превышать «доходность» этой покупки. И наоборот, если рациональная политика фирмы не предусматривает покупки станка, то ставка дисконта должна быть меньше «доходности» этой покупки. Эти соображения могут оказаться полезными для практических оценок ставки дисконта для конкретных фирм.

Полезно иметь в виду, что приведенные равенства выражают только необходимые, но не достаточные условия оптимальности. Дело в том, что нелинейность функций $F_t(u)$ и $G_t(u)$ часто бывает «плохой». Оптимизационная задача при этом оказывается «невыпуклой» и в ней возникают многочисленные локальные оптимумы, часто довольно далекие от глобального.

В то же время воздействия на операционную деятельность фирмы могут быть и дискретными, а фирма должна выбрать лучший из нескольких возможных вариантов управления (например, вид используемого сырья или его поставщика, тип приобретаемого оборудования или транспортных средств). Говоря об использовании критерия *NPV* для оценки стоимости проекта, необходимо отметить, что такая оценка должна производиться при наиболее эффективном использовании оцениваемого имущества. Но это как раз и означает, что есть несколько различных способов использования

имущества, из которых оценщик должен выбрать наилучший, наиболее приемлемый для фирмы-покупателя. В этом случае мы также имеем дело с задачей дискретной оптимизации операционной деятельности.

Существенно, что во всех задачах такого рода уже нельзя непрерывно переходить от одного варианта управления к другому. В подобных ситуациях «операционная» политика фирмы определяется не только «непрерывно меняющимся» векторным параметром u, но и векторным параметром e, принимающим конечное число значений e_1, e_2, ... Каждому k – y из этих значений отвечают, вообще говоря, свои функции $F_{kt}(u)$ и $G_{kt}(u)$, и соответственно – свое оптимальное управление u и свое значение критерия оптимальности [2]. Поэтому здесь ничего не остается, как рассмотреть каждый допустимый вектор $e_к$ в отдельности, решить адекватную оптимизационную задачу, найти соответствующее значение целевой функции и выбрать то k, где это значение будет наибольшим. В общем случае предложить что-то более простое затруднительно, хотя в конкретных задачах, учитывающих специфику дискретно меняющихся параметров, наверняка найдутся более эффективные алгоритмы. Для нас же важно другое: разным $e_к$ отвечают, вообще говоря, разные оценки p_{it} и q_t, а следовательно, и разные α_t и y_t. Поэтому, если даже мы знаем ставки дисконта и оценки прав заимствования, относящиеся к некоторому допустимому вектору e_1, их нельзя использовать, чтобы оценить эффективность выбора другого допустимого вектора e_2 (особенно, если переход от e_1 к e_2 связан с кардинальными изменениями в функционировании фирмы). Другими словами, если имеется несколько кардинально различающихся вариантов развития фирмы (а именно такие варианты чаще всего рассматривают при стратегическом планировании), для выбора лучшего из них нельзя использовать локальный критерий оптимальности (ни *NPV*, ни какие-либо его модификации). Необходимо использовать нелинейную модель.

Нелинейная модель

Переменные модели

c_t – свободные денежные средства (в кассе) в момент времени t;

m_{jkt} – число продуктов типа k, которые в момент времени t производятся на оборудовании типа j;

x_{jt} – число инвестиционных объектов типа j, которые приобретаются в момент времени t.

Константы

A_{jt} – платеж за приобретение одного комплекта оборудования типа j в момент времени t;

B_j – начальная мощность всех видов оборудования типа j;

C_t – избыток или недостаток финансовых средств инвестора в момент времени t;

D_{jk} – среднее время производства продукта k на оборудовании типа j;

F_t – относительная величина дохода инвестора в момент времени t (элемент вектора структуры дохода);

H_{kt} – максимальный объем сбыта продукта типа k в момент времени t;

L_{jt} – выручка от ликвидации одного комплекта оборудования типа j, которую получает инвестор в момент времени T, если он продает это оборудование в момент времени t;

M_t – базовый платеж в момент времени t;

P_{kt} – чистая цена продажи продукта типа k, который продается в момент времени t;

V_{jk} – средние переменные производственные издержки продукта типа k, который производится на оборудовании типа j;

Y – уровень дохода инвестора;

Z_j – мощность одного оборудования типа j в один период.

Индексы

j – индекс типа оборудования ($j = 1, \ldots, J$);

k – индекс продуктов ($k = 1, \ldots, K$);

t – временной индекс ($t = 1, \ldots, T$).

Формулировка модели

Целевая функция. В задаче предполагается максимизировать собственный капитал к концу рассматриваемого процесса и одновременно осуществить фиксированный, заранее заданный доход от производственной деятельности предприятия.

$$\max C_T^* = \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} P_{kT} m_{jkT-1} + c_{T-1} + \sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T-1} L_{jt} x_{jt}. \quad (1)$$

Ограничения. При максимизации представленной целевой функции необходимо принять во внимание следующие три вида дополнительных ограничений, отражающих условия ликвидности, производства и сбыта.

Условия ликвидности. Условия является ликвидными, если поступления ни в какой из моментов времени планового периода не меньше выплат. Поэтому из полного финансового плана для момента времени $t = 0$:

$$\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} P_{kt} m_{jkt-1} + c_{t-1} + -\sum_{j=1}^{J} A_{jt} x_{jt} - c_t = F_t Y - M_t \ \forall 0 < t < T. \quad (2)$$

При этом C_T символизирует неизвестную перед началом решения проблемы (максимизируемую) стоимость собственного капитала. Если перенести константы в правую часть и, кроме того, потребовать, чтобы остаточное имущество не могло стать меньше 0, то тогда формулировка условия ликвидности будет выглядеть следующим образом:

$$\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}P_{kT}m_{jkT-1}+c_{T-1}+\sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T-1}L_{jt}x_{jt}\geq F_TY-M_T. \quad (3)$$

Условия производства. Условия производства являются ядром каждой модели одновременного инвестиционного и производственного планирования. Ни в какой из моментов времени планового периода нельзя произвести больше продуктов, чем это позволяют мощности, которыми располагает предприятие в это время. В данной работе, в отличие от предпосылок общепринятой (классической) модели производственного планирования [1 с. 196], мощность оборудования не является неизменной: ее можно увеличить с помощью инвестиций. Важно подчеркнуть, что связь между увеличением мощности и выпуском продукции носит нелинейный характер. Имеющиеся в распоряжении в момент времени t при $0 < t < T$ мощности оборудования типа j определяют следующее ограничение:

$$\sum_{k=1}^{K}D_{jk}m_{jkt}-\sum_{r=0}^{t}(Z_jx_{jr})^{\frac{1}{2}}\leq B_j\ \forall j,\quad t<T \quad (4)$$

Эти ограничения необходимо учитывать для всех типов оборудования и для всех моментов времени планового периода.

Условия сбыта. В соответствии с допущениями модели длительность производства продуктов в точности равна одному периоду. Продукты не складируются, и существуют верхние границы сбыта. Поэтому необходимо соблюдать дополнительные ограничения:

$$\sum_{j=1}^{J}m_{jkt}\leq H_{kt+1}\ \forall j,\quad t<T. \quad (5)$$

Этих дополнительных условий необходимо придерживаться для всех видов продуктов и для всех моментов времени планового периода.

Условия целочисленности. Так как невозможно приобрести части оборудования, мы также должны требовать, чтобы имело место следующее:

$$x_{jt}\ \text{целое число}\ \forall j,\ t<T. \quad (6)$$

В ходе исследования рассматривался числовой пример, который иллюстрирует построение модели и делает более понятной работу ее компонентов.

Для решения поставленной задачи была построена базовая таблица в Excel. Она содержит 21 переменную, 1 целевую функцию и 16 дополнительных ограничений.

В результате решения задачи с помощью алгоритмов Excel (процедура «Поиск решения»), были получены значения, которые существенно отличаются от линейного варианта.

Выводы

В представленной модели использовалась нелинейная зависимость между инвестициями на приобретение дополнительного оборудования (мощностью) и объемом выпускаемой продукции. Решение показало существенное отличие от линейного варианта, т.е. традиционного метода. Это принципиальная вещь, которая позволяет по-новому взглянуть на существующую проблему:

1) во-первых, представленная модель по сравнению с линейным вариантом дает более точную оценку исследуемых проектов модернизации;

2) во-вторых, нелинейная модель позволяет поставить и решить задачу оптимизации для отдельного (индивидуального) проекта автономно, локально, рассматривая его как так называемый «большой проект», который не может быть исследован стандартными методами с использованием *NPV*.

Список литературы

1. Дроженко В.М. Особенности формирования и оценки эконометричесой модели торгового предприятия // Современные аспекты экономики. – 2014. – № 5 (201).

2. Крушвиц Л. Инвестиционные расчеты. – СПб.: Питер, 2001. – 432 с.

3. Меерсон А.Ю., Смирнова Е.И. Практикум по дисциплине «Прогнозирование предпринимательской деятельности». – М.: Изд-во РЭУ им. Плеханова, 2012.

4. Смоляк С.А. Дисконтирование денежных потоков в задачах оценки эффективности инвестиционных проектов и стоимости имущества; Центр. экон.-мат. ин-т РАН. – М.: Наука, 2006. – 324 с.

5. Шевелевич К.В. Теорема Хикса и Ле-Шательье-Самуэльсона для бесконечномерной матричной модели Леонтьева // Докл. Нац. Акад. Наук Беларуси. – 2003. – Т. 47, № 3. – С. 33–37.

References

1. Drozhenko V.M. Osobennosti formirovanija i ocenki jekonometrichesoj modeli torgovogo predprijatija // Sovremennye aspekty jekonomiki. 2014. no. 5 (201).

2. Krushvic L. Investicionnye raschety. SPb.: Piter, 2001. 432 p.

3. Meerson A.Ju., Smirnova E.I. Praktikum po discipline «Prognozirovanie predprinimatelskoj dejatelnosti». M.: Izd-vo RJeU im. Plehanova, 2012.

4. Smoljak S.A. Diskontirovanie denezhnyh potokov v zadachah ocenki jeffektivnosti investicionnyh proektov i stoimosti imushhestva; Centr. jekon.-mat. in-t RAN. M.: Nauka, 2006. 324 p.

5. Shevelevich K.V. Teorema Hiksa i Le-Shatele-Samujelsona dlja beskonechnomernoj matrichnoj modeli Leonteva // Dokl. Nac. Akad. Nauk Belarusi. 2003. T.47, no. 3. pp. 33–37.

УДК 69.003.12

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОНТРАКТНЫХ ЦЕН В СИСТЕМЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАКУПОК

Ильина М.В., Мамаева О.А.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный архитектурно-строительный университет», Самара, e-mail: kafedra_cen@mail.ru

Суть работы составляют выводы и предложения относительно процесса формирования цены контракта (договора подряда) на выполнение работ по строительству объектов капитального строительства. Актуальность исследования определяется тем, что реализация современных подходов к ценообразованию в системе становления и внедрения в строительной отрасли стоимостного инжиниринга должна найти свое отражение на этапе реализации контрактных отношений в методах определения твердых договорных цен на строительную продукцию. Работа отвечает этой цели. Предлагаются методические подходы к формированию цены, отвечающие новеллам контрактного законодательства, интересам участников строительства, реалиям инвестиционно-строительного процесса. В работе описаны последовательные этапы формирования цены строительного контракта – от стадии подготовки исходных данных до подготовки сметы к контракту. На основании сметы к договору подряда оформляются первичные учетные документы, в том числе акты о приемке выполненных работ. Подходы к их подготовке отвечают требованиям контрактного и бухгалтерского законодательства, современным потребностям участников инвестиционно-строительного процесса. Практика убедительно доказала, что специфика договорных отношений в строительстве, совмещенная с особенностями продукции как объекта закупочных процедур, требует системного обновления методов формирования контрактных цен, их адаптации к современным реалиям инвестиционно-строительной сферы и алгоритмизации.

Ключевые слова: закупки, индексы-дефляторы, контракт, методические подходы, начальная цена контракта, период реализации проекта, строительство, цена контракта

METHODICAL PROVIDING WITH GENERATING CONTRACT PRICES IN THE SYSTEM OF BUILDING PROCUREMENT

Ilina M.V., Mamaeva O.A.

Samara State University of Architecture and Building Engineering, Samara, e-mail: kafedra_cen@mail.ru

The main point of the work is conclusions and proposals regarding a process of generating a contract price (the building contract) of work of building objects of capital construction. The aim of the work is the next. Implementation of modern approaches to price formation in system of making and introduction of cost engineering in building industry should be reflected in a step of realization of contracting in methods of defining fixed prices of building products. Methodical approaches of generating the price are offered. They comply with contract law, interests of participants of building process. In the work consecutive steps of generating a price of a building contract are described: from preparing initial data to preparing estimate for a contract. On the basis of the estimate to the contract issued primary accounting documents, including acts of acceptance of work performed. Approaches to training meet the requirements of the contract and accounting legislation, the current needs of the participants of investment and construction process. The practice has convincingly proved that the specificity of contractual relations in construction, combined with the characteristics of the product as an object of procurement procedures requires a system update methods of formation of contract prices, their adaptation to the modern realities of investment and construction sector and algoritmization.

Keywords: procurement, indexes deflators, contract, methodical approaches, starting price of a building contract, period of implementation of the project, construction, contract price

Особенностью современного периода развития российской экономики не в последнюю очередь является противостояние политическим и экономическим вызовам, что ведет к необходимости принятия оперативных решений в достижении эффективного управления затратами, особенно в инвестиционно-строительной сфере.

Острая необходимость актуализации подходов к формированию стоимости строительства с целью эффективного использования инвестиций сделала актуальным реформирование всей системы ценообразования в строительной отрасли на государственном уровне. Одним из направлений реформы Минстроя РФ [5] является создание современного нормативно-правового и методического поля, обеспечивающего соблюдение баланса интересов всех участников строительного процесса, в том числе на этапе определения контрактной стоимости строительства.

Общеизвестно, что в настоящее время сложившаяся система ценообразования концентрируется исключительно на сметном ценообразовании, полностью игнорируя другие этапы жизненного цикла инвестиционно-строительных проектов, не является исключением и стадия проведения закупок. О необходимости реализации современных подходов в методах определения договорных цен на строительную продукцию

говорилось неоднократно [2–4]. В рамках заседания круглого стола на тему «Проблемы ценообразования в строительстве», организованного Комитетом Совета Федерации по федеративному устройству, региональной политике, местному самоуправлению и делам Севера, к одним из важнейших направлений эффективности использования инвестиций в строительстве было отнесено совершенствование системы ценообразования, особенно отмечена актуальность разработки нормативно-правового обеспечения расчета стоимости строительства в ходе осуществления закупочных процедур [7].

Действующие нормативно-методические документы определяют сметную стоимость как «сумму денежных средств, необходимых для осуществления строительства». Термины «сметная стоимость» и «стоимость строительства» не являются синонимами. В связи с этим сметную документацию, подготовленную в составе проектной (рабочей) документации, прошедшей экспертизу, и определяющую сметную стоимость, необходимо рассматривать лишь исходным материалом для определения цены строительной продукции на этапе заключения договоров подряда. В пользу осуществления такого подхода контрактной оценки стоимости строительства в бюджетной закупочной сфере говорят разъяснения Минстроя России [6]: «…сметные нормативы не предназначены для расчетов за выполненные работы, сметная документация, сформированная ранее в составе проектной документации, после… установления начальной (максимальной) цены государственного контракта и выбора исполнителя (подрядчика) государственного контракта по итогам конкурсных процедур, в результате которых определена твердая цена, утрачивает свое значение для целей реализации государственного контракта…».

Рыночные отношения в строительном комплексе РФ, особенно при государственном финансировании, определяют необходимость разработки обоснованной системы перехода от сметной стоимости к стоимости строительства объектов капитального строительства, от сметной документации к смете как документу, по которому выстраиваются договорные отношения и обязанности заказчика и подрядчика. Основой данной системы должны стать соответствующие методические рекомендации по формированию твердых цен в системе договорных отношений на выполнение работ по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, о необходимости подготовки которых было доложено в том числе участниками круглого стола «Совершенствование системы ценообразования. Подходы к определению стоимости проектно-изыскательских работ в строительстве» (НОПРИЗ).

Ключевым моментом концепции формирования твердых цен договоров является положение о том, что цена сделки между заказчиком и подрядчиком должна оценивать процесс исполнения договора подряда в реальном уровне цен, и при ее определении следует совместно использовать итоговые данные сметной документации, проекта организации строительства, информацию о фактических и прогнозных индексах изменения стоимости, индексах-дефляторах капитальных вложений (инвестиций).

Общие положения о формировании цены договора подряда на выполнение работ по строительству объектов капитального строительства

Законодательную основу заключения договора подряда на выполнение работ по строительству, реконструкции, капитальному ремонту (далее – строительство) объектов капитального строительства в зависимости от правового статуса заказчика составляют Гражданский кодекс Российской Федерации [1] и специальное законодательство в контрактной системе [8, 9].

Общие требования к определению цены договора подряда содержатся в Гражданском кодексе Российской Федерации – цена работ в договоре строительного подряда определяется в соответствии со сметой. Смета прилагается к договору подряда и является его обязательной частью.

Специальные требования к определению цены установлены нормативными правовыми актами для следующих случаев заключения договора подряда.

– при осуществлении закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд цена государственного (муниципального) контракта является твердой ценой и не может изменяться в ходе его исполнения (за исключением случаев, предусмотренных нормами законодательства);

– при осуществлении закупки государственными корпорациями, государственными компаниями, субъектами естественных монополий, организациями, осуществляющими регулируемые виды деятельности в сфере электроснабжения, газоснабжения, теплоснабжения, водоснабжения, водоотведения, очистки сточных вод, утилизации (захоронения) твердых бытовых отходов, государственными унитарными предприятиями, муниципальными унитарными предприятиями, автономными учреждениями, а также

хозяйственными обществами, в уставном капитале которых доля участия Российской Федерации, субъекта Российской Федерации, муниципального образования в совокупности превышает пятьдесят процентов, порядок формирования цены договора подряда (цены лота) на выполнение работ по строительству объектов капитального строительства должен определяться указанными заказчиками самостоятельно в Положении о закупках или других соответствующих документах.

В настоящей статье авторами предлагаются методические подходы к определению контрактных цен при осуществлении закупочных процедур по объектам строительства.

Последовательность формирования цены договора подряда на выполнение работ по строительству объектов капитального строительства представлена на рис. 1.

– легитимная информация о фактических и прогнозных индексах изменения сметной стоимости строительства и отдельных элементов ее технологической структуры, индексах-дефляторах капитальных вложений (инвестиций).

На основании технической документации осуществляется формирование перечня объектов капитального строительства с детализацией по конструктивным решениям, комплексам и видам работ с указанием объемов работ, на которые планируется заключение договора подряда по строительству объектов капитального строительства.

Данные о сметной стоимости работ принимаются по сметной документации, подготовленной и утвержденной в установленном порядке, имеющей положительное заключение экспертизы (в случае обязательности последнего).

Рис. 1. Последовательность формирования цены договора подряда на выполнение работ по строительству объектов капитального строительства

Цена договора подряда на выполнение работ по строительству объектов капитального строительства формируется в следующей последовательности:

– подготовка исходных данных;

– определение начальной цены в ходе проведения закупочных процедур;

– формирование контрактной цены и подготовка сметы к договору подряда при заключении контракта (договора подряда).

Исходными данными для определения цены договора подряда на выполнение работ по строительству объектов капитального строительства являются:

– техническая документация;

– информация о сметной стоимости работ;

– календарный план строительства в составе проекта организации строительства (при наличии проектной документации) или информация о календарных сроках выполнения работ по строительству объектов капитального строительства;

Необходимым требованием к порядку подготовки локальных сметных расчетов является их формирование по отдельным конструктивным решениям, т.е. итогом локальных сметных расчетов должна быть сметная стоимость возведения отдельных строительных конструкций, систем и сетей инженерно-технического обеспечения, технологического оборудования, пусконаладочных работ с обязательным указанием показателей единичной стоимости конструктивного решения. Для этого на основании технической документации определяются количественные показатели конструктивных решений (объемы работ) с учетом технологической последовательности, сроков, качества их устройства (выполнения), специфических особенностей, а также условий производства строительно-монтажных работ и приемки их выполнения. Состав выполняемых работ, а также показатели единичной стоимости конструктивных решений объекта капитального

строительства служат исходными данными для формирования договорных цен на выполнение подрядных работ, заключения контрактов, а также оформления первичной учетной документации.

Календарный план строительства должен отражать сроки и последовательность выполнения работ по отдельным конструктивным решениям объекта капитального строительства и их комплексам для грамотного приведения ценовых показателей в соответствие с условиями договорных отношений, сроками исполнения контрактных обязательств.

Для этой же цели используется информация о фактических и прогнозных индексах изменения стоимости различной степени детализации, публикуемая уполномоченными органами (Министерством строительства РФ и субъектов РФ, Министерством экономического развития РФ и субъектов РФ), иными региональными органами власти, заказчиками. Информация об индексах изменения стоимости строительства и отдельных элементов ее технологической структуры может приниматься на основании данных ФАУ ФЦЦС, региональных центров ценообразования в строительстве.

Определение начальной цены договора подряда на выполнение работ по строительству объектов капитального строительства

Расчет начальной цены договора подряда на выполнение работ по строительству объектов капитального строительства производится в следующем порядке:

– определяется сметная стоимость предмета закупки с учетом прочих, лимитированных затрат и налогов в ценах подготовки сметной документации;

– определяется расчетная стоимость предмета закупки на дату проведения закупочных процедур;

– формируется начальная цена контракта (лота) в ценах исполнения договора подряда;

– определяется цена контракта.

Непременным условием формирования стоимости на обозначенных этапах осуществления строительства является выполнение расчетов не только по стройке (объектам капитального строительства) в целом, но и с детализацией по конструктивным решениям, комплексами и видами работ. Степень детализации определяется индивидуальными характеристиками предмета закупки, технико-технологическими характеристиками планируемых к выполнению работ, подходами к расчету за выполненные работы и других факторов.

Порядок определения цены строительства в ходе подготовки и осуществления закупочных процедур рассмотрен на рис. 2. В процессе формирования расчетов стоимости используются справочные показатели:

– дата разработки сметной документации ($T_{см}$);

– дата объявления закупки ($T_{закуп}$);

– начало ($T_Н$) и окончание ($T_О$) работ по исполнению договора подряда;

– размер и обоснование прочих, лимитированных затрат и налогов;

– индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, оборудования, прочих работ и затрат на дату разработки сметной документации ($И^{см}_{смр}$, $И^{см}_{О}$, $И^{см}_{П}$), дату объявления закупки ($И^{закуп}_{смр}$, $И^{закуп}_{О}$, $И^{закуп}_{П}$) к ценам базисного уровня.

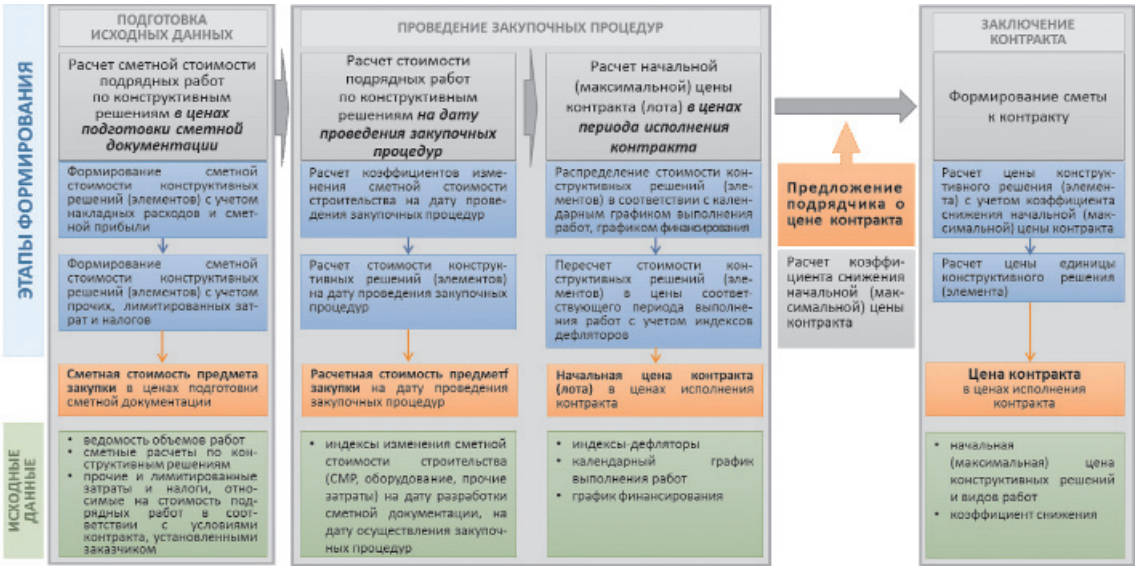


Рис. 2. Порядок определения цены контракта

На основании справочных показателей рассчитываются:

– коэффициенты начисления прочих, лимитированных затрат и НДС для строительно-монтажных работ ($K_{\text{смр}}$), оборудования ($K_{\text{О}}$), прочих (в т.ч. пусконаладочных) работ ($K_{\text{П}}$);

– коэффициенты пересчета на дату объявления закупки сметной стоимости строительно-монтажных работ $\left(K_{\text{смр}}^{\text{закуп}}\right)$, оборудования $\left(K_{\text{О}}^{\text{закуп}}\right)$, прочих (в т.ч. пусконаладочных) работ $\left(K_{\text{П}}^{\text{закуп}}\right)$;

– прогнозные индексы-дефляторы для пересчета стоимости, определенной на дату объявления закупки, в цены исполнения договора подряда (d_i).

Коэффициент начисления прочих, лимитированных затрат и НДС для строительно-монтажных работ ($K_{\text{смр}}$) определяется по формуле

$$K_{\text{смр}} = H_{\text{смр}_1}^{\text{пз}} \cdot H_{\text{смр}_q}^{\text{пз}} \cdot \ldots \cdot H_{\text{смр}_Q}^{\text{пз}}, \qquad (1)$$

где $H_{\text{смр}_1}^{\text{пз}}$, $H_{\text{смр}_q}^{\text{пз}}$, $H_{\text{смр}_Q}^{\text{пз}}$ – нормативы прочих и лимитированных затрат, принятые в сметной документации, и ставка НДС; Q – количество видов прочих, лимитированных затрат, начисляемых на строительно-монтажные работы, и НДС.

Коэффициент начисления прочих, лимитированных затрат и НДС для оборудования ($K_{\text{О}}$) определяется по формуле

$$K_O = H_{O_1}^{\text{пз}} \cdot H_{O_m}^{\text{пз}} \cdot \ldots \cdot H_{O_M}^{\text{пз}}, \qquad (2)$$

где $H_{O_1}^{\text{пз}}$, $H_{O_m}^{\text{пз}}$, $H_{O_M}^{\text{пз}}$ – нормативы прочих, лимитированных затрат, принятые в сметной документации, и ставка НДС; M – количество видов прочих, лимитированных затрат, начисляемых на оборудование, и НДС.

Коэффициент начисления прочих, лимитированных затрат и НДС для прочих (в т.ч. пусконаладочных) работ ($K_{\text{П}}$) определяется по формуле

$$K_{\text{П}} = H_{\text{П}_1}^{\text{пз}} \cdot H_{\text{П}_n}^{\text{пз}} \cdot \ldots \cdot H_{\text{П}_N}^{\text{пз}}, \qquad (3)$$

где $H_{\text{П}_1}^{\text{пз}}$, $H_{\text{П}_n}^{\text{пз}}$, $H_{\text{П}_N}^{\text{пз}}$ – нормативы прочих, лимитированных затрат, принятые в сметной документации, и ставка НДС; N – количество видов прочих, лимитированных затрат, начисляемых на прочие (в т.ч. пусконаладочные) работы, и НДС.

Коэффициенты пересчета сметной стоимости строительно-монтажных работ, оборудования, прочих (в т.ч. пусконаладочных) работ на дату объявления закупки определяются соотношением соответствующих индексов изменения сметной стоимости на дату объявления закупки и дату разработки сметной документации по формулам:

для строительно-монтажных работ

$$K_{\text{смр}}^{\text{закум}} = \frac{\text{И}_{\text{смр}}^{\text{закуп}}}{\text{И}_{\text{смр}}^{\text{см}}}; \qquad (4)$$

для оборудования

$$K_{\text{О}}^{\text{закуп}} = \frac{\text{И}_{\text{О}}^{\text{закуп}}}{\text{И}_{\text{О}}^{\text{см}}}; \qquad (5)$$

для прочих (в т.ч. пусконаладочных) работ

$$K_{\text{П}}^{\text{закуп}} = \frac{\text{И}_{\text{П}}^{\text{закуп}}}{\text{И}_{\text{П}}^{\text{см}}}. \qquad (6)$$

В случае необходимости для пересчета сметной стоимости могут применяться индексы иной детализации.

Расчет индексов-дефляторов для пересчета сметной стоимости, определенной на дату объявления закупки, в цены исполнения договора подряда выполняется с использованием дефляторов капитальных вложений (инвестиций), публикуемых в составе Прогноза социально-экономического развития Минэкономразвития РФ, Минэкономразвития субъекта РФ или уполномоченного органа.

Сметная стоимость предмета закупки с учетом прочих, лимитированных затрат и НДС в ценах подготовки сметной документации определяется по формуле

$$C_k^{\text{см}} = C_{\text{смр}_i}^{\text{см}} + C_{\text{О}_j}^{\text{см}} + C_{\text{П}_g}^{\text{см}}, \qquad (7)$$

где $C_{\text{стр}_i}^{\text{см}}$ – сметная стоимость i-го вида строительно-монтажных работ по k-му виду конструктивного решения с учетом прочих, лимитированных затрат и НДС, в уровне цен разработки сметной документации, руб. Определяется по формуле (8); K – количество видов конструктивных решений, планируемых к выполнению в соответствии с положениями договора подряда, $k = 1...K$;

$$C_{\text{смр}_i}^{\text{см}} = C_{\text{смр}_i} \cdot K_{\text{смр}}, \qquad (8)$$

где $C_{\text{смр}_i}$ – сметная стоимость i-го вида строительно-монтажных работ без учета прочих, лимитированных затрат и налогов, в уровне цен разработки сметной документации, руб.; I – количество видов строительно-монтажных работ, $i = 1...I$; $C_{\text{О}_j}^{\text{см}}$ – сметная стоимость j-го вида оборудования по k-му виду конструктивного решения с учетом прочих, лимитированных затрат и налогов, в уровне цен разработки сметной документации, руб., определяется по формуле

$$C_{\text{О}_j}^{\text{см}} = C_{\text{О}_j} \cdot K_{\text{О}}, \qquad (9)$$

где $C_{\text{О}_j}$ – сметная стоимость j-го вида оборудования без учета прочих, лимитированных

затрат и налогов, в уровне цен разработки сметной документации, руб.; J – количество видов инженерного и технологического оборудования, $j = 1...J$; $C_{П_g}^{см}$ – сметная стоимость g-го вида прочих (в т.ч. пусконаладочных) работ по k-му виду конструктивного решения с учетом прочих, лимитированных затрат и налогов, в уровне цен разработки сметной документации, руб., определяется по формуле

$$C_{П_g}^{см} = C_{П_g} \cdot K_П, \quad (10)$$

где $C_{П_g}$ – сметная стоимость g-го вида прочих (в т.ч. пусконаладочных) работ без учета прочих, лимитированных затрат и налогов, в уровне цен разработки сметной документации, руб.; G – количество видов прочих работ и затрат, $g = 1...G$.

Расчетная стоимость предмета закупки на дату проведения закупочных процедур определяется по формуле

$$C_k^{закуп} = C_{см_{P_i}}^{см} \cdot K_{см_P}^{закуп} + C_{O_j}^{см} \cdot K_O^{закуп} + C_{П_g}^{см} \cdot K_П^{закуп}. \quad (11)$$

Расчетная стоимость по конструктивным решениям в ценах исполнения договора подряда определяется с применением рассчитанных индексов-дефляторов по периодам исполнения конструктивного решения по формуле (12). Для упрощения расчетов принимается, что сметная стоимость конструктивного решения распределяется в пределах периода выполнения работ равномерно.

$$C_k^{дог} = \frac{C_k^{закуп}}{T} \sum_{t=1}^{T} d_t, \quad (12)$$

где T – количество кварталов исполнения договоров подряда по k-му конструктивному решению; $t = 1...T$ – номер квартала исполнения договора подряда по k-му конструктивному решению (нумерация осуществляется с начала исполнения договора подряда).

Начальная цена контракта (лота) формируется в ценах исполнения договора подряда по видам конструктивных решений (формула (13)) и в целом по договору подряда (формула (14)).

$$Ц_k^{нач} = C_k^{дог}; \quad (13)$$

$$Ц^{нач} = \sum_{k=1}^{K} C_k^{дог}. \quad (14)$$

Определение цены договора подряда на выполнение работ по строительству объектов капитального строительства

Цена договора подряда определяется по результатам проведения закупочных процедур. Расчет выполняется по формуле

$$Ц_{ДП} = Ц_{нач} \cdot K_{сн}, \quad (15)$$

где $K_{сн}$ – коэффициент снижения начальной цены договора подряда – определяется по формуле

$$K_{сн} = \frac{Ц_{ДП}}{Ц^{нач}}. \quad (16)$$

В расчете цены договора подряда коэффициент снижения приводится по видам работ (конструктивным решениям) и по расчету в целом.

Рис. 3. Порядок расчетов за выполненные работы при твердых контрактных ценах

В результате произведенных последовательных расчетов формируется простая, понятная и удобная для всех участников строительства форма сметы к договору подряда, включающая информацию о перечне, объемах, цене единицы и общей стоимости планируемых к выполнению работ.

На основании сметы к договору подряда оформляются первичные учетные документы, в том числе акты о приемке выполненных работ. Подходы к их подготовке отвечают требованиям контрактного и бухгалтерского законодательства, современным потребностям участников инвестиционно-строительного процесса. Предлагаемая авторами методика расчетов за выполненные работы отражена на рис. 3.

Практика убедительно доказала, что специфика договорных отношений в строительстве, совмещенная с особенностями продукции как объекта закупочных процедур, требует системного обновления методов формирования контрактных цен, их адаптации к современным реалиям инвестиционно-строительной сферы и алгоритмизации.

Список литературы

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (Федеральный закон от 30.11.1994 № 51-ФЗ).

2. Дидковская О.В., Ильина М.В., Мамаева О.А. Методические положения по формированию начальной цены контракта на выполнение работ по строительству объектов капитального строительства // Государственные закупки. Ценообразование в системе государственного строительного заказа: сборник научных трудов. Специальный выпуск. – Самара, 2011. – С. 48–63.

3. Дидковская О.В. Расчет твердой договорной цены с фиксированной ценой единицы выполняемых работ // Вестник ценообразования и сметного нормирования. – М.: Минрегионразвития РФ, ФЦЦС, 2009. – № 2 (95). – С. 30–32.

4. Ильина М.В. Оценка эффективности контрактной системы размещения заказа в строительстве // Вестник Государственного университета управления. – М.., 2011. – № 22/ октябрь. – С. 148–149.

5. Концепция новой системы ценообразования Минстроя России принципиально одобрена на Комиссии Общественного совета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.minstroyrf.ru/press/kontseptsiya-novoy-sistemy-tsenoobrazovaniya-minstroya-rossii-printsipialno-odobrena-na-komissii-obshch/ (дата обращения: 26.11.2015).

6. Письмо Минстроя России от 23.03.2015 № 7830-ЛС/03 «О порядке применения сметной документации, разрабатываемой с использованием сметных нормативов, включенных в Федеральный реестр сметных нормативов для расчетов за выполненные работы при реализации государственных контрактов на строительство объектов капитального строительства».

7. Рекомендации Совета Федерации Федерального собрания РФ на тему «Проблемы ценообразования в строительстве» от 03.07.2015.

8. Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

9. Федеральный закон от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц».

References

1. Grazhdanskij kodeks Rossijskoj Federacii (Federalnyj zakon ot 30.11.1994 no. 51-FZ).

2. Didkovskaja O.V., Ilina M.V., Mamaeva O.A. Metodicheskie polozhenija po formirovaniju nachalnoj ceny kontrakta na vypolnenie rabot po stroitelstvu obektov kapitalnogo stroitelstva // Gosudarstvennye zakupki. Cenoobrazovanie v sisteme gosudarstvennogo stroitelnogo zakaza: sbornik nauchnyh trudov. Specialnyj vypusk. Samara, 2011. pp. 48–63.

3. Didkovskaja O.V. Raschet tverdoj dogovornoj ceny s fiksirovannoj cenoj edinicy vypolnjaemyh rabot // Vestnik cenoobrazovanija i smetnogo normirovanija. M.: Minregionrazvitija RF, FCCS, 2009. no. 2 (95). pp. 30–32.

4. Ilina M.V. Ocenka jeffektivnosti kontraktnoj sistemy razmeshhenija zakaza v stroitelstve // Vestnik Gosudarstvennogo universiteta upravlenija. M.., 2011. no. 22/oktjabr. pp. 148–149.

5. Koncepcija novoj sistemy cenoobrazovanija Minstroja Rossii principialno odobrena na Komissii Obshhestvennogo soveta [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://www.minstroyrf.ru/press/kontseptsiya-novoy-sistemy-tsenoobrazovaniya-minstroya-rossii-printsipialno-odobrena-na-komissii-obshch/ (data obrashhenija: 26.11.2015).

6. Pismo Minstroja Rossii ot 23.03.2015 no. 7830-LS/03 «O porjadke primenenija smetnoj dokumentacii, razrabatyvaemoj s ispolzovaniem smetnyh normativov, vkljuchennyh v Federalnyj reestr smetnyh normativov dlja raschetov za vypolnennye raboty pri realizacii gosudarstvennyh kontraktov na stroitelstvo obektov kapitalnogo stroitelstva».

7. Rekomendacii Soveta Federacii Federalnogo sobranija RF na temu «Problemy cenoobrazovanija v stroitelstve» ot 03.07.2015.

8. Federalnyj zakon ot 05.04.2013 no. 44-FZ «O kontraktnoj sisteme v sfere zakupok tovarov, rabot, uslug dlja obespechenija gosudarstvennyh i municipalnyh nuzhd».

9. Federalnyj zakon ot 18.07.2011 no. 223-FZ «O zakupkah tovarov, rabot, uslug otdelnymi vidami juridicheskih lic».

УДК 330.59

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЛАГОСОСТОЯНИЯ В ОЦЕНКЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

Киселева Л.С.

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, e-mail: kiseleva-l@mail.ru

Проведен сравнительный анализ позиций России в современных показателях благополучия; сгруппированы индексы благополучия и их компоненты. В качестве объектов анализа избраны Индекс человеческого развития, Индекс лучшей жизни, Всемирный индекс счастья. Определены перспективные направления использования современных индексов для обеспечения поступательного социально-экономического развития России. Выявлены проблемные аспекты обеспечения благосостояния россиян: здоровье, образование, жилищные условия, доходы и безопасность. По Индексу лучшей жизни в России наблюдается самое худшее качество жилищных условий, наблюдается серьезное неравенство в доходах между самыми богатыми и самыми бедными группами населения. Имеется большое неравенство по уровню образования. Россия занимает последнее место по показателю продолжительности жизни среди стран ОЭСР. Существенное влияние на позицию России в мировых индексах оказывает неблагополучная экологическая ситуация.

Ключевые слова: индексы, благополучие, счастье, человеческое развитие, Россия

PERSPECTIVES OF CONTEMPORARY WELFARE INDICES USE IN RUSSIA'S SOCIAL-ECONOMIC DEVELOPMENT ASSESSMENT

Kiseleva L.S.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: kiseleva-l@mail.ru

A comparative analysis was performed in order to demonstrate positions of Russia within the contemporary welfare indices; the welfare indices and their components are grouped. The taken analysis subjects are The Human Development Index, Better Life Index, and Happy Planet Index. The perspective fields of contemporary indices use are determined for implementing gradual social-economic development of Russia. The problematic aspects of welfare of the Russians are distinguished: health, education, loving conditions, income, and security. According to the Better Life Index in Russia has experienced the worst quality of living conditions, there is a serious disparity in incomes between the richest and poorest groups of the population. There is a large disparity in the level of education. Russia ranks last in terms of life expectancy among OECD countries. An adverse ecological situation makes a significant impact on the position of Russia within the world's indices.

Keywords: indices, welfare, happiness, human development, Russia

Комплексные показатели благополучия (индексы благополучия) – это весьма актуальное и перспективное направление изучения и оценки как объективных, поддающихся количественной оценке показателей, так и субъективных, качественных оценок людей, сформировавшееся на стыке экономической, социологической, психологической и политологической теорий. За период эволюции теории благосостояния сформулированы множество понятий благосостояния, его составляющих. В настоящее время используется целый комплекс показателей и индексов, охватывающих большинство стран мира и служащих для межстранового сравнения экономического благополучия населения.

В данной статье мы ставим целью рассмотрение сущности некоторых современных показателей благополучия, выявление закономерностей распределения стран мира в рейтингах по данным показателям, а также анализ динамики показателей для России. В качестве показателей отобраны Индекс человеческого развития (ИЧР), Индекс лучшей жизни (Better Life Index), Всемирный индекс счастья (Happy Planet Index – HPI).

По состоянию на 2013 год Российская Федерация занимает 57 место по Индексу человеческого развития. Лидеры в данном рейтинге представлены ниже.

Детально динамика ИЧР России представлена на рис. 1.

В период с 1990 по 2000 год наблюдалось значительное падение ИЧР (–0,17%) в России, обусловленное сложной политико-экономической, социальной, криминогенной обстановкой в стране. В последующие годы ситуация соответствует общемировой: стабильный рост индекса (на 0,64%) с замедлением темпов роста после 2008 года. В табл. 2 выделены составные элементы ИЧР в разрезе их значений для наиболее развитых стран и РФ в 2013 году.

Таблица 1

Рейтинг стран по ИЧР в 2013 году и динамика изменения места страны за 2008–2013 гг.

Рейтинг по ИЧР	Страна	Индекс развития человеческого потенциала (ИЧР)	Рейтинг по ИЧР	
			2012	Изменение за 2008–2013
1	Норвегия	0,944	1	0
2	Австралия	0,933	2	0
3	Швейцария	0,917	3	1
4	Нидерланды	0,915	4	3
5	США	0,914	5	–2
6	Германия	0,911	6	–1
7	Новая Зеландия	0,910	7	1
8	Канада	0,902	8	1
9	Сингапур	0,901	12	14
10	Дания	0,900	10	–1
57	Российская Федерация	0,778	57	0

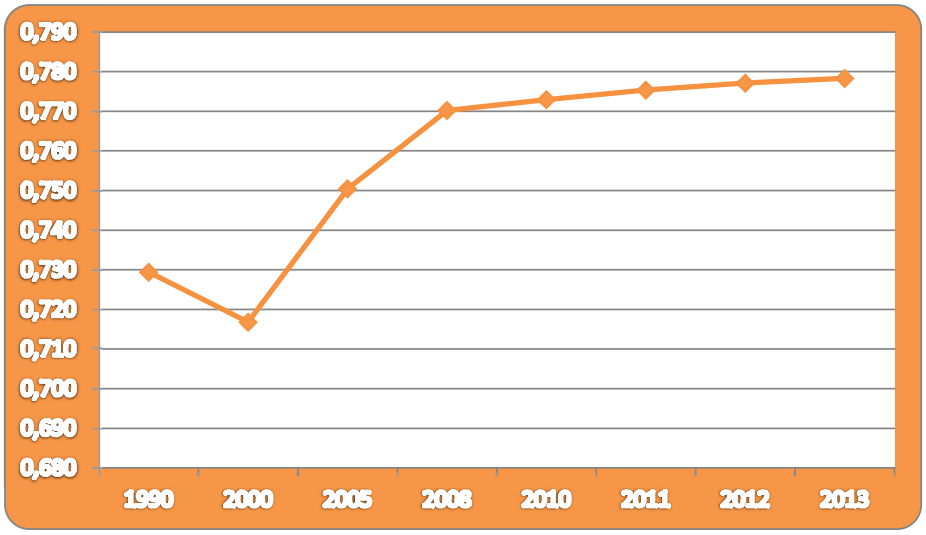


Рис. 1. Динамика ИЧР России за период с 1990 по 2013 г.

Таблица 2

Значения показателей, составляющих ИЧР, для наиболее развитых стран и России в 2013 г.

Рейтинг по ИЧР	Страна	Средняя продолжительность жизни, лет	Средняя продолжительность обучения, лет	Ожидаемая продолжительность обучения, лет	ВНД на душу населения, долл. США по ППС
1	2	3	4	5	6
1	Норвегия	81,5	12,6	17,6	63 909
2	Австралия	82,5	12,8	19,9	41 524
3	Швейцария	82,6	12,2	15,7	53 762
4	Нидерланды	81,0	11,9	17,9	42 397
5	США	78,9	12,9	16,5	52 308
6	Германия	80,7	12,9	16,3	43 049
7	Новая Зеландия	81,1	12,5	19,4	32 569
8	Канада	81,5	12,3	15,9	41 887
9	Сингапур	82,3	10,2	15,4	72 371
10	Дания	79,4	12,1	16,9	42 880
57	Российская Федерация	68,0	11,7	14,0	22 617
–	Мир	70,8	7,7	12,2	13 723

Итак, данные табл. 2 демонстрируют, что Российская Федерация значительно уступает наиболее развитым странам по показателям средней продолжительности жизни и валовому национальному продукту на душу населения. По показателям, характеризующим уровень образования, отставание намного менее значимо. При сравнении со среднемировыми значениями РФ уступает лишь в продолжительности жизни. В целом по рейтингу РФ входит в группу стран с высоким уровнем человеческого развития. Наблюдается положительная динамика значения ИЧР, однако темпы роста остаются очень низкими.

Индекс лучшей жизни (Better Life Index), рассчитываемой для 36 стран Организации экономического сотрудничества и развития, благодаря 11 аспектам жизнедеятельности населения, учету гендерных различий и неравенства позволяет дать комплексную оценку благосостояния той или иной страны. Рис. 2 отражает рейтинг аспектов благосостояния по трем странам (Соединенные Штаты Америки, Германия и Российская Федерация) [1].

Для россиян наиболее важными аспектами благосостояния являются: «Здоровье», «Удовлетворенность жизнью» и «Безопасность». Первая «десятка» стран по данному рейтингу выглядит следующим образом: Австралия, Швеция, Норвегия, Швейцария, Дания, Канада, США, Новая Зеландия, Исландия, Финляндия. Россия в данном рейтинге занимает 32 место из 36. По отдельным аспектам рейтинг тройки лучших стран и Российской Федерации представлен на рис. 3.

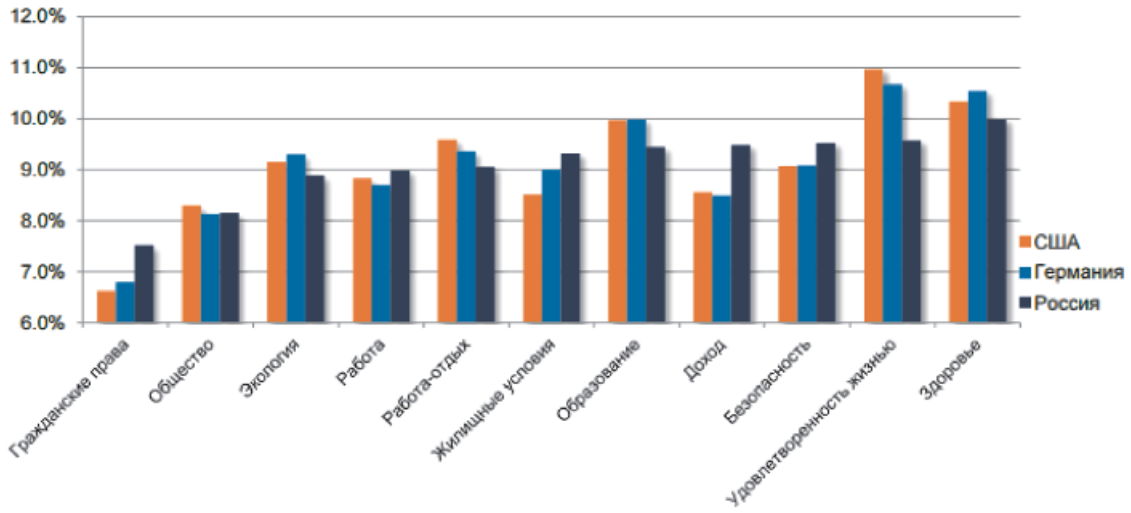


Рис. 2. Рейтинг аспектов благосостояния в РФ, США и Германии

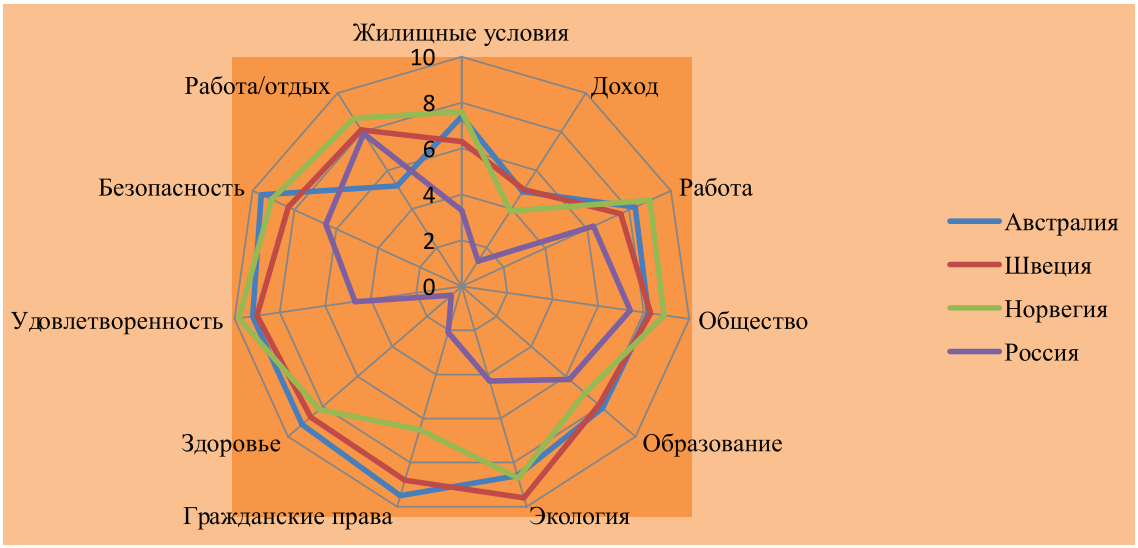


Рис. 3. Результаты трех лучших стран и РФ по 11 аспектам Индекса лучшей жизни

Россия может сравниться со странами-лидерами данного показателя лишь по аспекту «Работа/отдых». Достаточно высокие баллы выставлены по аспектам «Работа», «Доход», «Образование» и «Безопасность» и значительное отставание наблюдается по аспектам «Жилищные условия», «Доход» и «Здоровье». В данной ситуации стоит разобраться, рассмотрев ее более подробно:

● работа/отдых – 0,2% сотрудников работают сверхурочно, что разительно отличается от средних значений по ОЭСР (13%), а время, посвященное отдыху и уходу за собой, равно 15 часам, т.е. среднему значению;

● жилищные условия – в РФ население тратит всего 11% своего совокупного скорректированного дохода после уплаты налогов на оплату жилья, что является лучшим показателем в рейтинге, причем с большим отрывом. Однако качество этого жилья – худшее: 84,9% жилья оборудованы основными коммунальными удобствами при среднем значении в 97,6%; количество комнат на человека равно 0,9, что в 2 раза хуже средних значений;

● доход – доход семьи после уплаты налогов ниже среднего в 25 908 долл. США и равен 19 292 долл. США. Кроме того, финансовое благосостояние семьи на душу населения значительно ниже среднего – 3 412 против 67 139 долл. США. Более того, наблюдается серьезное неравенство в доходах между 20% самых богатых и 20% самых бедных – 44 776 и 5900 долл. США в год соответственно;

● работа – уровень занятости равен 69%, что выше среднего по ОЭСР (65%), при этом разница в занятости мужчин и женщин равна 10% (среднее – 15%) – 74% и 64% соответственно. Кроме того, женская занятость также выше среднего (58%). Однако наблюдается серьезнейшее неравенство по уровню образования: 82% граждан с высшим образованием имеют работу, по сравнению с 28% граждан, не получивших полное среднее. Уровень долгосрочной безработицы ниже среднего (1,7% против 2,8%). Размер личного заработка значительно ниже лидера – США (20885 долл. США в год, что составляет лишь 37,07% заработка американца). Риск потерять работу в России равен 4% (по ОЭСР – 5,4%);

● социальные отношения – в России 90% человек считают, что у них есть тот, на кого можно положиться в трудную минуту, что немного выше среднего в 88%. Наблюдаются незначительные гендерные различия (89% мужчин и 91% женщин считают, что им есть на кого положиться в трудную минуту) и более заметное неравенство по уровню образования (87% людей с начальным и 91% с высшим образованием);

● образование – Россия занимает первое место по доле людей с полным средним образованием (94,3%). Однако количество баллов, набранных российскими учащимися в тестировании, включающем качество чтения, математику и точные науки, равно 481, что ниже среднего по ОЭСР (497 баллов). Кроме того, в России на обучение уходит 16 лет – меньше среднего значения в 17,7 лет. В качестве причин данной ситуации эксперты выделяют снижение уровня подготовки преподавательского состава;

● экология – по уровню загрязнения воздуха РФ занимает 10 место (14,5 мкг), однако лишь 56% россиян удовлетворены качеством воды, что является худшим показателем по ОСЭР;

● гражданские права – активность избирателей на последних выборах была равна 65,27% (среднее – 68%), при этом женщины голосуют на 8% активнее мужчин. Уровень прозрачности власти при разработке законодательства является одним из самых низких среди стран ОЭСР;

● здоровье – по продолжительности жизни Россия занимает последнее место (70 лет, что на 10 лет меньше среднего по ОЭСР) и одно из последних по самооценке состояния здоровья: только 37,1% россиян считают, что у них хорошее здоровье. При этом наблюдается серьезное неравенство по двум этим показателям: женщины живут на 11 лет дольше мужчин; мужчины на 12% чаще женщин заявляют о том, что обладают хорошим здоровьем; образованные, обеспеченные люди имеют более хорошее здоровье;

● удовлетворенность – россияне в среднем оценивают удовлетворенность своей жизнью на 6 баллов из 10, что меньше среднего по ОЭСР (6,6), при этом люди с высшем образованием более удовлетворены жизнью (6,3 балла);

● безопасность – по количеству нападений РФ примерно соответствует среднему (3,76%), однако среднее количество убийств на 100 тыс. человек одно из самых худших – 12,8 чел. При этом мужчины намного более подвержены риску – 21,8 против 5,9 чел. у женщин.

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о том, что у России существует множество проблемных моментов в различных аспектах благосостояния, и они ни в коей мере не уравновешиваются существующими достоинствами.

Всемирный индекс счастья (HPI) делает акцент на результирующих показателях, характеризующих наиболее общие понятия

о счастливой жизни: здоровая и долгая жизнь в хорошей экологии при общей высокой степени удовлетворенности ею. Он оценивает страны в целом (рис. 4) и по составным элементам: субъективной удовлетворенности жизнью, ожидаемой продолжительности жизни, «экологическому следу» (рис. 5) [8].

Рис. 4 показывает, что наиболее счастливыми являются жители стран Центральной и Южной Америки (Чили и Аргентина) и Вьетнам. Наиболее несчастными являются страны Африки (за исключением Алжира), Ближнего Востока (Катар, Кувейт, ОАЭ, Афганистан), отдельные европейские государства, Монголия. Удивительно, но такие страны, как Дания и США, также оказались среди стран с несчастным населением, хотя в индексах, рассмотренных ранее, они занимали высокие позиции. Кроме того, население большей части стран Европы, Канады, Российской Федерации, Австралии и Новой Зеландии являются более несчастными, чем жители Кубы, Алжира, Пакистана, Ирака и других. Подобный результат наглядно демонстрирует то, что между экономическим развитием страны и счастьем ее населения отсутствует прямая корреляция. РФ входит в группу стран, по которым хотя бы один компонент является плохим. Данным элементом является «экологический след», равный 4,4 га, при среднем значении в 2,7 га. По остальным элементам Россия имеет срединные значения: удовлетворенность жизнью – 5,5, ожидаемая продолжительность жизни – 68,8 лет. Первая десятка стран по данному индексу и Россия представлены в табл. 3.

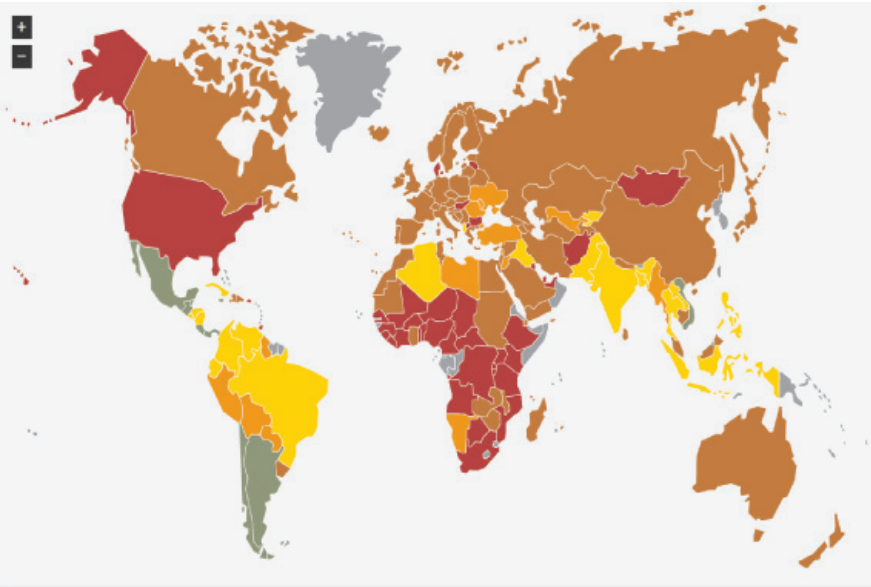


Рис. 4. Карта мира, окрашенная в цветовые коды HPI [8]

Таблица 3

Рейтинг первой десятки стран и России по HPI и его составным элементам

Рейтинг по HPI	Страна	Продолжительность жизни, лет	Удовлетворенность жизнью (0–10)	«Экологический след» (га/на душу населения)	HPI
1	Коста-Рика	79,3	7,3	2,5	64,0
2	Вьетнам	75,2	5,8	1,4	60,4
3	Колумбия	73,7	6,4	1,8	59,8
4	Белиз	76,1	6,5	2,1	59,3
5	Сальвадор	72,2	6,7	2,0	58,9
6	Ямайка	73,1	6,2	1,7	58,5
7	Панама	76,1	7,3	3,0	57,8
8	Никарагуа	74,0	5,7	1,6	57,1
9	Венесуэла	74,4	7,5	3,0	56,9
10	Гватемала	71,2	6,3	1,8	56,9
122	Россия	68,8	5,5	4,4	34,5

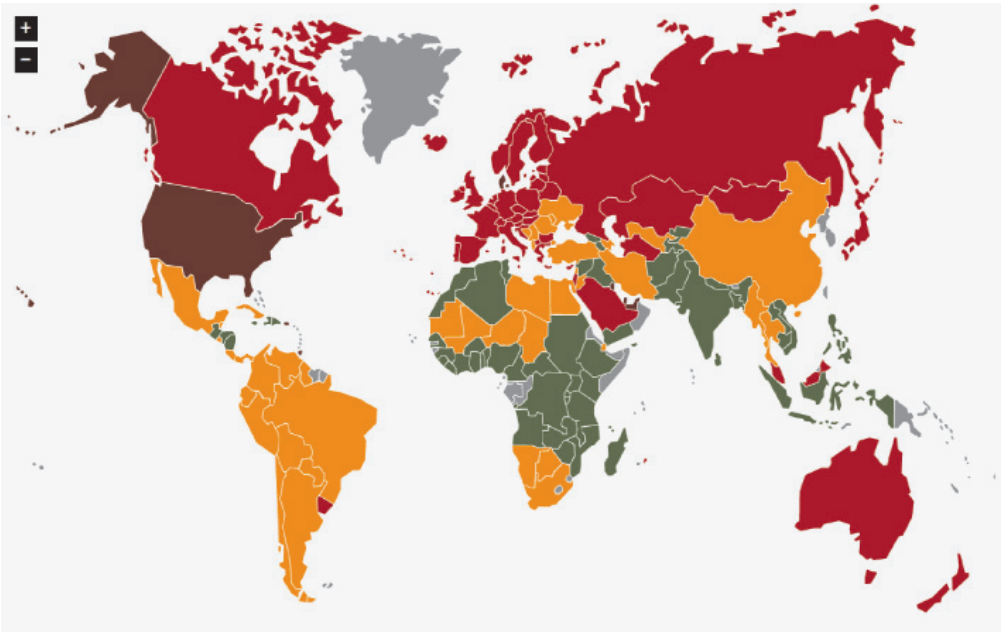


Рис. 5. «Экологический след» по странам мира

Итак, Россия значительно уступает ведущим государствам по данному рейтингу по всем параметрам, а «экологический след», входящий в группу «плохой», относит Россию к 5 группе худших стран.

Относительно нагрузки на экологию сложилась следующая картина (рис. 5): практически все страны северного полушария, Австралия, Новая Зеландия и Саудовская Аравия имеют неудовлетворительные показатели по данному параметру. Наиболее сложная ситуация наблюдается в США, Тринидад и Тобаго, ОАЭ, Кувейте и Катаре. В то же время многие африканские и южно-азиатские страны по данному параметру являются наиболее благополучными. Прослеживается явная параллель между промышленным развитием и «экологическим следом».

Подводя итог, мы убедились, что современные интегральные показатели (индексы) благосостояния оценивают жизнь людей с разных точек зрения, включая все новые, нетрадиционные характеристики. Данные показатели, на наш взгляд, позволяют обозначить существующие проблемы в социально-экономической сфере, имеют значительный потенциал в разработке перспективных сценариев развития страны, играют немаловажную роль в формировании имиджа государства в мире.

Проведенный сравнительный анализ позиции РФ по нескольким показателям благосостояния продемонстрировал уязвимые места: здоровье населения, образование, неудовлетворительные жилищные условия, низкие доходы населения и проблемы с безопасностью. Также существуют проблемы с экологической обстановкой и конкретнее – с качеством воды. В целом россияне достаточно низко оценивают удовлетворенность своей жизнью. Дальнейшие исследования мы видим в расширении базы анализируемых современных показателей благосостояния населения с учетом Индекса здоровья нации и Индекса экономики знаний.

Список литературы

1. Индекс лучшей жизни. [Электронный ресурс]: Центр гуманитарных технологий, 2014. URL: http://gtmarket.ru/integrated-research/oecd-better-life-index/info (дата обращения 15.05.2015).

2. Российская Федерация в подробностях. [Электронный ресурс]: Организация экономического сотрудничества и развития: индекс лучшей жизни, 2014. URL: http://www.oecdbetterlifeindex.org/ru/countries/russian-federation-ru/ (дата обращения 15.05.2015).

3. Что такое экологический след. [Электронный ресурс]: Всемирный фонд дикой природы, 2005. URL: http://wwf.ru/resources/footprint/about (дата обращения 20.05.2015).

4. Что такое Ваш индекс лучшей жизни? [Электронный ресурс]: Организация экономического сотрудничества и развития: индекс лучшей жизни, 2015. URL: http://www.oecdbetterlifeindex.org/ru/about/ru_whats-your-better-life-index/ (дата обращения 14.05.2015).

5. Human development report 2014: Technical notes. [Electronic resource]: United Nations Development Programme, 2014. URL: http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14_technical_notes.pdf (дата обращения 17.05.2015).

6. Human Development Index and its components. [Electronic resource]: United Nations Development Programme, 2014. URL: http://hdr.undp.org/en/content/table-1-human-development-index-and-its-components (дата обращения 12.05.2015).

7. Human Development Index trends, 1980-2013. [Electronic resource]: United Nations Development Programme, 2014. URL: http://hdr.undp.org/en/content/table-2-human-development-index-trends-1980-2013 (дата обращения 12.05.2015).

8. The data (HPI). [Electronic resource]: the new economics foundation: Happy Planet Index, 2015. URL: http://www.happyplanetindex.org/data/ (дата обращения 18.05.2015).

9. The Happy Planet Index: 2012 Report/S. Abdallah [and other]//London: the new economics foundation, 2012. P. 28.

10. What`s the Better Life Index? [Electronic resource]: The Organization for Economic Co-operation and Development: Better Life Index, 2015. URL: www.oecdbetterlifeindex.org/about/better-life-initiative/ (дата обращения 14.05.2015).

References

1. Indeks luchshej zhizni. [Jelektronnyj resurs]: Centr gumanitarnyh tehnolo-gij, 2014. URL: http://gtmarket.ru/integrated-research/oecd-better-life-index/info (data obrashhe-nija 15.05.2015).

2. Rossijskaja Federacija v podrobnostjah. [Jelektronnyj resurs]: Organizacija jekonomicheskogo sotrudnichestva i razvitija: indeks luchshej zhizni, 2014. URL: http://www.oecdbetterlifeindex.org/ru/countries/russian-federation-ru/ (data obrashhenija 15.05.2015).

3. Chto takoe jekologicheskij sled. [Jelektronnyj resurs]: Vsemirnyj fond dikoj prirody, 2005. URL: http://wwf.ru/resources/footprint/about (data obrashhenija 20.05.2015).

4. Chto takoe Vash indeks luchshej zhizni? [Jelektronnyj resurs]: Organizacija jekonomicheskogo sotrudnichestva i razvitija: indeks luchshej zhizni, 2015. URL: http://www.oecdbetterlifeindex.org/ru/about/ru_whats-your-better-life-index/ (data obrashhenija 14.05.2015).

5. Human development report 2014: Technical notes. [Electronic resource]: United Na-tions Development Programme, 2014. URL: http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14_technical_notes.pdf (data obrashhenija 17.05.2015).

6. Human Development Index and its components. [Electronic resource]: United Na-tions Development Programme, 2014. URL: http://hdr.undp.org/en/content/table-1-human-development-index-and-its-components (data obrashhenija 12.05.2015).

7. Human Development Index trends, 1980-2013. [Electronic resource]: United Nations Development Programme, 2014. URL: http://hdr.undp.org/en/content/table-2-human-development-index-trends-1980-2013 (data obrashhenija 12.05.2015).

8. The data (HPI). [Electronic resource]: the new economics foundation: Happy Planet Index, 2015. URL: http://www.happyplanetindex.org/data/ (data obrashhenija 18.05.2015).

9. The Happy Planet Index: 2012 Report/S. Abdallah [and other]//London: the new economics foundation, 2012. P. 28.

10. What`s the Better Life Index? [Electronic resource]: The Organization for Economic Co-operation and Development: Better Life Index, 2015. URL: www.oecdbetterlifeindex.org/about/better-life-initiative/ (data obrashhenija 14.05.2015).

УДК 519.86

СУЩЕСТВОВАНИЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМАХ ЛЕОНТЬЕВСКОГО ТИПА С ОГРАНИЧЕНИЯМИ И ОЦЕНКА ЕГО ПАРАМЕТРОВ ПРИ НЕЧЕТКОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Козловская Я.И., Петров А.Д., Севодин М.А.

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: black_empire@list.ru

Настоящая работа посвящена изучению экономических моделей леонтьевского типа. Исследуемая проблема состоит в том, что в процессе производства возникают ограничения на объемы выпуска продукции. Кроме того, начальные данные для расчета продуктивности модели могут быть неточны. Цель данной работы – обобщить модель Леонтьева на случай ограничений на интенсивности производства и нечеткости исходных данных. В работе рассматривается такой случай ограничения интенсивностей отраслей, когда вектор интенсивностей лежит в выпуклом конусе. Приводится доказательство существования равновесия при ограничении такого вида. Затем осуществляется переход к задачам оптимизации. Описывается модель Леонтьева с интервальной производственной матрицей. На основе оптимизационных задач дается оценка положения равновесия для моделей с производственными матрицами, описанными с помощью интервальных чисел.

Ключевые слова: выпуклый конус, интервальная неопределенность, положение равновесия, производственное множество

EXISTENCE OF EQUILIBRIUM POSITION IN LEONTIEF TYPE MODELS IN CASE OF LIMITATIONS AND ITS ESTIMATE WITH INITIAL DATA INTERVAL UNCERTAINTY

Kozlovskaya Y.I., Petrov A.D., Sevodin M.A.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: black_empire@list.ru

The paper is about researching Leontief's type economic models. The problem of enterprises is that output limitations occur in the production process. Besides, initial data for calculation the model efficiency might be imprecise. The purpose of the paper is OBOBWIT Leontief model in the case of production intensity limitation and initial data uncertainty. The paper considers limitations of production sphere intensity when intensity vector is in a convex cone. The evidence of existence of the model equilibrium position with this kind of limitation is obtained. Also there is the model conversion to the optimization problem. Leontief model with interval production matrix is described. Estimate of equilibrium position for models with interval production matrixes is based on the optimization problem.

Keywords: convex cone, interval uncertainty, equilibrium position, production set

Процессы, протекающие в экономике, таковы, что постоянно изменяются различные показатели деятельности предприятий, спроса, предложения, качества жизни и т.п. В связи с этим возникает задача выбора между удовлетворением текущего потребительского спроса и обеспечением будущего спроса. Капитальные вложения в производство должны быть такими, чтобы объем производства увеличивался наиболее оптимально. Такое увеличение объема зависит от ограничений, возникающих вследствие технических особенностей процесса производства, от ценовой стабильности, полной занятости рабочей силы и прочих экономических характеристик. Таким образом, возникает необходимость выбора такого состояния экономики из возможных, которое обеспечит наиболее долгосрочную и устойчивую перспективу развития. Такая задача выбора называется задачей определения положения равновесия в экономике.

При описании задачи нахождения положения равновесия чаще всего [1–4, 6] главной задачей считается определение таких условий и параметров экономической системы, при которых это равновесное состояние достижимо. Одновременно с этим приходится учитывать ограничения на технологические множества, описывающие интенсивность производства [7, 8].

В данной работе продолжаются исследования, начатые в [7, 8]. Рассматривается технологическое множество, представленное в виде выпуклого конуса. Делается попытка изучить влияние ограничений интенсивностей производственных отраслей на векторы цен. В более ранних исследованиях [7, 8] этот момент не изучался. В данной работе ограничения на векторы цен устанавливаются в виде конуса, сопряженного к конусу, в котором лежат векторы интенсивностей производственных процессов.

Кроме того, в статье оценивается положение равновесия в случаях, когда матрица модели представляет собой интервальную матрицу [5]. Вполне логично, что при нечетких начальных данных параметры модели могут существенно изменяться. Для оценки положения равновесия модели в этом случае осуществляется переход к оптимизационным задачам.

Постановка задачи и решение

Будем рассматривать модель Леонтьева, определяемую технологической матрицей $A = (a_{ij})$ [2, 7]. Предположим, что число базисных процессов равно числу товаров, т.е. матрица A является квадратной матрицей размерности $n \times n$; более того, пусть $A \geq 0$ – неразложима и примитивна.

Обозначим через $z = (z_1, ..., z_n)$ – вектор интенсивностей базисных процессов, а через $p = (p_1, ..., p_n)$ – соответствующий вектор цен. Говорят [2], что модель Леонтьева находится в состоянии динамического равновесия, если выполнены условия

$$z(E - \gamma A) \geq 0; \quad (E - \gamma A)p^T \leq 0;$$
$$z(E - \gamma A)p^T = 0, \qquad (1)$$

где E – единичная матрица, а γ – положительное число.

Предположим, что в связи с технологической реализуемостью в рассматриваемой экономике возникают ограничения на векторы интенсивности. Будем считать, что эти векторы z принадлежат не всему R^n_+, как обычно [6], а некоторому подмножеству R^n_+ множеству T_z, которое является выпуклым многогранным конусом.

Пусть [4], $T_z = \left\{ z \in R^n_+ \mid z = wQ, w \in R^n_+ \right\}$ с некоторой квадратной матрицей $Q_{n \times n}$, причем $q_{ij} \geq 0$, и матрицы A и Q коммутативны. Пусть матрица Q имеет обратную матрицу Q^{-1}. Обозначим через T_p конус, определяемый соотношением $T_p = \left\{ p : Q^{-1} p^T \geq 0 \right\}$. Имеет место

Теорема 1

Пусть в неотрицательной матрице A нет нулевых строк. Тогда существует решение системы (1) $z \in T_z$, $p \in T_p$.

Доказательство. При доказательстве существования равновесия принципиальным является переход от неравенства $z(E - \gamma A) \geq 0$, $z \in T_z$ к неравенству $(E - \gamma A)p^T \leq 0$, $p \in T_p$ [2]. Опишем этот переход подробно.

Обозначим $\lambda = 1/\gamma$. Тогда неравенства

$$\begin{cases} (A - \lambda E)^T z^T \leq 0, \ z \in T_z, \\ (A - \lambda E)p^T \geq 0, \ p \in T_p, \end{cases} \qquad (2)$$

при подстановке $z = wQ$ равносильны неравенствам

$$(A - \lambda E)^T Q^T w^T \leq 0, \ w \in R^n_+;$$
$$(A - \lambda E)p^T \geq 0, \ p \in T_p.$$

Тогда

$$(Q(A - \lambda E))^T w^T \leq 0, \ w \in R^n_+;$$
$$(A - \lambda E)QQ^{-1}p^T \geq 0, \ p \in T_p$$

или

$$(AQ - \lambda Q)^T w^T \leq 0, \ w \in R^n_+;$$
$$(AQ - \lambda Q)q^T \geq 0, \ q \in R^n_+.$$

Таким образом, неравенства (2) эквивалентны неравенствам

$$w(AQ - \lambda Q) \leq 0, \ w \in R^n_+;$$
$$(AQ - \lambda Q)q^T \geq 0, \ q \in R^n_+. \qquad (3)$$

Система неравенств (3) соответствует модели Неймана (AQ, Q) и, значит [2], имеет решение. Так как эта система эквивалентна системе (2), то и система (2) имеет решение. Справедливость третьего соотношения в (1) устанавливается аналогично.

Теорема доказана.

Общим положением равновесия модели Леонтьева с производственной матрицей A и матрицей ограничений Q назовем решение (λ, z, p) системы (2), соответствующее решению системы (3).

Для исследования модели важны частные положения равновесия с соответствующими экстремальными значениями λ, которые можно найти, перейдя к следующим оптимизационным задачам [1]:

$$\lambda^* = \min\left\{ \lambda : z(A - \lambda \mathrm{E}) \leq 0, \ (z, e^n) = 1, \ z \in T_z \right\}; \quad (4)$$

$$\lambda_n = \max\left\{ \lambda : \ (A - \lambda \mathrm{E})p^T \geq 0, \ (p, e^n) = 1, \ p \in T_p \right\}. \quad (5)$$

Числа λ_n и λ^* называются числами Неймана и Фробениуса и определяют максимальный и минимальный темп равновесного роста модели соответственно.

Примем во внимание два обстоятельства. Во-первых, все элементы матрицы Q неотрицательны ($q_{ij} \geq 0$). Во-вторых, векторы w и q принадлежат симплексам, что является следствием однородности задачи. При введении в систему матрицы Q однородность сохраняется, поэтому попрежнему можно считать, что $(z, e^n) = 1$, $z \in T_z$, и $(p, e^n) = 1$, $p \in T_p$. Здесь $e^n = (e_i)^T$, $e_i = 1$, $i = 1...n$ – единичный вектор размерности n. Тогда из (4) и (5) следует, что для

нахождения параметров продуктивности модели и ее положения равновесия следует решить оптимизационную задачу вида [5]:

$$\left(\lambda^*,\ z^*,\ p^*\right)^T = \arg \max_{(\lambda,z,\,p)^T \in D(A,Q)} \lambda; \tag{6}$$

$$D(A,Q) = \left\{ \begin{pmatrix} \lambda \\ z \\ p \end{pmatrix} \middle| \begin{array}{l} z(A-\lambda \mathrm{E}) \le 0, \\ (A-\lambda \mathrm{E})p^T \ge 0, \\ (z,e^n)=1,\ (p,e^n)=1,\ z\in T_z,\ p\in T_p,\ \lambda \ge 0 \end{array} \right\}. \tag{7}$$

Интересно отметить, что в указанном случае возможны некоторые оценки положения равновесия для интервальных моделей леонтьевского типа.

Интервальные модели

Обозначим $\left(\lambda^*, z^*, p^*\right)(A,Q)$ – параметры равновесия модели Леонтьева, задаваемой матрицей A с матрицей ограничений Q, соответствующего системе (2).

Интервальной назовем модель Леонтьева (2) с матрицей затрат $A = \{a_{ij}\} = \{\underline{a_{ij}}, \overline{a_{ij}}\}$, $i, j = (\overline{1...n})$; $midA = \left(\overline{A} + \underline{A}\right)/2$.

Здесь $midA$ – матрица центров интервалов матрицы A; $\overline{A}$, $\underline{A}$ – матрицы точных верхних и нижних граней соответственно [5].

Теорема 2

Пусть интервальная модель Леонтьева с матрицей затрат A и ограничением на вектор производства в виде выпуклого конуса с матрицей $Q_{n\times n}$ задана интервальной матрицей A. Пусть также для точечной матрицы $\tilde{A}$ выполнены условия: $\tilde{A} \in A$,

$$(\tilde{\lambda}, \tilde{z}, \tilde{p}) = \left(\lambda^*, z^*, p^*\right)(\tilde{A}, Q); \tag{8}$$

$$(\overline{\lambda}, \overline{z}, \overline{p}) = \left(\lambda^*, z^*, p^*\right)(\overline{A}, Q); \tag{9}$$

$$(\underline{\lambda}, \underline{z}, \underline{p}) = \left(\lambda^*, z^*, p^*\right)(\underline{A}, Q). \tag{10}$$

Тогда $\underline{\lambda} \le \tilde{\lambda} \le \overline{\lambda}$.

Доказательство. Точечная матрица представима в виде

$$\tilde{A} = \underline{A} + A' = \overline{A} - A'',$$

где $A' = \left(a'_{ij}\right) = \left(\tilde{a}_{ij} - \underline{a}_{ij}\right)$; $A'' = \left(a''_{ij}\right) = \left(\overline{a}_{ij} - \tilde{a}_{ij}\right)$, причем элементы матриц A' и A'' неотрицательны. Подставив $\tilde{A} = \overline{A} - A''$ в (8), получим

$$(\tilde{\lambda}, \tilde{z}, \tilde{p})^T = \arg \max_{(\lambda,z,\,p)^T \in D(\tilde{A},Q)} \lambda;$$

$$D(\tilde{A},Q) = \left\{ \begin{pmatrix} \lambda \\ z \\ p \end{pmatrix} \middle| \begin{array}{l} z(\overline{A} - A'' - \lambda \mathrm{E}) \le 0, \\ (\overline{A} - A'' - \lambda \mathrm{E})p^T \ge 0, \\ (z,e^n)=1,\ (p,e^n)=1,\ z\in T_z,\ p\in T_p,\ \lambda \ge 0 \end{array} \right\}.$$

Так как матрица A'' неотрицательна, $(\overline{A} - \lambda \mathrm{E})\tilde{p}^T \ge 0$. Таким образом, $\forall j = 1, 2, ... n$ выполняется:

$$\tilde{\lambda} \le \frac{\sum_{i=1}^{n} \overline{a}_{ij}\tilde{p}_i}{\sum_{i=1}^{n} \tilde{p}_i} \le \frac{\sum_{i=1}^{n} \overline{a}_{ij}\overline{p}_i}{\sum_{i=1}^{n} \overline{p}_i}. \tag{11}$$

Последнее неравенство следует из условия (9) теоремы, смысл которого

$$\overline{p} = \arg\max_{p\in T_P} \min_{j=1,2,...,n} \frac{\sum_{i=1}^{n} \overline{a}_{ij} p_i}{\sum_{i=1}^{n} p_i}; \quad \overline{\lambda} = \max_{p\in T_P} \min_{j=1,2,...,n} \frac{\sum_{i=1}^{n} \overline{a}_{ij} p_i}{\sum_{i=1}^{n} p_i}.$$

Отсюда $\tilde{\lambda} \le \overline{\lambda}$.

Неравенство $\tilde{\lambda} \ge \underline{\lambda}$ доказывается аналогично. Действительно, при подстановке $\tilde{A} = \underline{A} + A'$ в (8) получим

$$(\tilde{\lambda}, \tilde{z}, \tilde{p})^T = \arg \max_{(\lambda,z,\,p)^T \in D(\tilde{A},Q)} \lambda;$$

$$D(\tilde{A},Q) = \left\{ \begin{pmatrix} \lambda \\ z \\ p \end{pmatrix} \middle| \begin{array}{l} z(\underline{A} + A' - \lambda \mathrm{E}) \le 0, \\ (\underline{A} + A' - \lambda \mathrm{E})p^T \ge 0, \\ (z,e^n)=1,\ (p,e^n)=1,\ z\in T_z,\ p\in T_p,\ \lambda \ge 0 \end{array} \right\}.$$

Так как матрица A' неотрицательна, из первого неравенства следует $\tilde{z}(\underline{A}-\tilde{\lambda}\mathrm{E})\geq 0$, поэтому для $\forall i = 1, 2, ..., n$ выполняется:

$$\tilde{\lambda}\geq\frac{\sum_{j=1}^{n}\underline{a}_{ij}\tilde{z}_j}{\sum_{j=1}^{n}\tilde{z}_j}\geq\frac{\sum_{j=1}^{n}\underline{a}_{ij}\underline{z}_j}{\sum_{j=1}^{n}\underline{z}_j}. \qquad (12)$$

Последнее неравенство следует из условия (10) теоремы, смысл которого

$$\underline{z}=\arg\min_{z\in T_z}\max_{i=1,2,...,n}\frac{\sum_{j=1}^{n}\underline{a}_{ij}z_j}{\sum_{j=1}^{n}z_j};$$

$$\underline{\lambda}=\min_{z\in T_z}\max_{i=1,2,...,n}\frac{\sum_{j=1}^{n}\underline{a}_{ij}z_j}{\sum_{j=1}^{n}z_j}.$$

Отсюда $\tilde{\lambda}\geq\underline{\lambda}$. *Теорема доказана.*

Эта теорема показывает, что для модели Леонтьева с интервальной матрицей затрат A и матрицей ограничений $Q_{n\times n}$ число Фробениуса лежит в интервале $\Lambda=[\underline{\lambda},\overline{\lambda}]$, где $\underline{\lambda}$ – число Фробениуса для модели с матрицей $\underline{A}$, а $\overline{\lambda}$ – для модели с матрицей $\overline{A}$.

Теорема 3

Если в модели Леонтьева с интервальной матрицей затрат A и ограничением на вектор производства в виде выпуклого конуса с матрицей $Q_{n\times n}$ точечная матрица $\tilde{A}$ удовлетворяет условию $\tilde{A}=\beta_A\cdot midA\in A$, то $(\lambda^*,z^*,p^*)(midA,Q)=(\lambda^*\beta_A,z^*,p^*)(\tilde{A},Q)$.

Доказательство теоремы проводится аналогично [5].

Выводы

Модели экономики леонтьевского типа, описанные выше, являются естественным обобщением модели Леонтьева: обобщение заключается в том, что допускаются ограничения на интенсивности базовых производственных отраслей, причем множество ограничений описывается в виде выпуклого конуса. Описывается переход к оптимизационным задачам, позволяющим также получить некоторые оценки положения равновесия в интервальных моделях.

Список литературы

1. Альсевич В. В. Введение в математическую экономику. Конструктивная теория. – М.: Едиториал УРСС, 2005. – 256 с.

2. Ашманов С.А. Математические модели и методы в экономике. – М. ОНИКС, 2012. – 199 с.

3. Макаров В.Л. Математическая теория экономической динамики и равновесия / Макаров В.Л., Рубинов А.М. – М.: Наука, 1973. – 335 с.

4. Никайдо Х. Выпуклые структуры и математическая экономика. – М.: Мир, 1972. – 519 с.

5. Панюков А.В., Латипова А.Т. Оценка положения равновесия в модели Неймана при интервальной неопределенности исходных данных // Вестник УГАТУ. – 2008, – т.10, № 2(27). – С. 150–153.

6. Рубинов А.М. Экономическая динамика // Итоги науки и техники. Серия «Современные проблемы математики». – М., 1982. – № 19. – С. 59–110.

7. Севодин М.А. Динамические системы леонтьевского типа с ограничениями на интенсивности технологических процессов // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – № 8. – С. 66–70.

8. Севодин М.А. Модель Неймана с ограничениями пропорций роста интенсивностей производственных процессов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – Режим доступа: http://www.science-education.ru/pdf/2014/1/268.pdf.

References

1. Alsevich V.V. Vvedenie v matematicheskuyu ekonomiku. Konstruktivnaya teoria. Moscow: Editorial URSS, 2005. 256 p.

2. Ashmanov S.A. Matematicheskie modeli i metodi v economike. Moscow, ONIKS, 2012, 199 p.

3. Makarov V.L., Rubinov A.M. Matematicheskaya teoriya economicheskoy dinamiki i ravnovesiya. Moscow, Nauka, 1973, 335 p.

4. Nikaido H. Vipuklie strukturi i matematicheskaya economika. Moscow, Mir, 1972, 519 p.

5. Panyukov A.V., Latipova A.T. Otsenka polozhenia ravnovesia v modeli Neymana pri intervalnoi neopredelennosti ishodnih dannih // Vestnik UGATU. 2008, Issue 10, Vol. 2(27), pp. 150–153.

6. Rubinov A.M. Economicheskaya dinamika // Itogi nauki i tehniki. Seriya «Sovremennie problemi matematiki» Moscow, 1982. Vol. 19, pp. 59–110.

7. Sevodin M.A. Dinamicheskie sistemi leontyevskogo tipa s ogranicheniyami na intensivnosti tehnologicheskih processov // Nauka i bisnes: puti rasvitiya, 2013, Vol. 8, pp. 66–70.

8. Sevodin M.A. Model Neimana s ogranicheniyami proportsiy rosta intensivnostei proizvodstvennih processov // Sovremennye problem nauki I obrazovania, 2013, Vol 6, URL: http://www.science-education.ru/pdf/2014/1/268.pdf.

УДК 51-75 + 311.42

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕРКИ ТОЧНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗЕРВОВ ПРОИЗОШЕДШИХ, НО НЕЗАЯВЛЕННЫХ УБЫТКОВ

[1]Кудрявцев А.А., [2]Сихов М.Б., [3]Сихова Г.М.

[1]Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, e-mail: kudr@AK1122.spb.edu;

[2]Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, e-mail: mirbulats@mail.ru;

[3]АО «Страховая компания "Виктория"», Алматы, guldanamba@mail.ru

Данная статья посвящена важному и актуальному аспекту методов актуарных вычислений – точности практической оценки страховых резервов произошедших, но незаявленных убытков. Одна из основных проблем подобных методик состоит в том, чтобы выбрать такую теоретическую оценку, которая даёт наилучший прогноз будущих убытков. Это способствует обеспечению финансовой устойчивости страховщика, так как резервы представляют собой его обязательства и отражаются в его финансовой отчётности. В статье обсуждается метод оценки точности подобного прогноза, учитывающий особенности структуры статистических данных. Он базируется на идее пересечения областей данных, относящихся к последовательным оценкам указанного резерва. Предлагаемый метод проиллюстрирован примером, основанным на реальных данных по страховым выплатам одной из ведущих казахстанских страховых компаний.

Ключевые слова: страховые резервы, убытки

FEATURES OF THE ACCURACY OF THE STATISTICAL ESTIMATION FOR THE IBNR RESERVES

[1]Kudryavtsev A.A., [2]Sikhov M.B., [3]Sikhova G.M.

[1]St. Petersburg State University, St. Petersburg, e-mail: kudr@AK1122.spb.edu;

[2]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, e-mail: mirbulats@mail.ru;

[3]Insurance Company «Victoria», JSC, Almaty, e-mail: guldanamba@mail.ru

The paper is devoted to one of important and actual problems of the Actuarial Science – an accuracy of the statistical estimation for IBNR reserves. One of the most important problems for the use of practical methods in the field is to choose the statistical estimator that gives the best forecast of future losses (claims). In the paper, a method of the estimation for the accuracy of such forecasts is discussed. It is based on the idea of partial intersection of the data sets for different estimations. This method allows us to take features of statistical data into account. The method is illustrated by the real data example.

Keywords: insurance reserves, losses

Страховые резервы – важный компонент финансовой устойчивости страховых организаций. Они необходимы для обеспечения будущих выплат и, следовательно, для достижения баланса текущих и будущих денежных потоков. Поэтому их прогнозирование является важной актуарной задачей.

В частности, резервы произошедших, но незаявленных убытков (РПНУ) представляют собой финансовые средства для страхового возмещения по тем страховым случаям, про которые страховая организация ещё не проинформирована страхователями или проинформирована не полностью. Подобные задержки в информировании связаны с особенностями процессов возникновения застрахованного ущерба в страховании ином, чем страхование жизни, и его документального подтверждения. В зависимости от вида страхования они могут достигать нескольких месяцев или даже лет.

Иными словами, имеется существенная потребность в прогнозировании будущих страховых выплат в динамике, с разбивкой по группам страховых договоров. Для её удовлетворения разработан ряд методов, широко используемых актуариями (Norberg, 1993; Taylor, 2000; Wüthrich, Merz, 2008). Их суть состоит в том, что выделяются группы относительно однородных договоров (со схожими характеристиками риска), заключённых в одни и те же периоды. Далее, на основе предположения о том, что развитие убытков в соответствующих группах подчиняется схожим закономерностям, составляется треугольник наблюдаемых выплат, на основе которого происходит прогнозирование нижнего треугольника будущих выплат (рис. 1).

Все периоды одинаковы, их выбирают в различных методиках из разных соображений (год, квартал и т.п.). На дату оценки резерва для разных групп договоров достигаются различные периоды урегулирования.

На рис. 1 цветом выделены ячейки, соответствующие заявленным убыткам по прошлым календарным периодам, а белый цвет показывает ячейки, для которых нужно спрогнозировать величину выплат. Данные, расположенные на диагонали (в последних цветных ячейках каждой строки), отвечают за выплаты за период, предшествующий отчётной дате. Размерность подобной таблицы может быть выбрана из разных соображений. Часто размерность завышают с тем, чтобы урегулирование в течение этого периода произошло гарантированно (скажем, 3, 5 или 7 лет). Но возможен такой выбор, что таблица отражает существенные выплаты, а «хвост», выпадающий за эту границу, оценивают отдельно (Сихов и др., 2013).

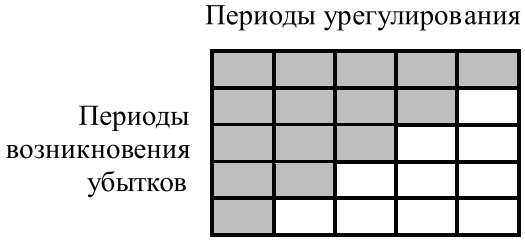


Рис. 1. Пояснение методов треугольника

Хотя методы прогнозирования, построенные по описанной схеме, довольно сильно развиты и достаточно широко распространены, имеется проблема точности прогнозирования. Дело в том, что каждый метод основан на своей системе предпосылок (предположений и гипотез) о будущем развитии страховых убытков. Эти гипотезы не всегда можно проверить на реальных данных как из-за их ограниченности (например, для новых видов страхования), так и в связи со специфическим «треугольным» представлением, при котором часть информации теряется вследствие агрегации. Тем не менее оценки резерва непосредственно включаются в финансовую отчётность, так что любые ошибки при прогнозировании превращаются в искажения финансовых показателей. Иными словами, техническая проблема актуарного оценивания превращается в проблему финансового менеджмента, а точность оценивания резервов является ключевым аспектом управления страховой организацией и эффективности страхового надзора.

Сложность состоит в том, что контролировать точность оценивания напрямую практически невозможно из-за большого многообразия особенностей видов страхования, структуры страховых портфелей и ряда других факторов. В частности, попытки нормативного установления метода оценки резервов произошедших, но незаявленных убытков неэффективны из-за возможного несоответствия предпосылок метода особенностям оцениваемого вида страхования.

Одним из способов контроля точности оценок является ретроспективное сравнение таких оценок с фактическими выплатами. Конечно, такой подход не позволяет оперативно вносить поправки в актуарные оценки, но он позволяет прояснить правильность выбора предпосылок и метода оценивания, что уменьшает степень субъективности для последующих оценок.

Обычно предлагается сравнивать оценки резерва с фактическими выплатами по соответствующим периодам. Так, в стандарте Гильдии актуариев «Актуарный стандарт № 1 “О формировании страховых резервов по видам страхования иным, чем страхование жизни”» (Стандарт, 2014) предлагается проводить сравнение на ежегодной основе с глубиной горизонта в несколько лет.

При таком подходе оценка точности по такой методике будет получена уже после полного урегулирования, когда большая задержка в получении информации сделает её практически бессмысленной. Полезность методики состоит только в том, что увязка выявленных отклонений с особенностями расчётов поможет уточнить предпосылки по текущим расчётам (правда, без гарантии их адекватности). В этой связи встаёт вопрос о более быстром получении информации о возможном несоответствии прогноза фактическим выплатам, который позволил бы вносить поправки в оценки для ещё неурегулированных групп рисков.

Описание предлагаемого метода

Для сравнения прогнозных значений с фактическими выплатами не требуется ждать несколько лет. Данные и так уже разделены по периодам, так что точность оценки можно узнавать поэтапно, в отношении отдельных групп данных. С учётом дополнительных поправок, отражающих объём данных и иные факторы, эту частичную оценку можно переносить на весь резерв, что позволяет оперативно пересматривать методику и предпосылки оценки.

Для построения методики сравнения достаточно заметить, что пересчёт резерва происходит периодически, для каждой отчётной даты. Это означает сдвиг соответствующих ячеек вниз на подходящее число строк. В результате последовательные оценки используют частично те же данные, частично – новые. Это позволяет сопоставлять оценки в разные периоды времени. Подробнее типичное соотношение используемых данных показано на рис. 2.

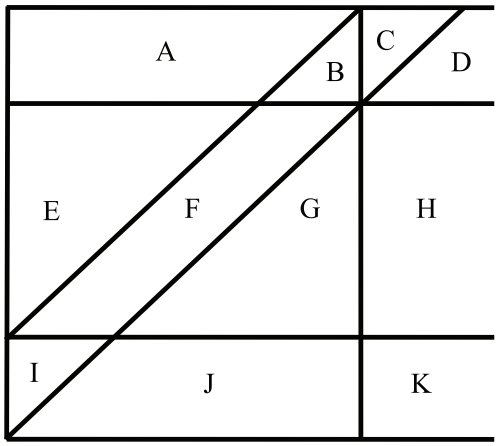


Рис. 2. Типичная схема данных для метода треугольника

На данной схеме не указаны отдельные ячейки, отвечающие периодам: схема отражает процесс для индивидуальных данных. Группировка по периодам не изменит структуры данных. Левая вертикальная линия отражает момент возникновения убытков, а правая вертикальная линия – горизонт наблюдения, т.е. всё, что справа от неё, – «хвост» урегулирования, который может оцениваться отдельно. Если границы областей выбирают так, что максимальный срок урегулирования заведомо укладывается в рассматриваемый треугольник, то выплаты для областей *C, D, H* и *K* отсутствуют. Между первой и третьей горизонтальной линией находится статистика и прогнозы для договоров страхования, по которым страховые случаи произошли до отчётной даты 0. Между третьей и четвёртой горизонтальной линией находится статистика и прогнозы для договоров, по которым страховые случаи произошли между отчётными датами 0 и 1. При оценке резервов в отчётную дату 1 на практике часто отбрасывают информацию по аналогичному числу периодов, использованных для предыдущей оценки (полоса между первой и второй горизонтальными линиями). Наклонные линии отделяют наблюдаемые значения от прогнозируемых для разных сроков оценки.

В момент времени 0 по наблюдаемым данным о заявленных и/или оплаченных убытках *A* и *E* оценивается резерв

$$R_0 = B_0 + C_0 + D_0 + F_0 + G_0 + H_0,$$

который представляет собой прогноз будущих выплат. Соответственно индекс «0» в обозначениях указывает на момент оценки. За период между отчётными датами 0 и 1 становятся известны фактические убытки *B, C, F* и *I*, так что в момент времени 1 по наблюдениям

$$A + B + C + E + F + I$$

оценивается резерв

$$R_1 = D_1 + G_1 + H_1 + J_1 + K_1.$$

Если убытки D_1 не ожидаются или не существенны, то наблюдения $A + B + C$ на практике игнорируются, так что оценки R_0 и R_1 происходят фактически по одной и той же схеме. Тем не менее даже в этом случае могут иметь место расхождения из-за различий в предпосылках или изменении метода оценивания. Последние могут объясняться, например, уточнением представлений актуария о процессе развития убытков и расширением объёма наблюдаемой статистики.

Прирост (изменение) резерва, также являющейся важным элементом финансовой отчётности, составит величину

$$\Delta R = R_1 - R_0 = -B_0 - C_0 + \\ + \Delta D - F_0 + \Delta G + \Delta H + J_1 + K_1,$$

где $\Delta D = D_1 - D_0$; $\Delta G = G_1 - G_0$; $\Delta H = H_1 - H_0$ – соответствующие изменения будущих оценок вследствие различий в предпосылках и смене метода оценки. Если существенных изменений во взглядах на оценивание будущих убытков вида *D*, *G* и *H* не произошло, то $\Delta D = \Delta G = \Delta H = 0$. В противном случае они могут довольно серьёзно повлиять на финансовую отчётность. Именно поэтому в ней должны содержаться комментарии по поводу методов актуарного оценивания, а сами величины ΔD, ΔG и ΔH должны внимательно анализироваться при переходе от оценок одного периода к оценкам другого периода.

Тем не менее этого не достаточно для характеристики точности оценивания, так как необходимо сопоставить актуарные оценки будущих выплат, сделанные ранее, с фактическими убытками. Если ставшие известными за период между моментами времени 0 и 1 убытки $B + C + F + I$ сложить с приростом резерва ΔR, то получим величину

$$\delta B + \delta C + \Delta D + \delta F + \Delta G + \Delta H + I + J_1 + K_1,$$

где $\delta B = B - B_0$, $\delta C = C - C_0$, $\delta F = F - F_0$ – соответствующие ошибки оценивания в момент времени 0. В идеальном случае, когда актуарию удалось полностью предсказать размер будущих выплат, они равны нулю. На практике почти всегда будут наблюдаться отклонения, которые можно считать допустимыми, если они укладываются в соответствующий доверительный интервал.

При этом $I + J_1 + K_1$ представляет собой величину ожидаемых выплат по соответствующим группам, которые нужно учитывать в момент времени 1, где I – фактический ущерб, который был заявлен или оплачен, а $J_1 + K_1$ – соответствующие оценки будущих выплат. Исключив эту величину, получим значение

$$\delta B + \delta C + \Delta D + \delta F + \Delta G + \Delta H,$$

характеризующее точность оценивания резерва произошедших, но незаявленных убытков. Она распадается на две части (1) $\delta B + \delta C + \delta F$, отражающую выявленные за период между моментами времени 0 и 1 отклонения фактического ущерба от его оценки в момент 0, и (2) $\Delta D + \Delta G + \Delta H$, которая описывает изменения в оценках, сделанных на отчётную дату 0 и 1 соответственно. Если границы областей выбирают так, что максимальный срок урегулирования заведомо укладывается в рассматриваемый треугольник (выплаты для областей *C, D, H* и *K* отсутствуют), то первая компонента, отвечающая за точность предыдущей оценки, равна $\delta B + \delta F$, а вторая компонента, связанная с переоценкой резерва, равна ΔG. Величину δB нужно рассматривать даже если данные типа *A* игнорируются при оценке резерва в момент времени 1, так как здесь измеряется именно точность резерва, оцененного на предыдущую дату, где эти данные были важны.

Причины отклонения от нуля указанных компонент различны, поэтому их необходимо анализировать отдельно друг от друга, хотя как сами эти компоненты, так и суммарное значение имеет смысл сравнивать с величиной резерва (в момент 1). Особое внимание при практическом анализе следует уделять случаям, когда соответствующие относительные значения велики. Вторая компонента рассматриваемой статистики изменения резервов ($\Delta D + \Delta G + \Delta H$) так же, как и первая ($\delta B + \delta C + \delta F$), содержит ошибки оценивания, связанные с отклонением от будущих фактических значений. Поэтому подобный анализ необходимо проводить ретроспективно, чтобы выяснить, уменьшали ли новые оценки резерва ошибки оценивания или нет.

Иллюстративный пример

Для пояснения приведённого анализа рассмотрим пример, основанный на реальных данных одной из крупных страховых компаний Казахстана. Взяты оценки резерва по страхованию автомобилей (каско). Данные взяты с января 2012 года по июнь 2015 года включительно, что позволяет рассчитать оценку РПНУ на две отчётные даты – 31 декабря 2014 года (момент времени 0) и 30 июня 2015 года (момент времени 1) с горизонтом глубиной 3 года (12 кварталов). В обоих случаях расчёты проводились методом цепной лестницы (сам метод и базовые предпосылки не менялись). Длина единичного периода – один квартал. Все величины пересчитаны в тыс. российских рублей. Результаты сравнения согласно методу, изложенному в предыдущем пункте, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение точности оценок РПНУ

Показатель	Значение
Величина РПНУ на 31 декабря 2014 года	33 374
Величина РПНУ на 30 июня 2015 года	27 056
Изменение резерва за январь – июнь 2015 года	–6 318
Фактические убытки, возникшие в 2012–2014 годах, оплаченные в 2015 году и урегулированные не более 12 кварталов	30 846
Ожидаемые неоплаченные убытки, возникшие в январе – июне 2015 года	21 071
Отклонение оценки в том числе отклонение фактического ущерба от оценки отклонение вследствие изменений в оценке	3 457 263 3 194

Отклонение составило достаточно большую величину, составляющую 9,6 % от резерва на 31 декабря 2014 года. Тем не менее оно почти полностью объясняется изменениями в оценке. Хотя метод и предпосылки не пересматривались, имел место пересмотр выплат вследствие суброгации и регрессов, а также поступлений имущества и (или) его годных остатков. Кроме того, метод цепной лестницы довольно чувствителен к большим выплатам, которые осуществляются со значительной задержкой: такие эффекты имели место в первой половине 2012 года (соответственно это повлияло на оценку в момент времени 0, но не имело значения в момент времени 1), а также в первой половине 2015 года (обратный эффект). В результате оценки коэффициентов развития убытков изменились, что привело к снижению резерва.

В табл. 2 приведена детализированная информация об изменении статистики. В таблице отсутствуют ячейки, относящиеся к областям *C, D, H* и *K*, так как максимальный срок урегулирования взят с избытком. В ней также убраны строки, соответствующие областям *A* и *B*, необходимые только для резерва на 31 декабря, и областям *I* и *J*, отвечающие за убытки, возникшие в первой половине 2015 года. Очевидно, для них проблема сопоставления не стоит (для указанных отчётных дат).

прошлых выплат вследствие суброгации и регрессов. Эти данные в нашей оценке не участвовали, но именно эти изменения частично ответственны за снижение размера резерва на 30 июня 2015 года. Средняя область между линиями содержит информацию об отклонениях фактических выплат, произведённых в первой половине 2015 года, от соответствующих прогнозных величин. Наконец, третья (нижняя) область отражает изменения оценок будущего ущерба в разные моменты времени.

Из изучения табл. 2 видно, что суброгация и регрессы прямого существенного влияния не имели, хотя их косвенное влияние (через изменение технических коэффициентов при расчётах) было значительным. Отклонения фактических выплат от прогноза также значительны, особенно по страховым случаям, произошедшим в 2014 году, что легко объяснимо небольшим объёмом доступной по ним информации. Тем не менее актуария интересуют не отдельные отклонения, а совокупные, которые весьма малы (0,8 % от резерва на 31 декабря). Поэтому данную оценку можно считать очень точной. Отклонения различных прогнозов достаточно велики, особенно для тех столбцов, где имело место искажение вследствие крупных выплат. Именно за счёт этого эффекта получается значительное совокупное отклонение

Таблица 2

Отклонения оценок

Период возникновения убытков	Задержка в урегулировании											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
июль – сентябрь 2012	2	–2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
октябрь – декабрь 2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–1	0	0
январь – март 2013	0	2	–2	0	0	0	0	0	0	–2	0	0
апрель – июнь 2013	0	0	0	0	0	0	0	1	0	–2	0	0
июль – сентябрь 2013	0	0	0	0	0	0	–225	1 838	0	–2	0	0
октябрь – декабрь 2013	0	2	–2	0	0	108	–328	532	0	–2	0	0
январь – март 2014	0	0	0	0	1 423	0	–324	577	0	–2	0	0
апрель – июнь 2014	2	1	–5	4 091	1 745	33	–359	727	0	–3	0	0
июль – сентябрь 2014	17	–8	–529	–682	576	28	–409	682	0	–3	0	0
октябрь – декабрь 2014	5	–4 012	–3 164	383	544	24	–466	665	0	–4	0	0

Строки соответствуют кварталам возникновения убытков (наступления страховых случаев). Столбцы отвечают за задержку в урегулировании (например, первый столбец отражает убытки, урегулированные в том же квартале, когда они возникли, т.е. задержка равна нулю). Данные разделены жирной линией на три области. Верхняя область показывает изменения статистики

(9,6 % от резерва на 31 декабря). Именно этот эффект и является причиной пересмотра величины резерва в середине года.

Выводы

Оценка точности величины страховых резервов (особенно РПНУ) представляется важной и актуальной проблемой, которая пока полностью не решена. Подход, реко-

мендованный актуарными стандартами, представляется неудачным. Предлагаемый в статье подход позволяет детально анализировать динамику оценок резервов, выявляя основные факторы, приводящие к изменениям. В иллюстративном примере, основанном на реальных данных, показано, что кажущаяся неточной оценка на самом деле довольно точна, а отклонения связаны с недостатками выбранного метода цепной лестницы, который чувствителен к некоторым особенностям статистических данных.

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования научно-технических программ и проектов Комитетом науки МОН РК, грант 5024/ГФ4.

Список литературы

1. Сихов М.Б., Кудрявцев А.А., Пак Е.Н. Проблема определения предельной продолжительности урегулирования при оценке резервов произошедших, но незаявленных убытков // Экономика и управление. – 2013. – № 6. – С. 43–46

2. Стандарт Ассоциации гильдия актуариев «Актуарный стандарт № 1 “О формировании страховых резервов по видам страхования иным, чем страхование жизни”», версия 2.0 / Утв. 10 декабря 2014 года.

3. Norberg R. Prediction of outstanding liabilities in non-life insurance // ASTIN Bulletin. – 1993. – Vol. 23. – № 1. – P. 95–115.

4. Taylor G. Loss Reserving: An Actuarial perspective. – Boston et al.: Kluwer, 2000.

5. Wüthrich M., Merz M. Stochastic claims reserving methods in insurance. – Hoboken, NJ: Wiley, 2008.

References

1. Sihov M.B., Kudrjavcev A.A., Pak E.N. Problema opredelenija predel noj prodol-zhitel nosti uregulirovanija pri ocenke rezervov proizoshedshih, no nezajavlennyh ubytkov // Jekonomika i upravlenie. 2013. no. 6. pp. 43–46

2. Standart Associacii gil dija aktuariev «Aktuarnyj standart no. 1 “O formiro-vanii strahovyh rezervov po vidam strahovanija inym, chem strahovanie zhizni”», ver-sija 2.0 / Utv. 10 dekabrja 2014 goda.

3. Norberg R. Prediction of outstanding liabilities in non-life insurance // ASTIN Bulletin. 1993. Vol. 23. no. 1. pp. 95–115.

4. Taylor G. Loss Reserving: An Actuarial perspective. Boston et al.: Kluwer, 2000.

5. Wüthrich M., Merz M. Stochastic claims reserving methods in insurance. Hoboken, NJ: Wiley, 2008.

УДК 334.722.8

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ УЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОДСИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИРОВАННЫМ КАПИТАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЙ

Кыштымова Е.А.

ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Орел, e-mail: rosa-13@yandex.ru

В статье раскрыто научное направление в области формирования информационного обеспечения системы управления инвестированным капиталом организации. Определены подходы построения учетно-аналитических подсистем для оценки размера уставного капитала при его первоначальном инвестировании и последующем изменении, представлена методика бухгалтерского и налогового учета имущественных вкладов учредителей и обоснованы методы их анализа и оценки в целях принятия управленческих решений по регулированию собственного капитала и выплате дивидендов учредителям при распределении прибыли. Для ведения налогового учета имущественных вкладов в уставный капитал коммерческих организаций предложена форма налогового регистра, предназначенная для формирования интегрированной информации бухгалтерского и налогового учета по движению основных средств и нематериальных активов. Налоговый регистр содержит информацию по первоначальной стоимости объекта, сроку полезного использования, амортизационным отчислениям в соответствии с требованиями налогового законодательства. Раскрыта методика отражения изменения размера инвестированного капитала при его уменьшении или увеличении, изменения долей учредителей в уставном капитале и их имущественном обеспечении.

Ключевые слова: собственный капитал, инвестированный капитал, анализ, методы, вклады учредителей, устав, имущество

METHODOLOGICAL APPROACHES TO FORMATION OF ACCOUNTING AND ANALYTICAL SUBSYSTEMS FOR MANAGING THE INVESTED CAPITAL OF AN ENTERPRISE

Kyshtymova E.A.

Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov, Orel, e-mail: rosa-13@yandex.ru

In the article the scientific direction in the field of formation of an information security management system invested capital organization. Approaches construction of accounting and analytical subsystems for the assessment of the authorized capital at initial investment and subsequent modification of the technique of accounting and taxation of property contributions of the founders and proved methods of analysis and assessment in order to make management decisions on the management of equity capital and the payment of dividends to the founders at a distribution of profits. For tax accounting-kind contributions to the charter capital of commercial organizations proposed tax registers for forming integrated information accounting and taxation on the movement of property, equipment and intangible assets. Tax register contains information on the initial project cost, useful life, depreciation in accordance with tax legislation. Discloses a technique reflect the change in the size of capital invested by its decrease or increase, change of founders shares in the authorized capital and collateral security.

Keywords: equity, capital invested, the analysis, the methods, the contributions of founders, tired, property

Реформирование современной системы учета, адаптация его методологии к международным стандартам финансовой отчетности оказывают существенное влияние на развитие учетно-аналитических подсистем, необходимых для управления собственным капиталом организаций. Особенно остро встает проблема создания методики учета инвестированного капитала, которая позволит сформировать информацию, необходимую для оценки первоначального инвестированного капитала, его последующих изменений, размера вкладов инвесторов, возможность выплаты дивидендов. Потребность информационного обеспечения анализа и контроля инвестированного капитала определила актуальность исследования.

Формирование собственного капитала в подсистеме бухгалтерского учета осуществляется с момента создания первоначального инвестированного капитала, который представляет собой совокупность в денежном выражении вкладов учредителей (участников, вкладчиков, пайщиков) в имущество организации для обеспечения деятельности в размерах, определенных учредительными документами, и определяется как уставный капитал.

В своих работах Е.В. Ануфриев характеризует уставный капитал как стартовый капитал, необходимый предприятию для осуществления финансово-хозяйственной деятельности с целью получения прибыли [1]. П.С. Безруких рассматривает уставный капитал как совокупную величину вложений учредителей. Бухгалтеры (экономисты) трактуя капитал как бухгалтерскую категорию, используют термин «капитал» для

описания определенного вида денег. Капитал обычно противопоставляется другому термину – «доход». Доходы – это деньги, которые заработаны в процессе деятельности организации. Капитал – это те деньги, которые организация инвестирует в свою хозяйственную деятельность, приобретая внеоборотные и оборотные активы для получения прибыли в конечном итоге [2].

Учитывая особенности формирования уставного капитала в организациях различных организационно правовых форм, определенных нормативно законодательными актами, уставный капитал с точки зрения бухгалтерского учета определяется как стоимостная оценка акций (для акционерных обществ) или иных форм вкладов учредителей [5].

По нашему мнению, с бухгалтерской точки зрения уставный капитал представляет собой имущественные и денежные ресурсы, инвестированные участниками, имеющие стоимостную оценку, необходимые для финансового и материального обеспечения первого хозяйственного цикла созданного юридического лица.

В качестве вклада в уставный капитал могут быть внесены имущество (как в денежной, так и в натуральной форме) и имущественные права. Форма оплаты вкладов при его учреждении определяется договором о создании организации. Денежная оценка имущества, вносимого при учреждении организации, производится по соглашению между учредителями. Для определения рыночной стоимости такого имущества должен привлекаться независимый оценщик. Величина денежной оценки имущества, произведенной учредителями, не может быть больше величины оценки, произведенной независимым оценщиком [12].

Способы оценки имущественных и неимущественных вкладов учредителей в уставный капитал организаций в системе бухгалтерского учета определены национальными стандартами, положениями по бухгалтерскому учету «Учет материально-производственных запасов» ПБУ 5/01, «Учет основных средств» ПБУ 6/01, «Учет финансовых вложений» ПБУ 19/02.

При оплате взносов внеоборотными активами (основными средствами, объектами незавершенного строительства, нематериальными активами) стоимость переданного имущества в учете создаваемого общества должна отражаться по стоимости в оценке, согласованной учредителями или подтвержденной независимым оценщиком. Если передается амортизируемое имущество, бывшее в эксплуатации, суммы ранее начисленной амортизации не учитываются, в организации, получившей такие активы в качестве вклада в уставный капитал, срок полезного использования и норма амортизации определяются исходя из физического состояния, принятого к учету. При оплате взноса основными средствами зачисление полученных объектов в состав основных средств возможно только в случае, если у передающей стороны они также учитывались в составе основных средств.

При оплате взноса объектами нематериальных активов должна быть обеспечена возможность собственника (создаваемой организации) отчуждать (обособлять) эти объекты от того, кто их передает; другими словами, невозможно передать просто «интеллектуальную собственность» как характеристику умственных и деловых качеств физического лица: объектами нематериальных активов, разрешенными к передаче, могут быть только надлежащим образом оформленные права пользования зарегистрированными ранее объектами (патенты, авторские права, лицензии, свидетельства и т.п.).

Оценка оборотных активов (материалов, товаров, готовой продукции), вложенных учредителями в уставный капитал организации, в системе бухгалтерского учета осуществляется по фактической себестоимости, определенной по согласованию учредителями. При оплате задолженности товарами организации розничной торговли могут учитывать полученные ценности по продажной стоимости.

В системе налогового учета такого разнообразия способов оценки имущественных вкладов учредителями в уставный капитал не предусмотрено. В соответствии с ст. 277 НК РФ имущество принимается на учет по стоимости в оценке, определенной в налоговом учете учредителя на дату перехода права собственности на указанное имущество (имущественные права), с учетом дополнительных расходов, которые для целей налогообложения признаются у передающей стороны. [13]

Поскольку передаваемые средства уже были учтены у организации-учредителя, то передача их новому владельцу осуществляется на основании ранее сформированных данных налогового учета прежнего владельца. Сравнительная характеристика способов оценки имущественных вкладов в уставный капитал организации в системе бухгалтерского и налогового учета представлена нами на рис. 1.

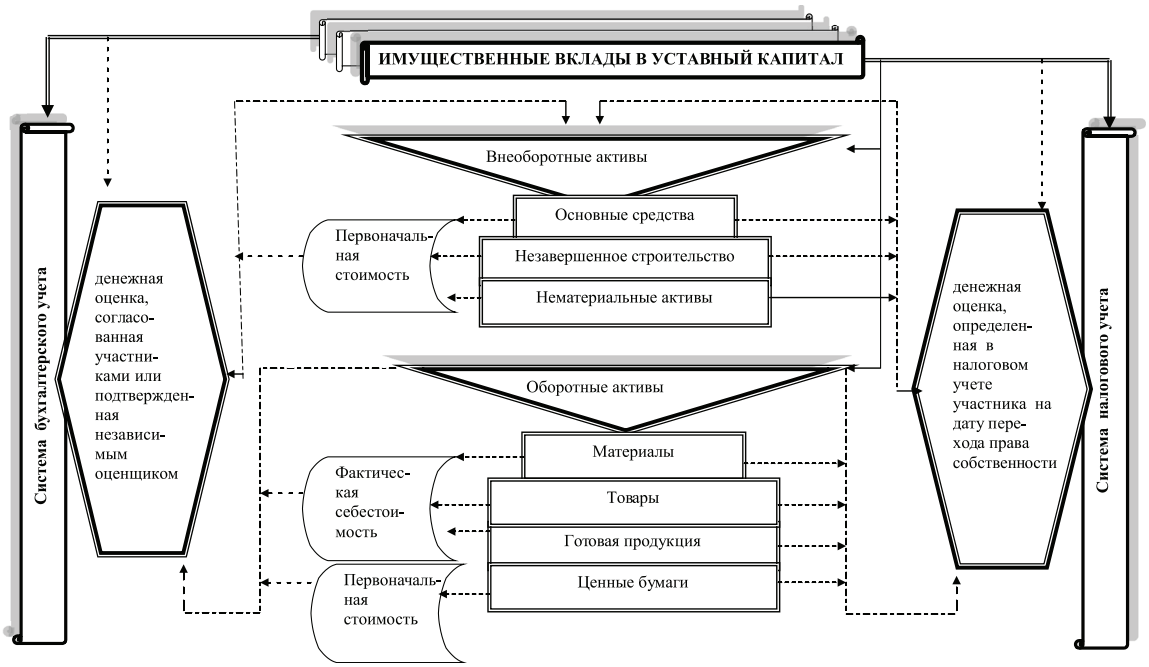


Рис. 1. Оценка имущественных вкладов участников в уставный капитал в системе бухгалтерского и налогового учета

Форма № ОС-1н

ООО «Агробизнес»

КАРТОЧКА НАЛОГОВОГО УЧЕТА ОБЪЕКТА ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ

Инвентарный номер	Наименование объекта	Первоначальная стоимость	Изменение первоначальной стоимости		Дата принятия к учету	Дата снятия объекта с учета	Причина снятия объекта с учета
			Дата	сумма			
1	2	3	4	5	6	7	8
12-161	Компьютер SAMSUNG	23559	–	–	03.05.11	–	–

Сведения о порядке начисления амортизации

Амортизационная группа/ код классификатора	Срок полезного использования объекта	Прекращение начисления амортизации			Применение специального коэффициента		
		Основание прекращения	Дата начала	Дата окончания	Значение коэффициента	Период применения коэффициента	
						Дата начала	Дата окончания
9	10	11	12	13	14	15	16
3 /14-3020000	5 лет	–	–	–	–	–	–

Суммы начисленной амортизации

Месяц/год	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Январь	392–65	392–65	392–65	392–65	392–65	
……..						
Декабрь	392–65	392–65	392–65	392–65		
Итого за год	4747,8	4747,8	4747,8	4747,8		
Итого с начала эксплуатации	4747,8	9495,6	14243,4	18991,2		

Рис. 2. Карточка налогового учета объекта основных средств

Аналитические регистры налогового учета предназначены для систематизации и накопления информации, содержащейся в принятых к учету первичных документах, аналитических данных налогового учета для отражения в расчете налоговой базы. Основным видом имущества, вносимым в качестве взносов

в уставный капитал, являются основные средства.

Для учета объектов основных средств нами разработана карточка налогового учета (рис. 2).

В основе предложенного регистра использована форма инвентарной карточки (форма ОС-6), которая дополнена соответствующими реквизитами для отражения данных налогового учета. Форма предложенной карточки позволяет в бухгалтерии на каждый объект открывать единую инвентарную карточку, которая одновременно служит документом и бухгалтерского, и налогового учета. В карточке, открытой по объекту основных средств, внесенному в качестве вклада в уставный капитал предприятия отражается его первоначальная стоимость, сформированная по правилам, установленным гл. 25 НК РФ, а именно по стоимости, отраженной в налоговом учете участника. По объекту указывается момент его принятия к налоговому учету. В карточке находит отражение информация по начислению амортизации по объекту основных средств. Отнесение объекта к конкретной амортизационной группе производится в соответствии с Классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы. Учет сумм начисленной амортизации организация ведет в течение всего срока эксплуатации объекта основных средств нарастающим итогом.

Указанный в уставе уставный капитал, независимо от того, оплачен он полностью или частично, отражается в бухгалтерском учете на счете 80 «Уставный капитал». Если уставный капитал оплачен не полностью, то оставшаяся часть отражается на счете 75 «Расчеты с учредителями» (задолженность учредителей по вкладам в уставный капитал) [6, 7].

На рис. 3 нами представлена методика учета формирования уставного капитала в предприятиях различных организационно-правовых форм.

В акционерных обществах в целях отражения информации, необходимой для регулирования инвестированного капитала, следует предусматривать открытие как минимум трех субсчетов к счету 80 «Уставный капитал»: 80/1 «Объявленный капитал», 80/2 «Подписной капитал» и 80/3 «Оплаченный капитал». В организациях других организационных форм собственности (обществе с ограниченной ответственностью, товариществе на вере, потребительском кооперативе и пр.) достаточно двух субсчетов: 80/1 «Зарегистрированный капитал» и 80/2 «Оплаченный капитал».

Методика бухгалтерского учета формирования уставного капитала в организациях различных организационно-правовых форм собственности, с учетом сделанных нами рекомендаций, представлена в таблице.

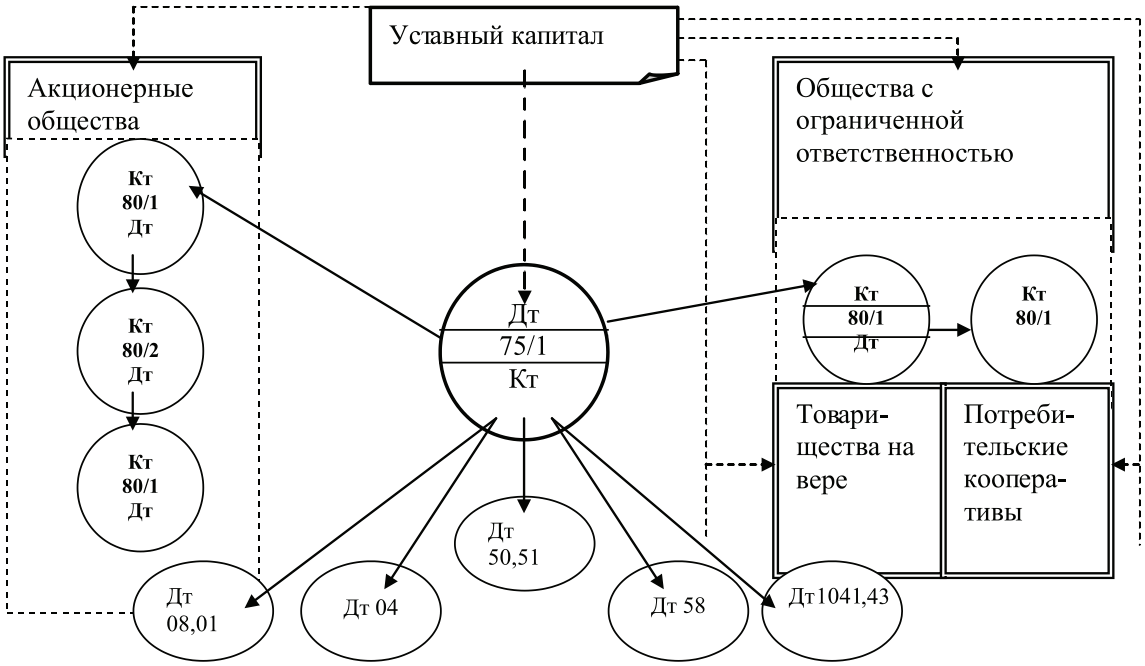


Рис. 3. Схема корреспонденции счетов по формированию уставного капитала

Методика учета формирования уставного капитала
в зависимости от организационно-правовых форм

Операции по формированию уставного капитала	ОАО «Стройинвест»			ООО «Премиум»			СКПК «Агрокредит»		
	дебет	кредит	сумма, тыс. руб.	дебет	кредит	сумма, тыс. руб.	дебет	кредит	сумма, тыс. руб.
Отражен размер: – объявленного уставного капитала	75/1	80/1	100						
– объявленного уставного капитала				75/1	80/1	339			
– зарегистрированного паевого фонда							75/1	80/1	900
Выпущенные акции размещены среди акционеров	80/1	80/2	1000	–	–	–	–	–	–
Внесены вклады: – основными средствами – денежными средствами	08	75/1	100	–51	–75/1	–339	–50,51	–75/1	–900
Отражена сумма оплаченного: – капитала – паевого фонда	80/2	80/3	100	80/1	80/2	339	–80/1	–80/2	–900

Уставный капитал организаций может изменяться, как и любой другой объект бухгалтерского учета. Исходя из требований действующего законодательства и финансово-производственной целесообразности, организация может увеличивать или уменьшать свой уставный капитал, а также изменять его структуру [10, 11].

В соответствии со ст. 17 Федерального закона № 14-ФЗ увеличение уставного капитала общества допускается только после его полной оплаты. Увеличение уставного капитала общества может осуществляться за счет имущества общества или дополнительных вкладов участников.

Уставный капитал акционерного общества согласно Федеральному закону № 208-ФЗ может быть изменен путем увеличения номинальной стоимости акций и путем размещения дополнительных акций. Обязательным условием увеличения уставного капитала, так же как и в ООО, является полная оплата ранее его объявленного размера и всех зарегистрированных выпусков акций и иных ценных бумаг.

Паевой фонд производственных кооперативов может быть увеличен за счет взносов дополнительных паев пайщиков. Дополнительные паи вносят единовременно в денежной форме по желанию члена кооператива сверх обязательного пая, по которому он получает дивиденды в размерах и в порядке, определенных уставом кооператива.

Изменение размера уставного капитала ООО или ОАО за счет имущества общества, как правило, связано с изменением номинальной стоимости доли участников в уставном капитале или номинальной стоимости акций. Увеличение номинальной стоимости акций не приводит к изменению объема имущественных прав акционера. Не изменяет объема принадлежащих акционеру прав и увеличение числа принадлежащих ему акций, поскольку в соответствии с положениями ст. 28 Закона при увеличении уставного капитала общества за счет его имущества путем размещения дополнительных акций эти акции распределяются среди всех акционеров. При этом каждому акционеру распределяются акции той же категории (типа), что и принадлежащие ему, пропорционально количеству принадлежащих акций. Источниками пополнения уставного капитала служат в этом случае добавочный капитал, нераспределенная прибыль, резервный капитал [15].

Основной целью увеличения уставного капитала за счет дополнительных вкладов участников ООО и вкладов третьих лиц, принимаемых в общество, или дополнительного выпуска акций в ОАО является увеличение активов общества, оборачиваемость которых приведет к получению прибыли. Однако общество от проведенных операций доходов не имеет и, соответственно, не производит уплаты налога на прибыль.

При ведении бухгалтерского учета формирования уставного капитала и расчетов с учредителями по взносам в него особое внимание следует уделять методике аналитического учета, в рамках которого формируется информация, необходимая для принятия управленческих решений [4, 9].

Проведенное исследование свидетельствует о том, что при формировании учетно-аналитических подсистем для управления инвестированным капиталом необходимо учитывать особенности бухгалтерского и налогового учета вкладов учредителей в уставный капитал. Разработанная методика по формированию информации в бухгалтерском учете позволяет определять размер зарегистрированного, размещенного и оплаченного капитала, что необходимо для осуществления контроля своевременности оплаты вкладов учредителями и акционерами в соответствии с законодательством, и принимать соответствующие управленческие решения. Формирование информации в подсистеме налогового учета позволяет проанализировать возникновение и погашение налоговых обязательств и налоговых разниц, что исключает налоговые риски.

Список литературы

1. Ануфриев В.Е. Бухгалтерский учет основных средств, капитала и прибыли. – М.: Бухгалтерский учет, 2002. – 163 с.

2. Бабаев А.Ю. Некоторые вопросы учета капитала // Современный бухучет. – 2004. – № 3. – С. 22.25.

3. Боброва Е.А. Система управленческого учета в управлении себестоимостью продукции промышленных предприятий // Вестник ОрелГИЭТ. – 2013. – № 3(25). – С. 100–105.

4. Кыштымова Е.А., Лытнева Н.А. Концепция бухгалтерского управленческого учета как информационная система в управлении прибылью коммерческих организаций // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2012. – Т. 3. – № 3. – С. 7–15.

5. Лытнева Н.А. Методологическая концепция учета, анализа и аудита собственного капитала. – Орел, ООО ПФ «Картуш», 2006. – 548 с.

6. Лытнева Н.А. Бухгалтерский финансовый учет: учебное пособие для студентов вузов. – М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2009. – 656 с.

7. Лытнева Н.А. Бухгалтерский учет: учебник. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2006. – 496 с.

8. Лытнева Н.А., Кыштымова Е.А. Прибретение основных средств по договору лизинга // Аудиторские ведомости. – 2009. – № 9. – С. 70–75.

9. Лытнева Н.А., Парушина Н.В. Аффилированные лица: учет и отражение в бухгалтерской отчетности // Бухгалтерский учет. – 2001. – № 15. – С. 3.

10. Лытнева Н.А., Семенов С.Г. Методика определения вероятности банкротства организаций в российской и зарубежной практике // Вестник ОрелГИЭТ. – 2010. – № 2 (12). – С. 52–57.

11. Лытнева Н.А., Сысоева О.Н. Развитие инновационных методов в управлении результативностью хозяйственных систем // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 38. – № 5. – С. 118–122.

12. Лытнева Н.А. Методология концепции учета, анализа и аудита собственного капитала: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – М.: РГТЭУ, 2006. – 44 с.

13. Парушина Н.В. Налоговый анализ в сфере предпринимательства: показатели и методика / Н.В. Парушина, Н.А. Лытнева // Аудитор. – 2009. – № 12. – С. 50–58.

14. Пьянова Н.В., Лытнева Н.А. Методология развития инновационных подходов в механизме управления расходами коммерческих организаций // Вестник ОрелГИЭТ. – 2012. – № 2(20). – С. 117–125.

15. Сысоева О.Н., Лытнева Н.А. Исследование стратегического управления прибылью в инновационной среде // Вестник ОрелГИЭТ. – 2012. – № 4. – С. 57.

References

1. Anufriev V.E. Buhgalterskij uchet osnovnyh sredstv, kapitala i pribyli. M.: Buhgalterskij uchet, 2002. 163 p.

2. Babaev A.Ju. Nekotorye voprosy ucheta kapitala // Sovremennyj buhuchet. 2004. no. 3. pp. 22.25.

3. Bobrova E.A. Sistema upravlencheskogo ucheta v upravlenii sebestoimostju produkcii promyshlennyh predprijatij // Vestnik OrelGIJeT. 2013. no. 3(25). pp. 100–105.

4. Kyshtymova E.A., Lytneva N.A. Koncepcija buhgalterskogo upravlencheskogo ucheta kak informacionnaja sistema v upravlenii pribylju kommercheskih organizacij // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2012. T. 3. no. 3. pp. 7–15.

5. Lytneva N.A. Metodologicheskaja koncepcija ucheta, analiza i audita sobstvennogo kapitala. Orel, OOO PF «Kartush», 2006. 548 p.

6. Lytneva N.A. Buhgalterskij finansovyj uchet: uchebnoe posobie dlja studentov vuzov. M.: FORUM-INFRA-M, 2009. 656 p.

7. Lytneva N.A. Buhgalterskij uchet: uchebnik. M.: Forum: INFRA-M, 2006. 496 p.

8. Lytneva N.A., Kyshtymova E.A. Pribretenie osnovnyh sredstv po dogovoru lizinga // Auditorskie vedomosti. 2009. no. 9. pp. 70–75.

9. Lytneva N.A., Parushina N.V. Affilirovannye lica: uchet i otrazhenie v buhgalterskoj otchetnosti // Buhgalterskij uchet. 2001. no. 15. pp. 3.

10. Lytneva N.A., Semenov S.G. Metodika opredelenija verojatnosti bankrotstva organizacij v rossijskoj i zarubezhnoj praktike // Vestnik OrelGIJeT. 2010. no. 2 (12). pp. 52–57.

11. Lytneva N.A., Sysoeva O.N. Razvitie innovacionnyh metodov v upravlenii rezul tativnost ju hozjajstvennyh sistem // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. T. 38. no. 5. pp. 118–122.

12. Lytneva N.A. Metodologija koncepcii ucheta, analiza i audita sobstvennogo kapitala: avtoref. dis. ... d-ra jekon. nauk. M.: RGTJeU, 2006. 44 p.

13. Parushina N.V. Nalogovyj analiz v sfere predprinimatelstva: pokazateli i metodika / N.V. Parushina, N.A. Lytneva // Auditor. 2009. no. 12. pp. 50–58.

14. Pjanova N.V., Lytneva N.A. Metodologija razvitija innovacionnyh podhodov v mehanizme upravlenija rashodami kommercheskih organizacij // Vestnik OrelGIJeT. 2012. no. 2(20). pp. 117–125.

15. Sysoeva O.N., Lytneva N.A. Issledovanie strategicheskogo upravlenija pribyl ju v innovacionnoj srede // Vestnik OrelGIJeT. 2012. no. 4. pp. 57.

УДК 338.2

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ УБОРКИ ЗЕРНА

Моисеев А.В., Белая Е.М., Цаценко Н.А.

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, e-mail: moiseew_a@rambler.ru

Целью данной работы является анализ теоретических и практических основ и описание экономической эффективности управления проектами в растениеводческой отрасли Краснодарского края. Эффективное управление проектами становится конкурентным преимуществом развивающихся компаний. Проектный подход становится основным способом управления в ведущих компаниях. Растет спрос на руководителей проектов на различных предприятиях и отраслях, владеющих технологическими знаниями, методами и искусством управления проектами. В условиях современной рыночной экономики перечисленные положения можно считать аксиомами. В условиях глобализации, с появлением новых форм собственности и управления, на аграрном рынке очень сильно изменилось положение отдельных сельскохозяйственных предприятий. Многие не выдержали сильной конкуренции, влияния кризисов, нестабильности – постоянно происходят процедуры банкротства, реорганизации, слияния и поглощения. Некоторые предприятия продолжают жить и развиваться. Важнейшую роль в этом играют руководители предприятий. От стиля их руководства, управления финансовыми и человеческими ресурсами зависит жизнеспособность организации, а также повышение эффективности производства.

Ключевые слова: управление проектами, новые технологии, инвестиционная привлекательность, конкурентные преимущества, экономическая эффективность

ECONOMIC JUSTIFICATION OF THE PROJECT OF INTRODUCTION OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF CLEANING OF GRAIN

Moiseev A.V., Belaya E.M., Tsatsenko N.A.

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, e-mail: moiseew_a@rambler.ru

The purpose of this work is the analysis of theoretical and practical bases and the description of economic efficiency of management of projects in crop branch of Krasnodar Region. Effective management of projects becomes competitive advantage of the developing companies. Design approach becomes the main way of management in leading companies.Demand for project managers at various enterprises and branches owning technological knowledge, methods and a management skill projects grows. In the conditions of modern market economy the listed provisions can be considered axioms. In the conditions of globalization with the advent of new forms of ownership and management, in the agrarian market position of the separate agricultural enterprises very strongly changed.Many didn't sustain the strong competition, influences of crises, instability – constantly there are procedures of bankruptcy, reorganization, merge and absorption. Some enterprises continue to live and develop. An important role in it is played by heads of the enterprises. From their style of the management, resource management, financial and human viability of the organization, and also production efficiency increase depends.

Keywords: management of projects, new technologies, investment appeal, competitive advantages, economic efficiency

Завершающим этапом бизнес-процесса производства растениеводческой продукции является уборка урожая. Важное значение имеет уборка в рекомендуемые агротехнические сроки. Недостаток техники или низкое ее качество приводит к повышению потерь при уборке и, как следствие, к снижению общего уровня эффективности [2].

Обеспеченность сельского хозяйства Краснодарского края тракторами, зерноуборочными комбайнами, а также основными видами ресурсов, потребляемыми при производстве зерновой продукции все еще характеризуется спадом [9].

Среди многих нерешенных проблем производства зерна наиболее актуальной остается проблема уборки урожая в агротехнические сроки (7–12 дней) и устранения таким образом значительных потерь зерна и ухудшения его качества. Потери зерна (озимой пшеницы, ячменя) от самоосыпания через 20 дней после наступления полной спелости составляют от 18,4 до 20,2 %. Поэтому наиболее выгодно уборку хлебов проводить в короткий период, обусловленный агротехническими сроками. Обеспечение этих условий возможно только при наличии у сельхозпроизводителей соответствующего количества и качественного по составу парка зерноуборочных комбайнов [3].

При исследованиях, проведенных на Южно-Украинской МИС на уборке комбайном «Джон Дир-9500», оборудованным очесывающей жаткой, достигнута в 2,2 раза большая производительность на уборке озимой пшеницы и в 1,9 раза на уборке ячменя по сравнению с комбайном, оборудованным обычной жаткой. Это достигнуто преимущественно за счет возможности

работы комбайна с допустимыми потерями на большей рабочей скорости с очесывающей жаткой. С повышением производительности потери зерна за комбайном с очесывающей жаткой возрастают линейно и не выходят за пределы 1,0 % [6].

Дробление зерна в опытах получено меньшим по сравнению с комбайнами с обычной жаткой (0,4–0,6 против 0,6–1,6 на озимой пшенице) [4].

Улучшилось также качество очистки зерна (основное зерно составляет 98 % у комбайна с очесывающей жаткой против 95–96 % – с обычной).

Потери зерна за очесывающей жаткой на уборке озимой пшеницы при условии благоприятного агрофона при увеличении рабочей скорости от 4,5 до 9,0 км/час возрастают незначительно (с 0,23 до 0,24 %). Основную массу потерь составляет свободное зерно, которое теряется от воздействия на колосок очесывающего барабана. В традиционных жатках потери при таких же условиях несколько выше, основную массу составляют потери зерна в колосках [11].

Результаты исследований свидетельствуют, что очесывающие жатки удовлетворительно работают на полеглых хлебах и при увеличении полеглости свыше 30 % имеют преимущества перед обычными [8].

Очесывающие жатки опробованы также на уборке прямым комбайнированием риса, гороха, сои, масличного льна, семенников трав, гречихи и других культур. Они показали значительно лучшие, чем обычные жатки, результаты по качеству работы и производительности [7].

Уменьшение потерь при уборке засоренных посевов достигается благодаря тому, что при очесывании сорняки не срезаются, а только очесываются гребенками и не поступают в молотилку комбайна, что в значительной мере способствует лучшему обмолоту и сепарации таких хлебов [13].

Полученные результаты хозяйственной проверки очесывающих жаток засвидетельствовали, что сезонный намолот комбайнов увеличивается почти в два раза. За счет этого не только сохраняется урожай, но и существенно снижаются прямые затраты на уборку зерна. Так, при оборудовании комбайна «Джон Дир-9500» очесывающей жаткой прямые затраты на уборке зерновых уменьшаются на 20 %, а сезонная наработка только на зерновых возрастает на 47 % и составляет 1255 га [12].

Таким образом, оборудование зерноуборочных комбайнов очесывающими жатками позволяет существенно (в 1,9–2,2 раза) повысить производительность комбайнов и собрать основную часть зерновых культур в агротехнические сроки [10].

В современных моделях очесывающих жаток ShelbourneReynolds диаметр ротора увеличен до 610 мм. Новая система ременного привода позволяет бесступенчато изменять скорость вращения ротора в пределах 440–770 об./мин непосредственно из кабины комбайна. Ширина захвата зерновых жаток серии CVS составляет 5,4–9,6 м, при этом широкозахватные модели (7,2–9,6 м) смещены вправо для компенсации веса более тяжелого левого края, чем достигается равномерное распределение нагрузки на колеса [15].

Мы проанализировали предложение на рынке очесывающих жаток и выбрали трех основных производителей (табл. 1).

Таблица 1

Технические характеристики очесывающих жаток

Показатель	УАС 7	ОЗОН 7	CVS 28
Производитель	ООО «Укр. Агро-сервис»	ОАО «Пензенский машиностроительный завод»	Shelbourne Reynolds Engineering Ltd.
Страна	Украина	Россия	Великобритания
Наличие представительства в России	да	да	да
Сайт производителя	http://ukragroserv.com.ua/	http://www.penzmash.ru/	http://www.shelbourne.com/ http://www.russian-shelbourne.ru/
Стоимость 1 жатки, руб.	850000	700000	1400000
Ширина захвата жатки, м	7	7	9
Скорость комбайнирования, км/ч	9	9	10
Экономия топлива, %	40	40	45
Производительность, га/ч	6,3	6,4	10

Таблица 2

Экономическое обоснование эффективности производства с помощью очесывающих жаток на примере уборки пшеницы с уборочной площади 6100 га

Показатель	Без проекта (2014 г.)	УАС 7	ОЗОН 4	CVS 28
Количество приобретаемых жаток, шт.	–	4	4	4
Необходимые инвестиции, тыс. руб.	–	3400	2800	5600
Урожайность, ц/га	38,8	42,3	42,3	43,8
Валовой сбор, т	23671,4	25806,4	25806,4	26721,4
Производственные затраты всего, тыс. руб.	126123	127457	127029	128605
в том числе затраты на нефтепродукты	3222	2411	2411	2309
из них на комбайнировании	2028	1217	1217	1116
затраты на содержание основных средств	3016	3416	3296	3536
Оплата кредита, тыс. руб.		1745,3	1437,3	2874,7
Цена реализации 1 т зерна, руб.	6771,13	6771,13	6771,13	6771,13
Стоимость валовой продукции, тыс. руб.	160282,1	174738,4	174738,4	180934,0
Чистый доход, тыс. руб.	34159,1	47281,4	47709,4	52329,1
Прирост чистого дохода, тыс. руб.		13122,3	13550,3	18170,0
Производственная рентабельность, %	27,1	37,1	37,6	40,7
Срок окупаемости за счет прироста чистого дохода, лет		0,26	0,21	0,31

Из представленных данных видно, что наибольшей производительностью обладает жатка CVS 28 производства Shelbourne Reynolds Engineering Ltd. Однако эта жатка и наиболее дорогая.

В табл. 2 нами приведен расчет экономической эффективности альтернатив приобретения очесывающей жатки. Так как в хозяйстве на текущий момент 4 комбайна, то планируется приобретение 4 жаток. Расчет выполнен на основании данных урожайности и затрат 2014 г.

Применение очесывающих жаток позволяет повысить урожайность за счет соблюдения агротехнических сроков уборки и сокращения потерь [5]. В дальнейшем можно еще повысить урожайность за счет внедрения технологии notill.

Из представленного расчета видно, что наибольший прирост чистого дохода и производственная рентабельность [1] достигается при применении жатки производства Великобритании. Таким образом, считаем вариант приобретения жаток компании Shelbourne Reynolds Engineering Ltd наиболее привлекательным [14].

Предлагаем внедрить в хозяйстве элементы ресурсосберегающей технологии производства зерна. Для этого мы обосновали проект приобретения очесывающих жаток. Приобрести жатки и агрегаты вместе с тракторами мы планируем в кредит под залог приобретаемого оборудования, так как собственных средств у предприятия нет.

Мы считаем, что реализация предлагаемого нами проекта позволит в перспективе повысить экономическую эффективность производства на предприятиях и в отрасли агропромышленного комплекса Краснодарского края.

Список литературы

1. Воробьева Е.А., Моисеев А.В. Особенности применения единого сельскохозяйственного налога // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Материалы VI всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар, 2012. – С. 618–620.

2. Моисеев А.В. Мониторинг защиты прав и экономической поддержки крестьянских хозяйств региональными властями // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2007. – № 4. – С. 26–27.

3. Моисеев А.В. Инновационное развитие АПК при участии учебных и научных учреждений // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы VI всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Краснодар, 2012. – С. 659–660.

4. Моисеев А.В. Совершенствовать систему семеноводства зерновых культур // АПК: экономика, управление. – 2013. – № 12. – С. 66–68.

5. Моисеев В.В., Моисеев А.В. Вклад Кубанского госагроуниверситета в научно-информационное обеспечение АПК края // АПК: экономика, управление. – 2012. – № 10. – С. 94–98.

6. Моисеев В.В., Осмоловская М.С. Прогрессивные технологии как фактор инновационного развития растениеводства (на примере ОАО «Заветы Ильича) // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 за 2015 год (часть 2). – С. 3569–3571.

7. Осмоловская М.С. Инвестиционный процесс в АПК Краснодарского края: состояние и перспективы // АПК: экономика, управление. – 2015. – № 3. – С. 89–93.

8. Осмоловская М.С., Петренко И.М. Перспективы государственного регулирования инвестиционной политики в АПК // Материалы всероссийской заочной научно-практической конференции по экономике и гуманитарным наукам. – Краснодар, 2014. – С. 141–146.

9. Осмоловская М.С. Роль государственного регулирования в развитии отрасли растениеводства // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 12–3 (53–3). – С. 568–572.

10. Толмачев А.В., Глухих Л.В., Михайлушкин П.В. Современные подходы к моделированию конкурентных процессов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 99. – С. 819–832.

11. Трубилин Е.И., Труфляк И.С., Труфляк Е.В. Альтернативный режущий аппарат механических косилок // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 2. – С. 10–12.

12. Труфляк Е.В., Трубилин Е.И., Маслов Г.Г. Конструктивно-технологические усовершенствования кукурузоуборочного агрегата // Тракторыисельхозмашины. – 2011. – № 1. – С. 8–10.

13. Труфляк Е.В. Приспособление к початкоотделяющему аппарату для уборки кукурузы //Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – № 4. – С. 36–37.

14. Труфляк И.С. Жатка зерноуборочного комбайна нового типа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 101. – С. 2298–2310.

15. Фролов В.Ю., Сысоев Д.П., Класнер Г.Г. Моделирование технологического процесса измельчения замоченного зерна сои // Техника и оборудование для села. – 2015. – № .2 (212). – С. 20–23.

References

1. VorobevaE.A., Moiseev A.V. Osobennosti primenenija edinogo selskohozjajstvennogo naloga // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: Materialy VI vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh. Krasnodar, 2012. pp. 618–620.

2. MoiseevA.V.Monitoring zashhity prav i jekonomicheskoj podderzhki krestjanskih hozjajstv regionalnymi vlastjami // Mezhdunarodnyj selskohozjajstvennyj zhurnal. 2007. no. 4. pp. 26–27.

3. MoiseevA.V. Innovacionnoe razvitie APK pri uchastii uchebnyh i nauchnyh uchrezhdenij // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa:Materialy VI vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh. Krasnodar, 2012. pp. 659–660.

4. Moiseev A.V. Sovershenstvovat sistemu semenovodstva zernovyh kultur // APK: jekonomika, upravlenie. 2013. no. 12. pp. 66–68.

5. Moiseev V.V., MoiseevA.V. Vklad Kubanskogo gosagrouniversiteta v nauchno-informacionnoe obespechenie APK kraja // APK: jekonomika, upravlenie. 2012. no. 10. pp. 94–98.

6. Moiseev V.V., Osmolovskaja M.S. Progressivnye tehnologii kak factor innovacionnogo razvitija rastenievodstva (naprimere OAO «ZavetyIlicha) // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 2 za 2015 god (chast 2). pp. 3569–3571.

7. Osmolovskaja M.S. Investicionnyj process v APK Krasnodarskogokraja: sostojanie i perspektivy // APK: jekonomika, upravlenie. 2015. no. 3. pp. 89–93.

8. Osmolovskaja M.S., Petrenko I.M. Perspektivy gosudarstvennogo regulirovanija investicionnoj politiki v APK // Materialy vserossijskoj zaochnoj nauchno-prakticheskoj konferencii po jekonomike i gumanitarnym naukam. Krasnodar, 2014. pp. 141–146.

9. Osmolovskaja M.S. Rol gosudarstvennogo regulirovanija v razvitii otrasli rastenievodstva // Jekonomika i predprinimatelstvo. 2014. no. 12–3 (53–3). pp. 568–572.

10. Tolmachev A.V., Gluhih L.V., Mihajlushkin P.V. Sovremennye podhody k modelirovaniju konkurentnyh processov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. no. 99. pp. 819–832.

11. Trubilin E.I., Trufljak I.S., Trufljak E.V. Alternativnyj rezhushhij apparat mehanicheskih kosilok // Tehnika i oborudovaniedljasela. 2013. no. 2. pp. 10–12.

12. Trufljak E.V., Trubilin E.I., Maslov G.G. Konstruktivno-tehnologicheskie usovershenstvovanija kukuruzouborochnogo agregata // Traktory i selhozmashiny. 2011. no. 1. pp. 8–10.

13. Trufljak E.V. Prisposoblenie k pochatkootdeljajushhemu apparatu dlja uborki kukuruzy // Tehnika v selskomhozjajstve. 2010. no. 4. pp. 36–37.

14. Trufljak I.S. Zhatka zernouborochnogo kombajna novogo tipa // Politematicheskij setevojj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. no. 101. pp. 2298–2310.

15. Frolov V.Ju., Sysoev D.P., Klasner G.G. Modelirovanie tehnologicheskogo processa izmelchenija zamochennogo zerna soi // Tehnika i oborudovaniedljasela. 2015. no. .2 (212). pp. 20–23.

УДК 65.012

НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СТЕЙКХОЛДЕР-КОМПАНИИ

Морозов В.О., Солодухин К.С., Чен А.Я.

ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», Владивосток, e-mail: vitaliy.morozov@vvsu.ru, k.solodukhin@mail.ru, a.chen@inbox.ru

Настоящая статья посвящена разработке нечетко-множественных методов стратегического анализа организаций, условием существования которых является способность устанавливать и поддерживать отношения с широким кругом заинтересованных сторон. Данные методы предназначены для применения в условиях стейкхолдерского менеджмента, в которых приходится иметь дело с несколькими «центрами власти» с конфликтующими целями и различными сферами интересов, которые не могут быть разделены точными границами. Предложенные методы позволяют оперировать нечеткой, размытой информацией и учитывать субъективные представления и ощущения всех участников стратегического процесса (то есть стейкхолдеров). В статье описывается нечеткий количественный «стейкхолдерский» SWOT-анализ и базирующийся на нем нечеткий количественный «стейкхолдерский» VRIO-анализ. В качестве примера приведены результаты апробации данных методов для государственного вуза.

Ключевые слова: нечетко-множественные методы и модели, стейкхолдерский менеджмент, стратегический анализ

FUZZY SET METHODS FOR STRATEGIC STAKEHOLDER ANALYSIS OF COMPANY

Morozov V.O., Solodukhin K.S., Chen A.Y.

Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: vitaliy.morozov@vvsu.ru, k.solodukhin@mail.ru, a.chen@inbox.ru

This article is devoted to development of fuzzy set methods for strategic analysis of organizations, condition for the existence of which is the ability to establish and maintain relationships with a wide range of stakeholders. These methods are designed for applications in stakeholder management, in which we have to deal with several «centers of power» with conflicting objectives and different areas of interest that cannot be separated by the exact boundaries. The proposed methods allow to operate with fuzzy information and take into account the subjective views and feelings of all the participants of the strategic process (stakeholders). The article describes the fuzzy quantitative stakeholder SWOT-analysis and based on its fuzzy quantitative stakeholder VRIO-analysis. As an example, the results of approbation of these methods for the state university are given.

Keywords: fuzzy set methods and models, stakeholder management, strategic analysis

Системы поддержки принятия решений в социально-экономических системах на основе нечеткой логики активно развиваются в сферах, относящихся к оперативному и тактическому уровням управления. Нечетко-множественный инструментарий решения стратегических задач развит значительно слабее. При этом большинство известных нечетко-множественных методов и моделей стратегического управления практически не применимы в условиях стейкхолдерского менеджмента, поскольку они не предназначены для ситуаций, в которых имеется несколько «центров власти» с конфликтующими целями и сферами интересов, которые не могут быть разделены точными границами.

Важной задачей организации успешного процесса принятия стратегических решений является предоставление средств оперирования нечеткой, размытой информацией, учета субъективных представлений и ощущений всех участников стратегического процесса (стейкхолдеров).

Одним из самых распространенных методов, оценивающих внутренние и внешние факторы, является SWOT-анализ. Ранее нами был предложен «стейкхолдерский» SWOT-анализ, позволяющий анализировать (не только качественно, но и количественно) в комплексе внутренние и внешние факторы социально-экономической системы с точки зрения интересов каждого отдельного стейкхолдера и целей самой системы [3, 4]. С другой стороны, нами была предложена нечеткая модификация SWOT-анализа, апробированная на примере региона (Камчатского края) [5]. В последующем в нечеткую модификацию SWOT-анализа были добавлены дополнительные этапы и проведена ее апробация на примере государственного университета (Владивостокского государственного университета экономики и сервиса) [6].

Предлагаемая методика состоит из трех этапов.

На первом этапе производится исследование внутренней среды социально-экономической системы, а именно выявление слабых и сильных сторон. В качестве количественных оценок сильных и слабых сторон деятельности используются следующие показатели: воплощение i-й характеристики с точки зрения k-й группы заинтересованных сторон (ГЗС) (нечеткое число, определенное на множестве целых чисел (шкале баллов) от –5 до 5), важность i-й характеристики (нечеткое число, определенное на множестве целых чисел от 0 до 10), ранг i-й характеристики (произведение воплощения и важности).

Второй этап заключается в исследовании внешней среды системы и выявлении возможностей и угроз. В качестве количественных оценок возможностей и угроз используются следующие показатели: вероятность появления j-го фактора (четкое число от 0 до 1), значимость j-го фактора (нечеткое число, определенное на множестве целых чисел от 0 до 10), характер влияния j-го фактора (для возможностей равняется 1, для угроз – –1).

На третьем этапе производится сопоставление сильных и слабых сторон системы и факторов внешней среды. В качестве количественных оценок используется возможность социально-экономической системы за счет i-й сильной стороны воспользоваться j-й благоприятной возможностью (или противостоять j-й угрозе) или наоборот (нечеткое число от 0 до 1 для сильных сторон и от –1 до 0 для слабых).

Экспертная оценка внутренней и внешней среды вносится в табл. 1.

ствовать реализации j-й возможности или повысить негативные последствия j-й угрозы); k – номер группы заинтересованных сторон.

Далее формируется итоговая сопоставительная матрица для каждой группы заинтересованных сторон. Оценки экспертов в клетках a_{ij}^k транспонируются в параметры A_{ij}^k по формуле

$$A_{ij}^k = a_{ij}^k \cdot Y_j^k \cdot P_j \cdot N_i^k .$$

Затем производится оценка конкретных благоприятных возможностей и угроз, сильных и слабых сторон по формулам

$$N_i^{k'} = \sum_j A_{ij}^{k'}; \quad Y_i^{k'} = \sum_i A_{ij}^{k'} .$$

Динамическая оценка стратегического потенциала социально-экономической системы относительно k-й группы заинтересованных сторон рассчитывается как

$$S^k = \sum_i \sum_j A_{ij}^{k'} .$$

Интегральная динамическая оценка стратегического потенциала системы может быть рассчитана по формуле

$$S = \sum_{k=1}^{n} w_k \cdot S^k ,$$

где w_k – вес (значимость) k-й группы заинтересованных сторон.

В завершении SWOT-анализа оценивается общее состояние деятельности социально-экономической системы во внешней среде с позиции каждой ГЗС и в целом в системе. Для этого значения всех оценок итоговой сопоставительной матрицы каждой

Таблица 1

Сопоставление факторов внутренней и внешней среды (форма для экспертов)

	Важность сильной/слабой стороны (N)	Возможности	Угрозы
Вероятность появления (P)		P_j	P_j
Значимость возможности/угрозы (Y)		Y_j^k	Y_j^k
Сильные стороны	N_i^k	a_{ij}^k	a_{ij}^k
Слабые стороны	N_i^k	a_{ij}^k	a_{ij}^k

В данной форме a_{ij}^k – степень влияния i-го внутреннего фактора на j-й внешний фактор (то есть возможность системы за счет i-й сильной стороны воспользоваться j-й благоприятной возможностью или противостоять j-й угрозе или, соответственно, способность i-й слабой стороны препят-

ГЗС суммируются по квадрантам, а затем суммируются соответствующие квадранты с учетом значимости групп. Таким образом, в зависимости от сочетания сил, слабостей, возможностей и угроз можно оценить состояние среды деятельности системы.

Таблица 2

Стратегическая матрица ВГУЭС

ГЗС	Вуз	Внешняя среда		Сводная оценка
		Преобладают возможности	Преобладают угрозы	
Бизнес-сообщество	преобладают сильные стороны	<–64,4; 27,9; 204,9>	<–19,3; 36,1; 179,2>	<–260,8; 48,3; 488,0>
	преобладают слабые стороны	<–98,6; –6,5; 69,1>	<–78,5; –9,2; 35,1>	
Сотрудники	преобладают сильные стороны	<–29,6; 34,8; 183,6>	<–19,5; 38,8; 171,1>	<–226,4; 46,4; 420,8>
	преобладают слабые стороны	<–90,3; –12,7; 35,5>	<–87,0; –14,5; 30,6>	
Клиенты	преобладают сильные стороны	<–11,8; 50,0; 214,8>	<–25,7; 67,0; 313,8>	<–274,7; 86,0; 624,2>
	преобладают слабые стороны	<–90,2; –11,2; 40,8>	<–147,0; –19,8; 54,8>	
Внешние партнеры	преобладают сильные стороны	<–6,8; 14,8; 64,0>	<–29,7; 26,9; 131,7>	<–131,1; 32,1; 255,4>
	преобладают слабые стороны	<–31,0; –4,0; 16,9>	<–63,6; –5,6; 42,8>	
Общество и государство	преобладают сильные стороны	<–49,0; 29,1; 191,7>	<–59,0; 36,5; 216,5>	<–288,2; 54,2; 532,5>
	преобладают слабые стороны	<–84,4; –4,4; 62,9>	<–95,8; –7,0; 61,4>	
ВГУЭС	преобладают сильные стороны	<–161,6; 156,6; 858,7>	<–153,2; 205,3; 1012,3>	<–1181,2; 267,0; 2320,9>
	преобладают слабые стороны	<–394,5; –38,8; 225,2>	<–471,9; –56,1; 224,7>	

В табл. 2 приведена нечеткая стратегическая матрица ВГУЭС. Подробные промежуточные расчеты и выводы можно найти в работе [там же].

Заметим, что важная информация может быть получена, если найти нормированные площади отрицательной и положительной частей фигур, образованных функциями принадлежности сводных оценок. В данном примере для ГЗС «Бизнес-сообщество», «Сотрудники», «Общество и государство» нормированные площади отрицательной и положительной частей равны 0,29 и 0,71 соответственно; для ГЗС «Внешние партнеры» – 0,27 и 0,73; для ГЗС «Клиенты» – 0,23 и 0,77. Для общей интегральной оценки нормированная площадь отрицательной части равна 0,22, положительной – 0,78. Полученные результаты свидетельствуют о сложившейся благоприятной в целом внешней среде для ВГУЭС.

Одним из важнейших этапов стратегического анализа социально-экономической системы является определение потенциалов ее ресурсов и способностей (бизнес-процессов) как источников возможных конкурентных преимуществ.

Одним из инструментов оценки конкурентного потенциала ресурсов и способностей социально-экономической системы является VRIO-анализ. Впервые модель VRIO была предложена Дж. Барни и представляла из себя простую схему анализа ресурсов и способностей фирмы, состоящую из четырех вопросов [8, 9]. Согласно данной модели все ресурсы и способности оцениваются бинарно («Да»/«Нет») по четырем параметрам (в указанном порядке): ценность (*V*), редкость (*R*), невоспроизводимость (*I*), организованность (O). При этом при ответе «Нет», т.е. при отсутствии у анализируемого ресурса некоторого свойства (например, редкости) наличие последующих свойств уже не проверяется.

Позднее появилась модификация этой модели, позволяющая связать между собой этапы анализа внешней и внутренней среды (SWOT-анализа), конкурентного анализа и VRIO-анализа, а также получать количественные оценки степени устойчивости конкурентного преимущества, основанного на обладании ресурсом или способностью [1, 4, 7].

В данной модификации предлагается оценить ресурсы и способности по каждому из четырех свойств по 10-балльной шкале. На выходе модели получается интегральный показатель, свидетельствующий

о потенциале ресурса или способности как источника конкурентного преимущества.

Данный показатель может иметь следующие интервальные значения:

«0–10» – ресурс (способность) представляет конкурентную слабость;

«10–20» – ресурс (способность) обеспечивает конкурентный паритет;

«20–30» – ресурс (способность) лежит в основе временного конкурентного преимущества;

«30–40» – потенциал ресурса (способности) позволяет обеспечить устойчивое конкурентное преимущество.

Возможным недостатком такого подхода является то, что эксперту необходимо, отвечая на вопросы вида: «Насколько сложно воспроизвести ресурс, которым обладает данная социально-экономическая система?», указывать конкретное число. Если с оценками 0 – «ресурс очень легко воспроизводим» и 10 – «ресурс практически невоспроизводим» затруднений не возникает, то с промежуточными оценками все несколько сложнее.

Наиболее распространенным способом упрощения задачи эксперту является применение нечетко-множественного подхода. В качестве вариантов ответа могут быть использованы лингвистические переменные, при этом каждой лингвистической переменной ставится в соответствие нечеткое число.

Предложенный метод нечеткого VRIO-анализа был также апробирован на примере ВГУЭС [2]. В табл. 3 приведены результаты VRIO-анализа конкурентного потенциала ВГУЭС относительно группы заинтересованных сторон «Бизнес-сообщество».

Как видно из табл. 3, полученные значения интегрального показателя достаточно размыты и отнести их к одному из интервалов можно лишь с некоторой долей уверенности.

В качестве числовой характеристики уверенности предлагается использовать относительные площади фигур, отсеченных на координатной плоскости линией функции принадлежности. Данные характеристики назовем коэффициентами соответствия фактора. Результаты расчетов представлены в табл. 4.

Таблица 3

VRIO-анализ конкурентного потенциала ВГУЭС относительно ГЗС «Бизнес-сообщество»

№ п/п	Конкурентный потенциал	VRIO-оценка				
		V_i^k	R_i^k	I_i^k	O_i^k	$VRIO_i^k$
1	Специализация вуза на «бизнес-образовании»	<–0,2; 10,0; 31,2>	<3,5; 6,0; 8,5>	<5; 10; 15>	<3,5; 6,0; 8,5>	<11,8; 32,0; 63,2>
2	Практико-интегрированное обучение	<–2,8; 9,4; 29,7>	<6,5; 9,0; 11,5>	<2; 7; 12>	<5,5; 8,0; 10,5>	<11,2; 33,4; 63,7>
3	Международные стажировки профессорско-преподавательского состава (ППС) и студентов	<–16,3; 3,9; 17,2>	<2,5; 5,0; 7,5>	<0; 5; 10>	<7,5; 10,0; 12,5>	<–6,3; 23,9; 47,2>
4	Материально-техническая база (МТБ)	<–4,1; 6,0; 18,4>	<3,5; 6,0; 8,5>	<0; 5; 10>	<4,5; 7,0; 9,5>	<3,9; 24,0; 46,4>
5	Прозрачность вузовских процессов и доступность информации	<–2,4; 8,1; 26,9>	<1,5; 4,0; 6,5>	<3; 8; 13>	<–0,5; 2,0; 4,5>	<1,6; 22,1; 50,9>
6	Квалификация ППС	<–6,0; 7,8; 23,5>	<2,5; 5,0; 7,5	<0; 5; 10>	<2,5; 5,0; 7,5>	<–1,0; 22,8; 48,5>

Таблица 4

Коэффициенты соответствия факторов

№ п/п	Конкурентный потенциал	Конкурентная слабость	Конкурентный паритет	Временное преимущество	Устойчивое преимущество
1	Специализация вуза на «бизнес-образовании»	0,00	0,10	0,38	0,52
2	Практико-интегрированное обучение	0,00	0,10	0,37	0,53
3	Международные стажировки профессорско-преподавательского состава (ППС) и студентов	0,15	0,28	0,36	0,21
4	Материально-техническая база (МТБ)	0,05	0,27	0,43	0,25
5	Прозрачность вузовских процессов и доступность информации	0,08	0,29	0,39	0,24
6	Квалификация ППС	0,11	0,29	0,38	0,22

Таким образом, с наибольшей долей уверенности, факторами, составляющими устойчивое конкурентное преимущество вуза относительно ГЗС «Бизнес-сообщество», являются «Специализация вуза на «“бизнес-образовании”» и «Практико-интегрированное обучение». Факторы «Материально-техническая база», «Прозрачность вузовских процессов и доступность информации», «Квалификация ППС», «Международные стажировки ППС и студентов» можно отнести к категории «временное конкурентное преимущество». Остальные выделенные в рамках SWOT-анализа факторы обеспечивают конкурентный паритет или лежат в основе конкурентных слабостей вуза, негативно влияющих на его конкурентную позицию.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научного проекта № 15-32-01027.

Список литературы

1. Лавренюк К.И., Рахманова М.С., Солодухин К.С. Анализ конкурентного потенциала региона на основе количественной модели VRIO (на примере Камчатского края) // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – Режим доступа: http://www.science-education.ru/120-16481 (дата обращения: 20.11.15).

2. Морозов В.О., Солодухин К.С. Анализ конкурентного потенциала университета на основе нечеткого VRIO-анализа // Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие Дальневосточного региона: материалы XVII международной научно-практической конференции-конкурса студентов, аспирантов и молодых исследователей (28–29 апреля 2015 г.): в 5 т. Т. 1. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2015. – С. 157–160.

3. Рахманова М.С., Лавренюк К.И. Методика SWOT-анализа муниципального образования на основе теории заинтересованных сторон // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2012. – № 5. – С. 200–211.

4. Солодухин К.С. Стратегическое управление вузом как стейкхолдер-компанией. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009.

5. Солодухин К.С., Морозов В.О. Анализ стратегического потенциала территории на основе нечеткого SWOT-анализа // Современные вызовы контроллингу и требования к контроллеру: сборник научных трудов VI международного конгресса по контроллингу. – 2015. – С. 245–252. – Режим доступа: http://www.controlling.ru/symposium/ (дата обращения: 20.11.15).

6. Солодухин К.С., Морозов В.О. Нечеткий SWOT-анализ университета на основе теории заинтересованных сторон // Академическая наука – проблемы и достижения: материалы VI международной научно-практической конференции н.-и. ц. «Академический» (25-26 мая 2015 г.). – North Charleston, SC, USA, Изд-во: CreateSpace, 2015. – С. 197–204.

7. Солодухин К.С., Рахманова М.С. Модель оценки конкурентного потенциала ресурсов и способностей вуза как стейкхолдер-компании // Вестник УГТУ-УПИ. – 2009. – № 3. – С. 133–139.

8. Barney J.B. Firm resources and sustained competitive advantage // Journal of management. – 1991. – Vol. 17, № 1. – P. 99–120.

9. Barney J.B. Gaining and Sustaining Competitive Advantage. – 2nd ed. – Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ, 2002.

References

1. Lavrenjuk K.I., Rahmanova M.S., Soloduhin K.S. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*, 2014, no. 6, available at: http://www.science-education.ru/120-16481 (accessed 20 November 2015).

2. Morozov V.O., Soloduhin K.S. *Intellektualnyj potencial vuzov – na razvitie Dal'nevostochnogo regiona: materialy XVII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii-konkursa studentov, aspirantov i molodyh issledovatelej* (The intellectual potential of universities – on the development of the Far East region: Proceedings of the XVII International scientific and practical conference-competition of students and young researchers). Vladivostok, 2015, pp. 157–160.

3. Rahmanova M.S., Lavrenyuk K.I. *Territorija novyh vozmozhnostej. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta jekonomiki i servisa*, 2012, no. 5, pp. 200–211.

4. Soloduhin K.S. *Strategicheskoe upravlenie vuzom kak stejkholder-kompaniej* (Strategic management of the university as a stakeholder-company). St. Petersburg, 2009.

5. Soloduhin K.S., Morozov V.O. *Sovremennye vyzovy kontrollingu i trebovanija k kontrolleru: sbornik nauchnyh trudov VI mezhdunarodnogo kongressa po kontrollingu* (Modern challenges controlling and controller requirements: Proceedings of The International Conference). Vladimir, Moscow, 2015, pp. 245–252. Available at: http://www.controlling.ru/symposium/ (accessed 20 November 2015).

6. Soloduhin K.S., Morozov V.O. Academic science – problems and achievements VI. North Charleston (SC, USA), 2015, pp. 197–204.

7. Soloduhin K.S., Rahmanova M.S. *Vestnik UGTU-UPI*, 2009, no. 3, pp. 133–139.

8. Barney J.B. Firm resources and sustained competitive advantage. Journal of management, 1991, vol. 17, no. 1, pp. 99–120.

9. Barney J.B. Gaining and Sustaining Competitive Advantage. 2nd ed. Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ, 2002.

УДК 334.7

ОПЫТ ООО «ИННОВАЦИОННЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «ИННОТЕХ» В ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИИ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Никитенко С.М., Никитенко М.С.

Институт угля СО РАН, Кемерово, e-mail: nsm.nis@mail.ru

В условиях формирования новых задач в экономике традиционные методы не всегда приводят к созданию источников роста и благосостояния. Поэтому традиционные объекты исследования нуждаются в комплексном подходе для их изучения. Такие проблемные области, как развитие инновационной деятельности в экономике, проблемы государственного участия и взаимодействие с коммерческим сектором, нуждаются в комплексном подходе к их изучению, так как, по мнению авторов, имеют «точки» соприкосновения. В статье предлагается обзор опыта работы ООО «Иннотех» в области государственно-частного партнерства и создания малых инновационных предприятий с помощью «посредника». Связующее звено обеспечивает взаимодействие между субъектом, предлагающим инновационный продукт, и субъектом, испытывающим потребность в этом продукте. Опыт отмечен как положительный и может быть применен в других областях.

Ключевые слова: малые инновационные предприятия, создание, необходимость посредника, функции посредника, опыт, ООО «ИНПЦ «Иннотех»

THE EXPERIENCE OF INNOTEX IN THE ORGANISATION AND DEVELOPMENT OF THE SMALL INNOVATIVE ENTERPRISES

Nikitenko S.M., Nikitenko M.S.

Institute of coal of the Siberian branch of the RAS, Kemerovo, e-mail: nsm.nis@mail.ru

In the context of the formation of new problems in the economy of the traditional methods do not always lead to the creation of sources of growth and prosperity. Therefore, the traditional objects of research need for an integrated approach to their study. Such problem areas as the development of innovative activity in the economy, the problems of public participation and interaction with the business sector needs an integrated approach to their study, since, according to the authors, are «point» contact. The article provides an overview of experience of «Innotech» in the field of public-private partnerships and the creation of small innovative enterprises through a «mediator». The link provides the interface between the subject, offer innovative products and subject searching the need for this product. Experience is marked as positive and can be applied in other areas.

Keywords: the small innovative enterprises, creation, necessity of the intermediary, function of the intermediary, experience, Innotex

Имеющаяся мировая практика применения механизма государственно-частного партнерства свидетельствует, что для успешной реализации крупных инновационных проектов с применением механизмов ГЧП необходимо, прежде всего, наличие специальной законодательной базы. Ее формирование на основе принципов национального и международного права может стать условием для стабильного развития ГЧП в инновационном секторе с привлечением не только отечественного, но и иностранного капитала.

Создание стимулов к инвестиционной деятельности должно выражаться и в создании соответствующей экономической базы – формировании условий и возможностей для достижения максимальной и оправданной рентабельности при реализации инновационных проектов. Для привлечения инвесторов, по мнению авторов, необходимо шире использовать предоставление долгосрочных льгот с соответствующими государственными гарантиями, обеспечение рентабельности проекта (востребованности продукции или услуг) и возврата вложенного капитала. В обмен на государственные гарантии экономического успеха исполнительная власть вправе потребовать от частного сектора более широкие полномочия контроля и участия в управлении проектом.

Очевидно, что в сегодняшнем режиме развития национальной экономики конкретные перспективы развития существующих механизмов регулирования научно-технического прогресса в предпринимательской деятельности могут успешно реализовываться при гарантиях государства (или муниципальных образований) [2].

Несмотря на то, что в России сделано достаточно много для развития ГЧП, инновационная деятельность реализуется в рамках ГЧП не достаточно активно. Во многом это связано с существующими проблемами и барьерами. Среди факторов, мешающих развитию ГЧП в России, эксперты и специалисты называют следующие:

- недостаточно четко проработанное законодательство;

● неподготовленность представителей органов власти и бизнеса на местах, незнание инструментов и механизмов ГЧП;

● нехватка исследований и опыта, лучшей практики реализации проектов ГЧП и ее распространения [1, 4].

Несмотря на все проблемы, связанные с использованием ГЧП в качестве инструмента инновационного развития, в Кемеровской области имеется положительный опыт ООО «Инновационный научно-производственный центр «ИННОТЕХ» (ООО «ИНПЦ «ИННОТЕХ») в области создания и развития МИП в инновационной сфере.

Целью данной статьи является изучение практики работы коммерческой структуры в качестве посредника между властью и бизнес-сообществом для выявления оптимальной схемы взаимодействия и создания МИП.

ООО «ИНПЦ «ИННОТЕХ» – организация региональной инфраструктуры поддержки субъектов инновационного предпринимательства [5]. Центр зарегистрирован в 2002 г. на основании решения Совета ректоров вузов Кузбасса и в соответствии с Постановлением Администрации Кемеровской области. Центр учредили Комитет по управлению государственным имуществом Кемеровской области (53 %), Кузбасский государственный технический университет, Кемеровский государственный университет, Кемеровский институт (филиал) Российского государственного торгово-экономического университета, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, Сибирский государственный индустриальный университет, Кемеровская государственная медицинская академия.

Еще в 2006–2007 годах с участием ООО «ИНПЦ «ИННОТЕХ» в Кемеровской области было реализовано несколько проектов, направленных на поиск механизмов эффективного сотрудничества бизнеса, науки и органов власти в муниципальных образованиях (МО) Кемеровской области в инновационной сфере. Эти проекты реализовались на принципах ГЧП.

Так, в МО Кемеровский район были реализованы четыре инновационных проекта, результатом которых было создание двух МИП на основе внедрения эффективных ресурсосберегающих технологий. В их основе лежали научно-технические разработки, созданные и запатентованные учеными из Кузбасского государственного технического университета, Кемеровского государственного сельскохозяйственного института, Кемеровского технологического института пищевой промышленности. ООО «ИНПЦ «ИННОТЕХ» выступило в качестве инициатора реализации проекта, организатора и координатора.

Создание МИП проходило в три этапа. На первом этапе ООО «ИНПЦ «ИННОТЕХ» выступало в качестве организации, осуществляющей отбор перспективных проектов. Критериями отбора проектов были: практическое использование инновационных технологий, высокая экономическая эффективность, быстрая отдача и взаимодополняемость. Второй этап предполагал реализацию проектов с использованием внешних (грантовых) источников финансирования. И лишь на последнем этапе, после завершения проектов и были созданы МИП, которые получили финансовую поддержку Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. В 2008–2009 году с аналогичным подходом были реализованы проекты на территории Тяжинского района.

Опыт создания МИП посредством отбора и реализации проектов с участием ООО «ИНПЦ «ИННОТЕХ» показал, что совместные усилия власти, бизнеса и науки в рамках ГЧП, направленные на взаимовыгодное сотрудничество, позволяют получить значительные экономический и социальный эффекты. Кроме того, участие независимой организации, берущей на себя консультационные, организационные и посреднические функции, позволяет снизить риски для таких проектов.

Всего с участием ООО «ИНПЦ «ИННОТЕХ» в регионе создано пять МИП, учредителями которых являются вузы и НИИ в соответствии с законом ФЗ № 217.

Сейчас ООО «ИНПЦ «ИННОТЕХ» вышло на более высокий уровень развития ГЧП. В 2012 году оно инициировало процесс формирования новой технологической платформы горнодобывающего машиностроения в Кемеровской области. Был разработан проект создания инновационного территориального кластера горнодобывающего машиностроения в Сибирском федеральном округе (СФО) на основе государственно-частного партнёрства. К участию в проекте были привлечены Институт угля Сибирского отделения Российской академии наук, Некоммерческая организация «Ассоциация машиностроителей Кузбасса». Специализация кластера – разработка и производство перспективных образцов горно-шахтного, транспортного и электротехнического оборудования. Предполагается, что успешное технологическое развитие кластера будет обеспечиваться за счет «инновационного ядра» из малых инновационных компаний, основу которого составляют первые четыре МИП (таблица).

Инновационное «ядро» инновационного территориального кластера горнодобывающего машиностроения

МИП	Сфера деятельности
1. ООО «СибТензоСервис» (3-й этап программы СТАРТ) по запросу ООО «Юргинский машзавод»	Разработка опытных образцов и элементов многофункциональных тензометрических систем для мониторинга технического состояния горно-шахтного оборудования
2. ООО «НПП «Тепло» (3-й этап программы СТАРТ) по запросу ООО «Кемеровский завод геологоразведочного оборудования»	Разработка технологических схем подготовки вентиляционного воздуха для подземных горных работ на основе уникальной конструкции калориферов и котлов противоточного вихре-петлевого типа
3. ООО «СЭВА» (2-й этап программы СТАРТ) по запросу ОАО «Кемеровский механический завод»	Разработка металлических композитных материалов (на основе чугуна, стали, легких сплавов) с требуемыми свойствами
4. ООО «ТрансФеррум» (1-й этап программы СТАРТ) по запросу Группы Компаний «Центр Транспортных Систем»	Разработка конструкции промышленного трансформатора нового поколения для работы в особых условиях горнодобывающих предприятий

При посредничестве ООО «ИНПЦ «ИННОТЕХ» руководители МИП и директор Института угля подписали договоры на проведение совместных научных исследований и опытно-конструкторских работ, ориентированных на получение конечного рыночного продукта по важным технологическим направлениям горнодобывающей отрасли. В стадии оформления юридических отношений в области совместных научно-прикладных исследований, формирования совместных с Институтом угля МИПов (по ФЗ-217) находятся проекты:

- Разработка технологий возведения изолирующих огнезащитных и взрывоустойчивых сооружений (перемычек) на горнодобывающих предприятиях на основе нового поколения огнеупорных и теплоизоляционных материалов (ЗАО НПКФ «МаВР», г. Жуковский).
- Создание нового поколения бурового инструмента на основе композиционных материалов для высокотехнологичной и безопасной добычи полезных ископаемых (ООО «Горный инструмент», г. Новокузнецк, ЗАО «Микробор Нанотех», г. Москва).
- Разработка технологии получения износостойких твёрдых сплавов для горнодобывающего оборудования (ООО «Феррум-Банк Инжиниринг», г. Санкт-Петербург).
- Разработка технологий магнитного обогащения полезных ископаемых (Группа компаний «Эрга», г. Калуга).
- Разработка технологии подземной дегазации угольных пластов и создание пилотного комплекса по раздельной добыче угля и метана (ООО «Сибэлектро», г. Новокузнецк).
- Молодежный центр инновационного прототипирования машиностроительных изделий (ООО «МС-Инжиниринг», г. Кемерово).

При посредничестве ООО «ИНПЦ «ИННОТЕХ» в рамках программы развития кластера Институт угля заключил Соглашения с профильными кафедрами технических вузов региона (СибГИУ, КузГТУ, КемГУ, НИ ТПУ), что позволяет студентам и аспирантам проводить занятия на современных стендах и проходить преддипломную практику в малых инновационных компаниях. Это позволило Институту более успешно решать вопросы подготовки молодых кадров высокой квалификации, организовать публикации научных статей, защиту кандидатских и докторских диссертаций по темам, перспективным для развития экономики региона. С целью привлечения финансовых ресурсов для формирования «инновационного ядра» кластера Институт угля активно участвует в различных конкурсах.

В рамках Постановления Правительства России от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» (IV очередь) было подготовлено три заявки, одна из которых получила финансовую поддержку.

Опыт ООО «ИНПЦ «ИННОТЕХ» говорит о том, что использование механизма ГЧП позволяет с самого начала создания МИП сделать его более устойчивым, встроить в систему межхозяйственных отношений, ориентировать на рынок, создать условия для реализации наиболее эффективных долгосрочных стратегий [3].

Результаты исследования подтверждают, что МИП в национальной экономике занимают важное место. Они являются одним из трèх основных субъектов инновационной

деятельности. МИП играют ключевую роль в создании национальных рынков наукоемкой продукции, выступают в качестве драйвера формирования предпринимательского сектора в научно-технической сфере. Однако их успешное развитие во многом определяется тем, как налажено сотрудничество бизнеса, власти и науки в этой сфере. Активное внедрение различных механизмов ГЧП является одним из инструментов решения этой проблемы, способствующим формированию недостающих компонентов институциональной среды в рамках научно-исследовательских программ, ориентированных на запросы крупного бизнеса, посредством кооперации с малыми инновационными компаниями и профильными кафедрами университетов.

Опыт ООО «ИНПЦ ИННОТЕХ» показывает, что ведущую роль в успешной реализации ГЧП могут сыграть небольшие структуры, выполняющие роль инициатора, организатора и координатора проектов. Такие организации работают непосредственно на рынке. Они хорошо ориентируются в потребностях бизнеса и готовы взять на себя функции активного вовлечения вузов и академических институтов в различные инновационные программы, что крайне важно для создания критической массы, способной обеспечить конкурентоспособность России в ведущих отраслях экономики и создать условия диверсификации и долгосрочного устойчивого развития национальной экономики.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках научно-исследовательского проекта № 14-12-42009 «Методология и методика оценки сценариев создания и перспектив развития малых инновационных предприятий Кемеровской области».

Список литературы

1. Дерябина М. Государственно-частное партнерство: теория и практика // Вопросы экономики. – 2008. – № 8.

2. Никитенко С.М., Гоосен Е.В., Ковригина С.В. Роль государственно-частного партнерства в превращении малых инновационных предприятий в драйвер инновационного развития России // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2014. – С. 6094–6106.

3. Никитенко С.М., Мухин А.П., Патракова Л.П, Гоосен Е.В. Формирование эффективных механизмов инновационного развития экономики региона. – М.: Кемерово, 2009.

4. Никитенко, С.М., Нижегородцев, Р.М, Гоосен Е.В. и др. Государственно-частное партнерство в инновационной сфере: мировой опыт и перспективы России / под ред. С.М. Никитенко, Р.М. Нижегородцева, Е.В. Гоосен. – Кемерово: ООО «Сибирская издательская группа», 2012. – 482 с.

5. Официальный сайт ООО «Инновационный научно-производственный центр «ИННОТЕХ» // http://eicc-kem.org.

References

1. Deryabina M. Public-private partnerships: theory and practice // Problems of Economics. 2008. no. 8.

2. Nikitenko S.M., Goosen E.V., Kovrigina S.V. the Role of public-private partnerships in the transformation of small innovative enterprises in the driver of innovative development of Russia // In: XII all-Russian conference on control problems the Everything-2014 Institute of management. V.A. Trapeznikov Academy of Sciences. – 2014. – P. 6094–6106.

3. Nikitenko S.M., Mukhin A.P., Patrakov L.P., Goosen E.V. Formation of effective mechanisms of innovative development of economy of the region. – M.: Kemerovo, 2009.

4. Nikitenko M.S., Nizhegorodtsev R.M., Goosen E.V., a Public-private partnership in innovation sector: world experience and prospects of Russia / under the editorship of S.M. Nikitenko, R.M. nizhegorodtseva, E.V. Goosen. – Kemerovo: LLC «Siberian publishing group», 2012.

5. Official website of LLC «Innovation scientific-production center «Innotech» // http://eicc-kem.org.

УДК 338.24 (378)

СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СЛУЖАЩИХ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

Пестерева Н.М., Кусаинова А.А., Янина Ю.В.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток,

e-mail: pnm_06@mail.ru, kus.asel@mail.ru, yuliya.yanina.v@gmail.com

Важной составляющей реализации программ территорий опережающего развития (ТОР) приморских субъектов Российской Федерации (РФ) является качество управления прибрежными территориями, включая морской транспорт и портово-промышленные комплексы. В свою очередь, определяющими факторами качества управленческих решений становятся уровень квалификации и компетентность работников региональных служб, участвующих в реализации мер государственной поддержки инвестиционной деятельности ТОР. На современном этапе развития Дальнего Востока в целом и Приморского края в частности для повышения уровня компетенций государственных служащих недостаточно отдельных образовательных программ. Данная статья посвящена обобщению и анализу современных образовательных и управленческих технологий, позволяющих разрабатывать комплексные региональные или муниципальные модели формирования профессиональных компетенций.

Ключевые слова: компетентность, государственные служащие, инвестиции, прибрежный, транспортная инфраструктура

CURRENT MODELS OF FORMATION PROFESSIONAL COMPETENCE OF PUBLIC SERVANTS IN PRIMORSKY REGION

Pestereva N.M., Kusainova A.A., Yanina Y.V.

Far Eastern Federal University, Vladivostok,

e-mail: pnm_06@mail.ru, kus.asel@mail.ru, yuliya.yanina.v@gmail.com

An important part of priority development territories and coastal Regions of the Russian Federation programs is the quality of the management of coastal areas. It includes maritime transport and port-industrial complexes. In turn, the main determinants of the management's decisions quality are the level of skill and competence of the regional services employees involved in the implementation of measures of state support of investment activity. At the present stage of development of the Far East in general, and the Primorsky region, in particular, to increase the level of competence of public servants is not sufficient individual educational programs. That article aims to analyze the advanced technologies, which allow creating regional and municipal models of professional competences.

Keywords: competence, civil servants, investment, coastal, transport infrastructure

Формирование профессиональных компетенций государственных служащих является одной из первоочередных задач современной России, где институт государственной власти постоянно совершенствуется. Разрабатываются новые цели и задачи повышения эффективности управления, соответствующие современным внешним и внутренним вызовам. Одной из ключевых целей этих задач является разработка моделей и систем комплексной оценки компетентности и повышения уровня квалификации государственных служащих, участвующих в реализации инвестиционных проектов.

Особую актуальность проблема формирования профессиональных компетенций государственных служащих приобретает для регионов и отдельных социально-экономических кластеров. В последние годы Правительство России уделяет особое внимание развитию приморских территорий Дальнего Востока России и, в частности, развитию морского транспорта, как за счет государственных инвестиций, так и государственно-частного партнерства [2, 5, 6, 10, 11].

Вопросы формирования профессиональных компетенций госслужащих освещены в многочисленных трудах отечественных и зарубежных авторов. В частности, авторы [7, 8, 12, 13] рассмотрели различные научно-теоретические и практические подходы к оценке эффективности работы госслужащих, обеспечивающих устойчивое развитие морских портово-промышленных комплексов (ППК) Приморского края. К сожалению, следует отметить, что современные методы планирования и регламентации труда государственных служащих в России пока ещё не получили широкого распространения. Предусмотренные существующим законодательством механизмы стимулирования государственных служащих к исполнению обязанностей государственной службы на высоком профессиональном уровне не реализуются в полной мере, что снижает мотивацию государственных служащих. Качество профессионального

обучения государственных служащих, по мнению авторов [7], в недостаточной степени отвечает потребностям развития государственной службы.

В настоящее время на территории Приморского края размещаются несколько ППК: Восточно-Находкинский, Хасанский и Владивостокский. Предполагается, что последний в ближайшем будущем будет преобразован в «Свободный порт Владивосток». Следовательно, особенности и проблемы повышения уровня профессиональных компетенций государственных служащих, участвующих в реализации инвестиционных, в том числе и зарубежных проектов, приобретают для Приморского края особую актуальность.

Методы и базы данных

Информационной основой для анализа структуры кадрового состава органов государственной власти и местного самоуправления в Приморском крае являются в основном данные территориального федерального органа государственных статистических наблюдений [1] за период с 2009 по 2013 год, базы данных, составленные авторами [9], и результаты анкетирования.

В исследовании были использованы данные статистических наблюдений по следующим категориям государственных и муниципальных служащих: федеральные государственные органы (территориальные органы федеральных министерств и ведомств, аппараты полномочных представителей Президента Российской Федерации в федеральных округах); государственные органы Приморского края (исполнительные органы администрации Приморского края); органы местного самоуправления (муниципальные служащие). В качестве математического обеспечения использованы методы статистического, сравнительного и графического анализа

Результаты исследования и их обсуждение

Показателем успешности реализации моделей и программ развития профессиональной компетентности государственных гражданских служащих являются результаты социально-экономического развития регионов, территорий, кластеров. Анализ динамики численности государственных служащих Приморского края за период с 2009 по 2013 год (рисунок) выявил заметные изменения.

Существенно сократилось количество работников федеральных органов исполнительной власти (14%, 1531 чел.) и органов местного самоуправления муниципальных образований (20%, 952 чел.) Приморского края. В то же время на 5% (140 чел.) увеличилось количество работников государственной гражданской службы в администрации Приморского края. Эти изменения свидетельствуют, с одной стороны, об исполнении правительственных реформ по сокращению численности работников органов власти, а с другой стороны, говорят об изменении структуры региональных органов власти и увеличении меры ответственности администраций прибрежных регионов за исполнение федеральных программ развития регионов. В частности, в структуре администрации Приморского края за этот период появились новые департаменты и отделы инвестиционных проектов и инновационного развития.

Динамика численности государственных служащих Приморского края за 2009-2013 годы

Динамика численности работников государственных органов власти и органов местного самоуправления в Приморском крае. Использованы авторские базы данных [9]

Таблица 1

Распределение работников (%), занимающих должности государственной гражданской и муниципальной службы, по направлению базового образования по данным статистической службы Приморского края*

№ п/п	Базовое профессиональное образование по направлениям наук	Федеральные государственные органы	Государственные органы исполнительной власти Приморского края	Органы местного самоуправления Приморского края
1	Гуманитарные и социальные науки	37,3	34,5	16,8
2	Экономика и управление	33,6	29,2	38,6
3	Физико-математические и естественные науки	3,0	3,2	3,2
4	Образование и педагогика	3,0	6,5	9,6
5	Здравоохранение	2,8	2,5	0,5
6	Сельское и рыбное хозяйство	4,5	2,3	4,3
7	Другие направления	15,8	21,8	27,0

Примечание. *Статистический справочник по Приморскому краю за 2013 год [1].

В [9, 12] показано, что эффективность и своевременность реализации проектов ППК будет зависеть от уровня базового и дополнительного образования, квалификации и компетентности государственных гражданских служащих органов исполнительной власти. В данном исследовании нами была оценена структура базового профессионального образования государственных гражданских служащих Приморского края (табл. 1).

Оказалось, что в федеральных государственных органах и государственных органах исполнительной власти Приморского края доминируют (34–37 %) работники, имеющие базовое гуманитарное образование. Однако для успешной реализации инвестиционных проектов, связанных с развитием ППК, и других технических и технологических проектов требуются специалисты с базовым образованием по техническому, технологическому и информационному направлениям. Частично эта проблема решается с помощью программ дополнительного образования (переподготовка) и стажировок, что позволяет госслужащим получить новые компетенции. Тем не менее базовое образование, на наш взгляд, имеет для решения задач по развитию ППК принципиальное значение.

Проведенный анализ трудов отечественных и зарубежных ученых позволяет сделать вывод о том, что для исследования проблемы формирования профессиональной компетентности государственных служащих, с одной стороны, имеется солидная теоретико-методологическая база, а с другой – остро ощущается необходимость дальнейшей системной разработки данной проблемы с учетом новых явлений и опыта, обретенного в ходе проводимых реформ.

В [7] рассмотрены возможные модели профессионализма государственных служащих как типологии по различным наиболее приоритетным основаниям: по уровню (федеральный, субъект федерации, муниципальная служба); по стилю мышления личности государственного служащего. Представлены модели типологии государственных служащих по уровню профессионализма и мотивации труда.

Определенного внимания заслуживают модели для поиска руководителей среднего и высшего звена. Например, модели формирования профессиональных компетенций государственного и муниципального служащего как соответствие его деятельности определенным требованиям. Причем деятельности мотивированной, которая имплицитно уже содержит в себе выход за рамки преобладающе личностного подхода, поскольку трудовая мотивация и установка в сфере профессиональной деятельности – это продукт социальный. Основной отличительной особенностью региональных моделей формирования профессиональных компетенций является учет специфики исполнительного органа власти, объекта управления, государственных программ развития, реализуемых в регионе, инвестиционного климата, рационального природопользования, а также структуры трудовых ресурсов и социально-экономических особенностей.

С целью повышения эффективности взаимодействия гражданских служащих с инвесторами и повышения эффективности реализации государственной инвестиционной политики в Приморье администрацией

Приморского края была разработана система комплексной оценки компетентности государственных гражданских служащих органов исполнительной власти Приморского края, участвующих в реализации инвестиционных проектов. Первая версия этой программы была разработана в 2007 году, но она постоянно совершенствуется и корректируется с учетом социально-экономической ситуации и программ регионального развития [3]. Одним из достоинств данной системы является разработанный перечень квалификационных требований к профессиональным знаниям и навыкам в сфере инвестиционной деятельности с учетом категорий и групп должностей государственной гражданской службы (табл. 2).

В качестве критериев оценки результативности и эффективности деятельности гражданских государственных служащих – руководителей высшей группы должностей – были выбраны следующие показатели

– обеспечение прироста высокопроизводительных рабочих мест;

– обеспечение увеличения объема инвестиций в основной капитал (за исключением бюджетных средств);

– обеспечение роста индекса производительности труда;

– обеспечение увеличения доли продукции высокотехнологичных производств и наукоемких отраслей Приморского края в валовой региональный продукт (далее – ВПР) Приморья;

– обеспечение увеличения доли продукции, произведенной субъектами малого и среднего предпринимательства в общем объеме ВПР края.

Таблица 2

Рекомендуемый перечень квалификационных требований к профессиональным знаниям и навыкам в сфере инвестиционной деятельности с учетом категорий и групп должностей государственной гражданской службы

Перечень квалификационных требований к профессиональным знаниям и навыкам в сфере инвестиционной деятельности	Наименование категорий и групп должностей государственной гражданской службы	
	«руководители» высшей, главной и ведущей группы	«специалисты» высшей, главной и ведущей группы
Базовые знания:		
норм законодательства РФ и Приморского края в сфере инвестиционной деятельности	+	+
порядка организации и проведения оценки, регулирующего воздействия проектов нормативных правовых актов Приморского края в сфере инвестиционной деятельности	+	+
механизмов государственной поддержки инвестиционной деятельности в Приморском крае	+	+
положений Стандарта деятельности органов исполнительной власти субъекта РФ по обеспечению благоприятного инвестиционного климата в регионе	+	+
принципов государственно-частного партнерства	+	+
Базовые навыки:		
осуществления мониторинга реализации инвестиционных проектов	+	+
оказания консультативной, методической и информационной поддержки субъектам инвестиционной деятельности	+	+
Специальные знания:		
институтов государственного инвестирования проектов	+	
принципов проектного управления в государственном секторе	+	
Специальные навыки:		
организации работы с инвестором по вопросам, возникающим в ходе реализации проектов на территории Приморского края (в рамках компетенций)	+	
разработки и реализации мер по улучшению инвестиционного климата в Приморском крае	+	

Комплексная оценка компетентности гражданских служащих состоит их трех составляющих: соответствие квалификационным требованиям; деловые качества служащего; результативность и эффективность выполнения гражданским служащим должностных обязанностей. Оценка деловых качеств государственных служащих включает общественно-значимые, организационно-управленческие и коммуникативные компетенции. Оценка по каждой компетенции $\underline{k}_i$ находится как средневзвешенное проставленных оценок $b_{i,j}$ с учетом их значимости (весов) w_{ij}:

$$\underline{k}_i = \sum b_{i,j} \cdot w_{ij}.$$

Затем производится комплексная оценка деятельности гражданского служащего (K) с учетом уже произведенных оценок по каждой компетенции в отдельности $\left(\underline{k}_i\right)$.

Заключение

При разработке региональной политики развития прибрежных территорий и их транспортной инфраструктуры с привлечением инвестиций вопросы качественного и профессионального управления становятся приоритетными. Региональный подход при планировании устойчивого развития субъектов Российской Федерации обязательно должен включать региональные системы, модели и/или программы повышения уровня квалификации и комплексную оценку компетентности государственных гражданских служащих органов исполнительной власти регионов. Особое внимание следует уделять государственным служащим, участвующим в реализации государственных программ или обеспечивающим реализацию мер государственной поддержки инвестиционной деятельности региона. Необходим учет базового образования и разработка современных инновационных программ повышения профессиональных компетенций государственных служащих на уровне отдельных департаментов и отделов, курирующих реализацию инвестиционных проектов ППК Приморского края.

Список литературы

1. Государственная и муниципальная служба в Приморском крае / под ред. В.Ф. Шаповалова, 2009–2013 годы: Бюллетень // Федеральная служба государственной статистики по Приморскому краю. – Владивосток. – Приморскстат, 2009–2013 годы.

2. Караваев Д.С. Государственное регулирование инвестиционных процессов в условиях рыночных отношений: монография. – М.: Наука Бизнес-Паритет, 2009. – 185 с.

3. Модель компетенций сотрудников АНО «Инвестиционное Агентство Приморского края» // АНО «Инвестиционное Агентство Приморского края» // приложение 1 к приказу от 16 мая 2014 года № 10 (http://domino.primorsky.ru/IS-APK/k-protokol.nsf).

4. Норин В.Г. Инвестиции в экономике России: анализ проблем и перспектив привлечения // Власть и управление на Востоке России. – 2009. – № 7. – С. 112–131.

5. Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года. Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2009 № 2094–р.

6. О федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы) Постановление Правительства РФ от 05.12.2001 № 848.

7. Пестерева Н.М Цветлюк Л.С., Надеина О.С. Формирование профессиональных компетенций государственных служащих: монография. – М.: Из-во Моск. гуманитар. ун-та. – 2014. – 139 с.

8. Пестерева Н.М. Савинкина Л.А. Формирование кадровой политики регионов/ Управление персоналом в России: теория, отечественная и зарубежная практика: монография, книга вторая / под ред. А.Я. Кибанова. – М.: ИНФРА-М, 2014. – С. 132–152.

9. Пестерева Н.М., Савинкина Л.А. Оценка современного состояния рынка труда и занятости населения Приморского края. Ч. 1. Демография, занятость, безработица и условия труда // База данных. – Свидетельство о гос. регистрации базы данных, ФИПС, Москва. – № 2013621544, от 16.12.2013 г.

10. Стихиляс И.В., Сахарова Л.А. Государственное регулирование и поддержка предпринимательской деятельности в портово-промышленных комплексах: монография. – Владивосток: Дальневост. федерал.ун-т, 2013. – 176 с.

11. Pestereva N.M., Pesterev M.S., Martynov Ya. Role of universities in forming a competence of innovative activity as an essential factors of successful realization of a strategy of innovative development of the Russian Federation until 2020 // European researcher. – 2012. – № 10–2 (32). – С. 1753–1760.

12. Pestereva N., Nadeina O., SashenkoK. Regional model of professional competence of civil servants involved in the maritime transport investment projects // Australian Journal of Scientific Research. – 2014. – № 1 (5), Vol. II, Adelaida, 2014. – P. 634–649.

13. Pestereva N. Characteristics, Risks and Resources of the Modern Labor Market in Primorsky Region // Proceedings of the International Academic Conference "Worldwide trends in the development of education and academic research", 15–18 June 2015, Sofia, Bulgaria. Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Vol. 214. – P. 285–289.

References

1. Gosudarstvennaja i municipalnaja sluzhba v Primorskom krae / pod red. V.F. Shapovalova, 2009–2013 gody: Bjulleten // Federalnaja sluzhba gosudarstvennoj statistiki po Primorskomu kraju. Vladivostok. Primorskstat, 2009–2013 gody.

2. Karavaev D.S. Gosudarstvennoe regulirovanie investicionnyh processov v uslovijah rynochnyh otnoshenij: monografija. M.: Nauka Biznes-Paritet, 2009. 185 p.

3. Model kompetencij sotrudnikov ANO «Investicionnoe Agentstvo Primorskogo kraja» // ANO «Investicionnoe Agentstvo Primorskogo kraja» // prilozhenie 1 k prikazu ot 16 maja 2014 goda no. 10 (http://domino.primorsky.ru/IS-APK/k-protokol.nsf).

4. Norin V.G. Investicii v jekonomike Rossii: analiz problem i perspektiv privlechenija // Vlast i upravlenie na Vostoke Rossii. 2009. no. 7. pp. 112–131.

5. Ob utverzhdenii Strategii socialno-jekonomicheskogo razvitija Dalnego Vostoka i Bajkalskogo regiona na period do 2025 goda. Rasporjazhenie Pravitelstva RF ot 28.12.2009 no. 2094–r.

6. O federalnoj celevoj programme «Razvitie transportnoj sistemy Rossii (2010–2015 gody) Postanovlenie Pravitelstva RF ot 05.12.2001 no. 848.

7. Pestereva N.M Cvetljuk L.S., Nadeina O.S. Formirovanie professionalnyh kompetencij gosudarstvennyh sluzhashhih: monografija. M.: Iz-vo Mosk. gumanitar. un-ta. 2014. 139 p.

8. Pestereva N.M. Savinkina L.A. Formirovanie kadrovoj politiki regionov/ Upravlenie personalom v Rossii: teorija, otechestvennaja i zarubezhnaja praktika: monografija, kniga vtoraja / pod red. A.Ja. Kibanova. M.: INFRA-M, 2014. pp. 132–152.

9. Pestereva N.M., Savinkina L.A. Ocenka sovremennogo sostojanija rynka truda i zanjatosti naselenija Primorskogo kraja. Ch. 1. Demografija, zanjatost, bezrabotica i uslovija truda // Baza dannyh. Svidetelstvo o gos. registracii bazy dannyh, FIPS, Moskva. no. 2013621544, ot 16.12.2013 g.

10. Stihiljas I.V., Saharova L.A. Gosudarstvennoe regulirovanie i podderzhka predprinimatelskoj dejatelnosti v portovo-promyshlennyh kompleksah: monografija. Vladivostok: Dalnevost. federal.un-t, 2013. 176 p.

11. Pestereva N.M., Pesterev M.S., Martynov Ya. Role of universities in forming a competence of innovative activity as an essential factors of successful realization of a strategy of innovative development of the Russian Federation until 2020 // European researcher. 2012. no. 10–2 (32). pp. 1753–1760.

12. Pestereva N., Nadeina O., SashenkoK. Regional model of professional competence of civil servants involved in the maritime transport investment projects // Australian Journal of Scientific Research. 2014. no. 1 (5), Vol. II, Adelaida, 2014. pp. 634–649.

13. Pestereva N. Characteristics, Risks and Resources of the Modern Labor Market in Primorsky Region // Proceedings of the International Academic Conference "Worldwide trends in the development of education and academic research", 15–18 June 2015, Sofia, Bulgaria. Procedia Social and Behavioral Sciences. 2015. Vol. 214. pp. 285–289.

УДК 330.1: 519.71

КЛАСТЕРНО-СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Плотникова Т.Н., Шибаева Т.А.

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Абакан, e-mail: khti@khakassia.ru

В статье рассматривается кластерно-сетевая модель региона с позиции возможностей развития с учётом условий и факторов. Для этой цели предложен кластерно-сетевой подход как наиболее точно отвечающий условиям развития регионов с высоким уровнем кластеризации экономики. Кластерно-сетевой подход является новой управляющей технологией, так как включает в себя взаимодействие трёх основных принципов перспектив регионального развития: устойчивость, пропорциональность и сбалансированность. Кластерно-сетевая модель регионального устройства основана на вертикальном выстраивании связей, на горизонтальной сетевой интеграции элементов, рациональности образования взаимосвязей внутрикластерных образований и на перераспределении ресурсов внутри кластерно-сетевых систем. Первый этап управления экономикой региона с позиции кластерно-сетевого подхода предусматривает организационную процедуру внедрения кластерно-сетевой модели. Поэтому, во-первых, даётся определение понятию «кластерно-сетевого пространства» и его составляющим элементам; во-вторых, выделяются функции кластерно-сетевого пространства; в-третьих, предлагается формализованная модель управления регионом с учётом его кластерно-сетевой структуры.

Ключевые слова: кластерно-сетевое пространство, горизонтальная сетевая интеграция, внутрикластерные образования, кластерно-сетевой подход

CLUSTER AND NETWORK MODEL OF REGIONAL DEVELOPMENT

Plotnikova T.N., Shibaeva T.A.

The Khakass technical institute – branch FGAOU VPO «Sibirskiy Federal University», Abakan, e-mail: khti@khakassia.ru

In article the cluster and network model of the region from a position of opportunities of development taking into account conditions and factors is considered. For this purpose cluster and network approach as the most precisely answering to conditions of development of regions with the high level of a clustering of economy is offered. Cluster and network approach is the new operating technology as includes interaction of three basic principles of prospects of regional development: stability, proportionality and balance. The cluster and network model of the regional device is based on vertical forming of communications, on horizontal network integration of elements, rationality of formation of interrelations of intra cluster educations and on redistribution of resources in cluster and network systems. The first stage of management of region economy from a position of cluster and network approach provides organizational procedure of introduction of cluster and network model. Therefore, first, definition is given to concept of «cluster and network space» and its making elements; secondly, functions of cluster and network space are allocated; thirdly, the formalized model of management of the region taking into account its cluster and network structure is offered.

Keywords: cluster and network space, horizontal network integration, intra cluster educations, cluster and network approach

Кластеры можно рассматривать как географическую концентрацию производительных сил на определённой территории, а также как совокупность взаимосвязей между предприятиями, институциональными организациями и предпринимательскими структурами региона [1].

Существует ряд условий, которые как способствуют, так и препятствуют не только образованию кластеров, но и их успешному функционированию.

К позитивным условиям относят следующие:

– наличие технологичной и научной инфраструктуры в регионе;

– психологическая готовность всех структур к кооперации;

– работающий механизм взаимодействия между всеми структурами.

Сдерживающими факторами для развития кластеров являются:

– низкое качество бизнес-климата в регионе;

– низкий уровень развития ассоциативных структур;

– отсутствие или недостаточное кластерирование (планирование в целом экономики региона без учёта особенностей кластерного развития [2]).

Развитие кластеров невозможно рассматривать в отрыве от развития региона в целом. Ключевыми точками роста в региональных перспективных программах развития должны быть кластерные структуры. Региональное социально-экономическое развитие на основе стимулирования кластеров предполагает в первую очередь применение такого подхода к управлению

регионом, который будет эффективно задействовать внутренние ресурсы региона.

Таким подходом является кластерно-сетевой подход. Он наиболее точно отвечает условиям кластеризации экономики региона и перспективному освоению внутренних резервов (ресурсов).

Кластерно-сетевой подход – это прежде всего новая управляющая технология, позволяющая повысить эффективность функционирования территориальных образований. Социально-экономическое развитие региона базируется на взаимодействии трёх основных принципов: устойчивости, пропорциональности и сбалансированности [3]. Все эти свойства системы взаимосвязаны друг с другом и должны присутствовать одновременно в любой момент времени. Устойчивость предполагает сохранение воспроизводственного потенциала кластерных структур в течение длительного периода времени. Пропорциональность обеспечивает функционально-эффективное перераспределение ресурсов внутри кластеров и между кластерами по сетевым связям. Сбалансированность определяется сетевыми взаимодействиями всех экономических систем в кластерно-сетевой структуре региона.

Кластерно-сетевой механизм организационного устройства социально-экономической системы имеет территориально-отраслевую привязку. Это сложная многоуровневая, внутренне дифференцированная открытая система, посредством которой формируется благоприятная социально-экономическая среда.

Кластерно-сетевая структура представляет собой модель регионального устройства, основанную на следующих принципах:

– вертикального выстраивания связей;

– горизонтальной сетевой интеграции элементов кластерно-сетевой системы;

– рациональности образования взаимосвязей;

– перераспределения ресурсов внутри кластерно-сетевой системы.

Функционирование кластерно-сетевой модели региона зависит от многих факторов: создание межотраслевой, межсекторной и межведомственной системы государственного управления и бизнес-структур; разработка многоканального ресурсообеспечения; создание единой информационной системы; подготовка профессиональных руководителей, владеющих знанием стратегического управления.

Внедрение модели кластерно-сетевого управления на региональном уровне – процесс сложный, состоящий из нескольких этапов (табл. 1).

В рамках кластерно-сетевой модели регионального управления становится возможным создание эффективной саморазвивающейся и самообеспечивающей экономической системы. Для этого в кластерно-сетевой механизм необходимо внедрять инновационные принципы управления.

Детерминирующими показателями функционирования кластерно-сетевой модели экономики будут следующие показатели:

– повышение конкурентоспособности региональной экономики кластерного типа;

– расширение системы взаимосвязей как внутри кластерных образований, так и с внешними агентами;

– повышение результативности деятельности региональных кластеров за счёт мультиэффекта сетевого взаимодействия;

– расширение каналов ресурсообеспечения за счёт сетевых связей;

– ориентация управления деятельностью кластеров за счёт стимулирования сетевых взаимосвязей.

Таким образом, для повышения эффективности кластерно-сетевого механизма управления региональной экономикой необходимо создать базу управленческих воздействий. В качестве управленческого воздействия можно определить прежде всего методы стимулирования (рис. 1).

Таблица 1

Этапы внедрения модели кластерно-сетевого управления

Этап	Содержание этапа	Шаги
Первый этап	Создание основ кластерной системы	– формирование структурных элементов (кластеров) – разработка и адаптация нормативной документации – отработка технологии взаимодействия кластерных элементов – внедрение нового типа управления
Второй этап	Организация сетевого взаимодействия	– образование сетевого пространства – выбор форм и методов взаимодействия субъектов управления – формирование культуры сетевого взаимодействия
Третий этап	Совершенствование кластерно-сетевой модели устройства региональной экономики	– внедрение кластерно-сетевых принципов в модернизационный механизм региональной экономики

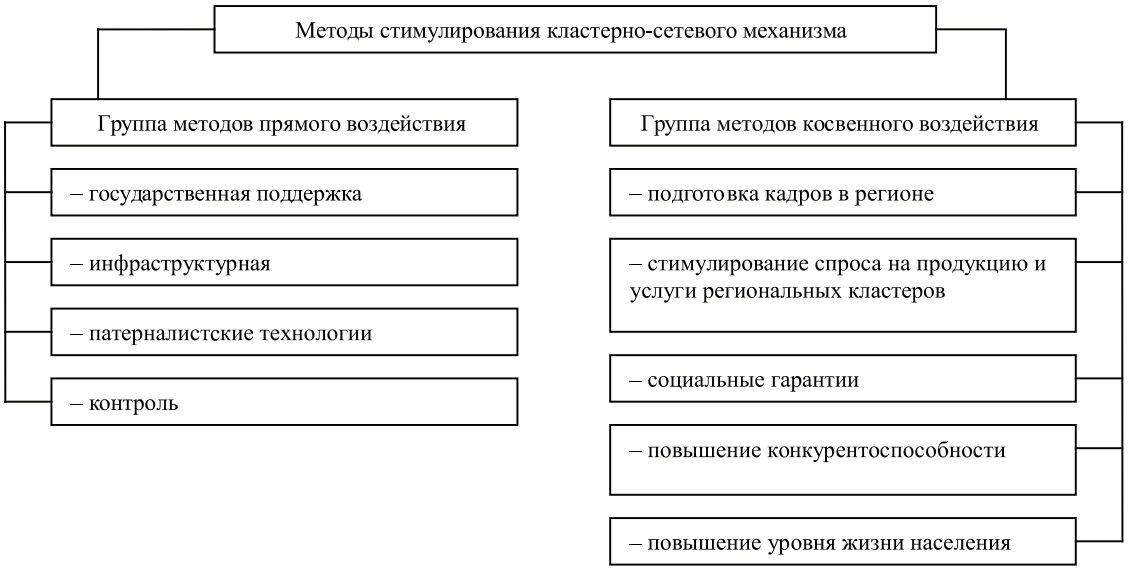


Рис. 1. Методы стимулирования кластерно-сетевого механизма по группам прямого и косвенного воздействия

В современной теории регионального развития кластеры занимают серьёзное положение в связи с тем, что региональный аспект относится к пространственной теории развития [4]. Кластеры в первую очередь имеют территориально-пространственную привязку. Поэтому кластерно-сетевой подход наилучшим образом увязывает основные концепции кластерного развития и обосновывает механизм внутри и вне кластерного взаимодействия экономических объектов по сетевому принципу взаимодействий.

Исходя из вышесказанного, можно кластерно-сетевой подход определить как сочетание, с одной стороны, территориально-пространственного размещения хозяйствующих субъектов и, с другой стороны, как сеть взаимосвязей и взаимодействий между структурными элементами региональной экономики как внутри, так и вне кластеров.

Из данного определения следует понимание кластерно-сетевого пространства и его составляющих элементов:

– хозяйствующие субъекты региона (внекластерные и внутрикластерные);

– отношение и взаимодействие между ними;

– механизм регулирования кластерно-сетевых взаимодействий;

– институциональная среда в регионе.

Данный подход к региональной экономике доказывает наличие кластерно-сетевого пространства как фактора размещения производительных сил общества. По форме кластерно-сетевое пространство региона представляет собой сетевую структуру взаимодействий, возникающих в процессе деятельности субъектов хозяйствования в рамках кластеров и за их пределами.

По содержанию сущность кластерно-сетевого пространства определяется теми функциями, которые оно выполняет (рис. 2).

Республика Хакасия имеет яркий пример кластерной структуры регионального пространства. На её территории исторически сложились основные направления кластерных образований (табл. 2).

Рейтинг кластеров рассчитывается по балльной оценке (по трём критериям: доля инвестиций, вложенных в кластер; доля кластерной продукции в структуре ВРП и средней численности занятых в кластере), при этом минимальный балл соответствует максимальным показателям. Таким образом, на первое место по трём показателям функционирования выходит транспортно-логистический кластер. Вторую позицию занимает топливно-энергетический, третью – строительно-индустриальный, четвёртое место поделили металлургический и агропромышленный кластеры. Сложившая ситуация по эффективности функционирования кластеров показывает значительный разрыв в перспективах развития кластерных образований. Следовательно, появилась необходимость в реализации наиболее перспективного управленческого механизма, который позволит сбалансировать развитие кластерных образований, используя внутренние резервы региона и самих кластеров. Таким механизмом является кластерно-сетевой подход, позволяющий создать кластерно-сетевую модель региона, работающую как единый механизм на принципах синергетического эффекта от сетевых взаимосвязей и взаимозависимостей.

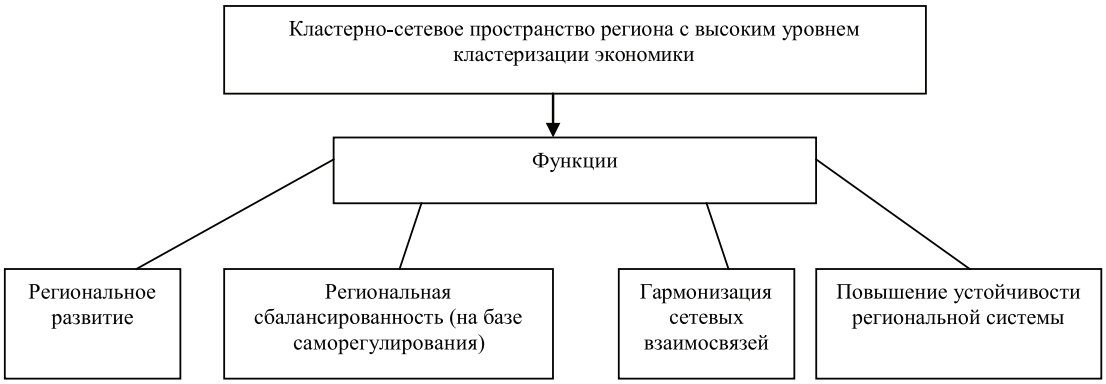


Рис. 2. Основные функции кластерно-сетевого пространства

Таблица 2

Кластеры республики Хакасия

Кластеры республики Хакасия	Основные показатели			
	Доля инвестиций	Доля кластерной продукции в ВРП	Средняя численность занятых в кластере	Рейтинг кластера
Топливно-энергетический	0,23	13,8	6400	2
Металлургический	0,16	5,2	4780	4,5
Строительно-индустриальный	0,11	7,4	8870	2,5
Транспортно-логистический	0,18	10,6	14500	1,5
Агропромышленный	0,32	5,7	4800	4,5
Итого	100	56,5	39350	

Значительная сложность возникает в кластерно-сетевых системах при изучении её динамических свойств в процессе развития. Как любая социально-экономическая система, кластерно-сетевая модель региона находится в состоянии её эволюции от процесса формирования до наивысшей степени сбалансированности.

Механизм сетевых взаимодействий внутри кластера должен обеспечить устойчивость региональной экономики. Поэтому очень важно определить систему показателей и специальных критериев функционирования кластерно-сетевой модели региона.

Для определения разнообразия состояния экономической системы региона с высоким уровнем кластеризации экономики можно воспользоваться интегральным подходом:

$$S = (1 + ma)\sum_{i=1}^{n} S_i K_i ,$$

где S_i – весовой коэффициент i-го типа связей в кластере; K – число элементов связи; n – тип элементов; m – коэффициент, учитывающий величину разнообразия связей в сравнении со сложностью элементов; a – доля результативных связей.

Таким образом, в кластерных моделях можно рассчитать наиболее оптимальные сочетания сетевых связей и определить эффект их влияния на количественные результаты функционирования кластеров, что позволит моделировать кластерно-сетевые процессы экономики региона.

Список литературы

1. Агафонов В.А. Кластерная стратегия: системный подход // Экон. наука современной России. – 2010. – № 3. – С. 77–91.

2. Воротников К. О кластерах и становлении кластерной политики в России // Рос. экон. журн. – 2009. – № 5. – С. 89–91.

3. Данько Т.П., Клягин А.В., Куценко Е.С. Кластеры в конкурентоспособной национальной экономике // Маркетинг взаимодействия: Концепции, стратегии, эффективность. – СПб., 2009. – С. 534–537.

4. Скиба А.Н. Кластеры: реализация системного принципа в пространственно-институциональной организации производства // Регион. Экономика: теория и практика. – 2011. – № 10. – С. 16–18.

5. Терешин Е.М., Володин В.М. Система принципов создания, функционирования, развития и управления в кластерных образованиях // Экон. науки. – 2010. – № 6. – С. 197–199.

References

1. Agafonov V.A. Klasternaâ strategiâ: sistemnyj podhod // Èkon. nauka sovremennoj Rossii. 2010. no. 3. pp. 77–91

2. Vorotnikov, K. O klasterah i stanovlenii klasternoj politiki v Rossii // Ros. èkon. žurn. 2009. no. 5. pp. 89–91

3. Danko T.P., Klâgin A.V., Kucenko E.S. Klastery v konkurentosposobnoj nacionalnoj èkonomike // Marketing vzaimodejstviâ: Koncepcii, strategii, èffektivnost. SPb., 2009. pp. 534–537

4. Skiba A.N. Klastery: realizaciâ sistemnogo principa v prostranstvenno-institucionalnoj organizacii proizvodstva // Region. Èkonomika: teoriâ i praktika. 2011. no. 10. pp. 16–18.

5. Terešin E.M., Volodin V.M. Sistema principov sozdaniâ, funkcionirovaniâ, razvitiâ i upravleniâ v klasternyh obrazovaniâh // Èkon. nauki. 2010. no. 6. pp. 197–199.

УДК 339.133.017

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СПРОСА НА РЫБНУЮ ПРОДУКЦИЮ В ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Романова Л.В.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», Рязань, e-mail: lara.romanova80@yandex.ru

Проблемы формирования рынка рыбной продукции в условиях неоднородного социально-экономического развития страны определяются тем, что рынок рыбной продукции, имея свои специфические особенности, требует детального и углубленного изучения. Настоящая статья посвящена исследованию проблемы формирования спроса на рыбную продукцию в отдельных регионах Центрального федерального округа. В ходе проведенного исследования было выявлено, что наиболее существенное значение при формировании регионального спроса на рыбную продукцию имеют уровень потребления на душу населения. Анализ уровня потребления рыбы и рыбопродуктов в регионах ЦФО показал, что степень насыщенности потребности по данному виду продукции далека от нормы, а среднедушевые доходы населения возрастают во много раз большими темпами, чем потребление. Проведенные расчеты показателей коэффициентов эластичности по доходам и по цене выявили неэластичность спроса на рыбную продукцию в исследуемых регионах. Автором выявлена специфика формирования спроса на рыбную продукцию, которая проявляется в том, что действие закона насыщения потребностей с увеличением доходов населения не распространяется на рыбную продукцию.

Ключевые слова: уровень потребления, эластичность спроса, среднедушевой доход, региональный рынок рыбной продукции

FEATURES OF THE FORMATION OF DEMAND FOR FISH PRODUCTS IN CERTAIN REGIONS OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT

Romanova L.V.

Federal State budget Educational Institution of Higher Education Ryazan State Agrotechnological University named after Kostychev, Ryazan, e-mail: lara.romanova80@yandex.ru

Problems of formation of the market of fish products in the face of diverse socio-economic development of the country depends on the market of fishery products, having its own specific features, requires detailed and in-depth study. This article is devoted to the problems of demand for fish products in certain regions of the Central Federal District. In the course of the study, it was found that the most essential in the formation of regional demand for fish products have a level of per capita consumption. Analysis of the level of consumption of fish and fishery products in the regions of CFD, showed that the degree of saturation of needs for this type of production is far from the norm, and increase the average per capita income of the population many times larger than the consumption. The calculations of indicators of income elasticity coefficients and costs identified rigidities demand for fish products in the regions. The author demonstrated the juridical specificity of formation of demand for fish products, which is reflected in the fact that the act needs saturation increased income does not apply to fishery products.

Keywords: consumption, elasticity of demand, average per capita income, regional market of fishery products

Особенности формирования сельскохозяйственных рынков определяются условиями воспроизводственного процесса в сельском хозяйстве: процессы производства здесь тесно связаны с естественными [2]. Следовательно, при исследовании сельскохозяйственных рынков необходимо рассматривать особенности рынков в разрезе каждого вида продовольственной продукции. В связи с этим проблемы формирования рынка рыбной продукции в условиях неоднородного социально-экономического развития страны, активизации процессов интеграции в мировую экономику определяются тем, что рынок рыбной продукции, имея свои специфические особенности, требует детального и углубленного изучения [5].

К особенностям рынка рыбной продукции можно отнести:

1) территориальную и экономическую разобщенность предприятий рыболовства;

2) ярко выраженную сезонность производства продукции рыбной отрасли;

3) высокие производственные риски, связанные с зависимостью хозяйствующих субъектов от трудно прогнозируемых природных явлений;

4) скоропортящийся характер рыбной продукции.

Наиболее существенное значение для анализа регионального рыбного рынка имеют такие показатели, как уровень потребления на душу населения и спрос на рыбную продукцию. Анализ данных факторов для различных областей ЦФО позволил

выявить основные тенденции развития рыбного рынка на региональном уровне, а также определить пути его формирования в дальнейшем. К региональным факторам, влияющим на потребление рыбной продукции, относятся: уровень развития экономики и отраслевая структура хозяйства региона; региональные различия в доходах населения; региональные различия цен на продукцию; демографические, природно-климатические и географические условия региона; национальные, исторические традиции потребления; культурный и общеобразовательный уровень населения [3].

В соответствии с Утвержденными рекомендациями по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, норма потребления рыбы и рыбопродуктов должна составлять 18–22 кг в год на душу населения. Уровень насыщенности потребностей в рыбе и рыбопродуктах в разрезе различных регионов ЦФО представлен в табл. 1.

Проведенный анализ уровня потребления рыбы и рыбопродуктов в регионах ЦФО показал, что степень насыщенности потребности по данному виду продукции далека от нормы. В целом по ЦФО и Московской области уровень насыщенности потребности в рыбе и рыбопродуктах превышал норму в 2013 году на 3,5 и 23% соответственно. Необходимо отметить, что в целом по ЦФО превышение уровня потребления рыбы над нормой в основном осуществляется за счет Московской области как лидера по уровню насыщенности потребности в рыбной продукции [4]. Тенденция к увеличению уровня насыщенности потребности в рыбе и рыбопродуктах в целом по ЦФО наметилась только с 2011 года, а в 2013 году удалось достигнуть лишь уровня 1990 года. В других исследуемых регионах, а именно Рязанской, Смоленской, Калужской областях, уровень насыщенности потребности в рыбной продукции существенно отстает от нормы – на 39; 34,5 и 38,5% соответственно. Причем наибольший уровень степени насыщенности потребности в рыбе был достигнут во всех исследуемых регионах в 1990 году, а в 1998 году был отмечен минимум значений данного показателя. Начиная с 2000 года по уровню потребления рыбы наблюдается положительная динамика, которая сохраняется до настоящего времени [4].

Таблица 1

Уровень насыщенности потребности в рыбе и рыбопродуктах в отдельных регионах ЦФО за 1990–2013 гг., % [4]

Годы	Регионы					
	ЦФО в целом	Рязанская область	Смоленская область	Московская область	Тульская область	Калужская область
1990	103,5	100,5	120	127	100,5	96
1991	90	74,5	95	113,5	71,5	67,5
1992	72	60	65,5	85	65	55,5
1993	69,5	60	66	79,5	70	50,5
1994	60	45	56	74,5	50	45
1995	53	51,5	47,5	63	40,5	39
1996	51	48	40,5	57	44,5	42
1997	47	46,5	43	47	40	38
1998	47	46,5	41	51,5	37	39,5
1999	46,5	57,5	38	50,5	36,5	33
2000	49,5	57,5	39	53,5	37,5	37,5
2001	52	57	44	60,5	38	36
2002	55	48,5	48,5	64,5	38,5	39,5
2003	57,5	51,5	46,5	69,5	32,5	38,5
2004	63	55	47,5	73,5	37	49,5
2005	66	55,5	53,5	78,5	37,5	50
2006	70	57	57	83	36,5	51
2007	74,5	57	59	87	38,5	54
2008	79,5	55,5	59	96,5	38,5	53
2009	82	57,5	56,5	100	40	52,5
2010	88,5	58	64	105,0	45	58,5
2011	100,5	59,5	64	121,5	46,5	60,5
2012	102,5	61	65,5	122,5	47	61,5
2013	103,5	62	66,5	123	47,5	62,5

Оценка потребления рыбной продукции была бы неполной без анализа эластичности. Эластичность спроса рассматривается в двух аспектах: в зависимости от дохода и в зависимости от цены. Изменчивость потребления населения под влиянием дохода (цены) измеряется коэффициентом эластичности (гибкости) потребления. Коэффициент эластичности показывает процент изменения среднего потребления отдельных товаров под влиянием увеличения среднедушевого дохода (цены) на 1% [1]. Исходя из месячных среднедушевых денежных доходов населения и уровня потребления рыбы и рыбопродуктов в отдельных регионах ЦФО нами были рассчитаны изменения точечной эластичности потребления рыбы от прироста доходов в динамике (табл. 2).

(среднедушевой доход в 2013 году составил 32436,4 рублей в месяц), где уровень потребления рыбы превышает норму, значения коэффициентов эластичности потребления достаточно низкие – 0,2 в 2013 году. Здесь проявляется тенденция, которая характерна для закона насыщения потребностей, т.е. при высокой степени насыщения физиологических потребностей в продуктах питания (рыбной продукции) увеличение доходов населения не вызывает соответствующее увеличение потребления и спроса, который становится низкоэластичным по доходам [2]. Но в то же время в регионе с самым низким уровнем потребления рыбы, например в Тульской области (9,6 кг на душу населения в год), значение эластичности спроса по доходу также имеет

Таблица 2

Коэффициенты эластичности потребления рыбы и рыбопродуктов в зависимости от среднедушевых доходов в отдельных регионах ЦФО за 2006–2013 гг.

Годы	Регионы ЦФО					
	Рязанская область	Московская область	Калужская область	Смоленская область	Тульская область	ЦФО в целом
2006	0	0,07	0,07	0,04	0,04	0,09
2007	0	0,18	0,18	0,19	0,21	0,31
2008	–0,06	0,31	–0,34	0,02	0	0,33
2009	0,51	0,76	–0,06	–0,40	0,22	0,17
2010	0	0,08	0,60	0,67	0,68	0,64
2011	0,40	1,19	0,25	0	0,31	1,37
2012	0,05	0,04	0,09	0,16	0,08	0,19
2013	0,27	0,20	0,13	0,19	0,27	0,12

Проведенные нами расчеты показали, что потребительский спрос на рыбу в отдельных регионах ЦФО и в целом по ЦФО неэластичен, так как коэффициенты эластичности по доходу за анализируемый период меньше единицы. Таким образом, потребители регионов ЦФО относят рыбную продукцию к так называемым «неполноценным» товарам или товарам «низшей» категории, что не является их внутренним свойством [3]. Подразделение товаров зависит от отношения к ним потребителя.

Среднедушевой доход в Рязанской, Калужской, Смоленской, Московской, Тульской областях и в целом по ЦФО возрастает во много раз большими темпами, чем уровень потребления рыбы и рыбопродуктов, что приводит к инфраэластичности спроса на рыбную продукцию в указанных регионах. Динамика коэффициентов эластичности носит скачкообразный характер. В регионах с высоким уровнем доходов, например в Московской области

достаточно низкое значение (в 2013 году составило 0,27 соответственно) [4]. И в этом случае нарушается закон насыщения потребностей. Следовательно, рост доходов населения слабо влияет на уровень потребления рыбы в исследуемых регионах, поэтому рыбу и рыбопродукты можно отнести к группе малоэластичных товаров, так как доля расходов населения на их приобретение сокращается. Проведенные нами исследования потребления рыбной продукции в зависимости от цен на нее также выявили неэластичность спроса по этому показателю в отдельных регионах ЦФО (табл. 3). Наиболее популярным рыбным сегментом среди покупателей регионов ЦФО является рыба мороженая разделанная, поэтому цены этого вида продукции были использованы в расчетах, которые показали, что за весь анализируемый период (2003–2013 гг.) коэффициент эластичности в исследуемых регионах в основном не превышал единицу.

Таблица 3

Коэффициенты эластичности потребления рыбы в зависимости от средних потребительских цен в отдельных регионах ЦФО за 2006–2013 гг.

Годы	Регионы ЦФО					
	Рязанская область	Московская область	Калужская область	Смоленская область	Тульская область	ЦФО в целом
2006	0	0,36	0,44	0,13	1,18	0,30
2007	0	0,87	1,45	0,68	3,87	1,32
2008	–0,21	0,93	–0,07	0,07	–0,14	0,41
2009	0,13	0,3	–0,04	–0,19	–0,03	0,17
2010	0	0,14	–3,72	–1,07	–1,63	8,78
2011	0,28	2,3	0,41	0	–0,52	0,94
2012	0,3	0,10	0,19	0,25	0,16	0,34
2013	0,79	0,34	0	0,52	0,89	0,29

В ходе исследования было выявлено, что цены на рыбу мороженую разделанную возрастали во много раз большими темпами, чем уровень потребления рыбы, что подтверждается коэффициентами эластичности спроса по цене меньше единицы (табл. 3).

Низкие значения коэффициентов эластичности потребления объясняются также тем, что для анализа эластичности потребления был выбран относительно короткий период – с 2006 по 2013 год, а на небольших временных интервалах спрос, как правило, менее эластичен, чем на длинных [1]. При этом за последние годы на фоне постоянного роста цен на рыбную продукцию, который наблюдался во всех исследуемых регионах, наметилась тенденция к увеличению уровня потребления рыбы и рыбопродуктов [4]. Необходимо отметить, что начиная с 2011 года происходит рост значений коэффициентов эластичности потребления рыбы в зависимости от цен в Рязанской, Смоленской, Тульской областях. В целом по ЦФО, а также в Московской, Калужской, Тульской областях в случаях, когда темп роста потребления рыбы превышал темпы роста цен на нее, коэффициенты эластичности превышали единицу. Но все же для жителей исследуемых регионов и соседних областей характерна медленная, постепенная адаптация вкусов потребителей к рыбной продукции.

Таким образом, проведенные нами исследования потребления рыбной продукции в отдельных регионах ЦФО, а также степени насыщенности потребности по данному виду продукции показали, что действие закона насыщения потребностей в сельском хозяйстве не распространяется на рыбную продукцию. Данный закон выражает обратную зависимость между степенью насыщения потребностей и эластичностью спроса, который проявляется в том, что с увеличением степени насыщенности потребностей общества в сельскохозяйственной продукции эластичность спроса по доходам населения снижается [2]. В нашем исследовании уровень насыщенности потребности в рыбе и рыбопродуктах в Рязанской, Смоленской, Тульской, Калужской областях отстает от нормы, т.е. рынок не насыщен. Но в то же время рост среднедушевых доходов населения в данных регионах не способствует увеличению потребления рыбной продукции и спрос на рыбную продукцию неэластичен в условиях ненасыщенного рынка. В указанной специфике проявляется важная особенность формирования спроса на рыбную продукцию в отдельных регионах ЦФО. В настоящее время для большинства россиян употребление в пищу мясных продуктов и полуфабрикатов, а также хлебобулочных изделий более привычно, чем употребление рыбопродуктов [6]. С медицинской точки зрения для нашего здоровья полезнее употреблять больше рыбы и овощей. Но понадобится значительный временной отрезок, в течение которого эластичность спроса на рыбную продукцию будет стремиться к значениям, превышающим единицу. В настоящее же время результаты проведенных нами исследований свидетельствуют об обратной тенденции.

Список литературы

1. Беляевский И.К. Статистика рынка товаров и услуг: учеб. для вузов. – 2 изд. перер. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 425 с.

2. Гатаулин А.М., Баутин В.М., Мухаметзянов Р.Р. Сельскохозяйственные рынки: учебник. – М.: РГАУ-МСХА, 2013. – 628 с.

3. Киселева Е.Н., Власова О.В., Коннова Е.Б. Рынок продовольственных товаров: учеб. пособие для вузов. – М., 2013. – 144 с.

4. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: http://cbsd.gks.ru/ (дата обращения: 02.12.2015).

5. Романова Л.В., Шашкова И.Г. Современное состояние рыбного рынка России // Современная наука глазами молодых ученых: достижения, проблемы, перспективы: сб. мат. межвуз. науч.-пр. конф. (ФГБОУ ВО РГАТУ, 27 марта 2014 г.). Ч. 1. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2014. – С. 202–208.

6. Шашкова И.Г., Денисова Н.И. Обеспечение продовольственной безопасности региона в отрасли животноводства. // Вестник Рязанского государственного агротехнологическогоуниверситетаимениП.А.Костычева.–2012.– № . 4(16). – С. 130–132.

7. Шашкова И.Г. Информационные технологии для экономического анализа // Развитие экономического анализа и его роль в условиях трансформирующейся рыночной экономики: сб. научн. тр. по материалам Всероссийской науч.-практ. конф. (г. Рязань, 15–18 февраля 2008 г.). – Рязань, 2008. – С. 264–266.

References

1. Belyaevskiy I.K. *Statistika rynka tovarov iuslug: ucheb. dlya vuzov (*Statistics of goods and services market: tutorial for high schools).Moscow: Finance and Statistics Publ., 2003. 425 p.

2. Gataulin I.K., Bautin V.M., Mukhametzyanov R.R. *Selskokhozyaystvennye rynki: uchebnik (*Agricultural markets: tutorial). Moscow: Ros. Gos. Agrarn. Univ. MSKHA im. Timiryazeva, 2013.628 p.

3. Kiseleva E.N., Vlasova O.V., Konnova E.B. Rynok prodovol'stvennykh tovarov: *ucheb.pos. dlya vuzov(*Market food products: tutorial for high schools).Moscow, 2013.144p.

4. *Ofitsial'nyy sayt Federalnoy sluzhby gosudarstvennoy statistiki (*The official website of the Federal State Statistics Service) Available at: http://www. cbsd.gks.ru/ (accessed 2 January 2015).

5. Romanova L.V., Shashkova I.G. *Sovremennaya nauka glazami molodykh uchenykh: dostizheniy, problemy, perspektivy: sbornik materialov mezhvuzovskoy nauchno-practicheskoy konferentsii (*Modern science eyes of young scientists: achievements, problems and prospects: collect. of mat. of interuniv. scient.-pract. conf. P.1). Ryazan, Ryazan State Agrotechnological University named after Kostychev, 2014. pp. 202–208.

6. Shashkova I.G., Denisova N.I. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva.* Vestnik of Ryazan State Agrotechnological University by P.A. Kostychev, 2012, no. 4(16), pp. 130–132.

7. Shashkova I.G. *Razvitie ekonomicheskogo analiza i ego rol v usloviyakh transformiruyuscheysya ekonomiki: sbornik nauchnykh trudov po materialam Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (T*he development of economic analysis and its role in transforming the conditions of market economy: the collection of scientific papers on the materials of the All-Russian scientific-practical conference). Ryazan, 2008, pp. 264–266.

УДК 332.122: 001.895

О МЕХАНИЗМАХ ПОДДЕРЖКИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ МОДЕРНИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

Севастьянова И.Г., Докшина М.А.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, e-mail: dokshinamaria@mail.ru

Инновации являются одним из необходимых условий устойчивого развития Российской Федерации и ее субъектов. В обеспечении сбалансированного развития территорий страны особое место занимают вопросы стимулирования инновационной активности и повышения конкурентоспособности функционирования экономики. Авторами проанализированы способы организации поддержки инновационной сферы на государственном уровне. Выделены основные тенденции развития государственно-частного партнерства в создании благоприятного инновационного климата. Рассмотрены проблемы регулирования инновационной деятельности российской экономики. Показано, что перспективы для стимулирования инновационной активности отечественной экономики базируются на использовании новых для России механизмов, включающих поддержку высокотехнологичного сектора и растущих компаний с привлечением неформального венчурного капитала и корпоративных венчурных инвестиций. Такой подход служит катализатором роста инновационной активности при решении задач, связанных с потребностями национального, регионального и отраслевого уровня.

Ключевые слова: инновационная активность, механизмы поддержки инновационной деятельности, венчурное инвестирование, высокотехнологичный бизнес, малые предприятия

ABOUT MECHANISMS OF INNOVATION ACTIVITY SUPPORT IN CONDITIONS OF RUSSIAN ECONOMY MODERNIZATION

Sevastyanova I.G., Dokshina M.A.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: dokshinamaria@mail.ru

Innovations are one of necessary conditions of a sustainable development of the Russian Federation and its subjects. In ensuring a balanced development of the country, the questions of stimulation innovative activity and economy competitiveness increasing taken a special place. The authors analyzed the ways of support organizing in innovation sphere at the state level. The basic trends in the development of public-private partnership in the creation of a favorable innovative climate are identified. The problems of innovative activity regulation in the Russian economy reconsidered. It is shown that the prospects for innovative activity stimulation of the national economy based on using the new mechanisms for Russia. These mechanisms include support for high-tech sector and growing companies with the involvement of the informal venture capital and corporate venture investments. This approach serves as a catalyst for the growth of innovative activity in solving problems related to the needs of national, regional and sectoral level.

Keywords: innovation activity, mechanisms of supporting innovation activity,venture investing, high-tech business, small-scale enterprises

В основе качественных сдвигов, происходящих в процессе становления рыночных отношений, лежит инновационная направленность стратегии и тактики развития производства. С помощью инноваций России предстоит преодолеть спад в экономике, обеспечить ее структурную перестройку и насытить рынок конкурентоспособной продукцией. Имеется надежда, что на современном этапе рыночных реформ ориентация на инновационную модель российской экономики будет способствовать созданию условий для перехода на качественно новую стадию устойчивого развития. Устойчивое социально-экономическое развитие Российской Федерации и ее субъектов невозможно без усиления их инновационной активности, что требует использования эффективных механизмов поддержки инновационной деятельности.

Как и в большинстве стран, в России можно выделить три основных сектора национальной инновационной системы – государственный (42%), исследовательский (22%) и предпринимательский (36%). В этих секторах преобладают различные источники регулирования инновационной деятельности, включающие государственную, государственно-частную и частную поддержку.

Государственная поддержка инновационного развития отраслей и регионов основана на различных формах прямого и косвенного экономического стимулирования инновационной деятельности. К системе прямых методов регулирования можно отнести распределение государственных ресурсов в виде заказов, грантов, кредитов между различными сферами научных исследований и разработок. Стимулирование инновационной деятельности со стороны государства осуществляется также посредством субсидирования и мер, активизирующих кооперацию промышленных организаций в области научных исследований с научно-исследовательскими и образовательными университетами.

Финансирование науки из средств федерального бюджета за 2009–2014 гг.

Показатель	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Расходы федерального бюджета, млн руб.	219057,6	237644,0	313899,3	355920,1	425302	437273,3
в том числе:						
на фундаментальные исследования	83198,1	82172,0	91684,5	86623,2	112231	121599,5
на прикладные научные исследования	135859,5	155472,0	222214,8	269296,9	313071	315673,8
в процентах:						
к расходам федерального бюджета	2,27	2,35	2,87	2,76	3,19	2,95
к валовому внутреннему продукту	0,56	0,51	0,56	0,57	0,64	0,61

В настоящее время в России доминирует доктрина прямой поддержки прикладных исследований и разработок. Обработанная статистическая информация представлена в таблице. Примерно 60% средств на научные исследования поступает из государственного бюджета, и этот показатель остается достаточно стабильным на протяжении многих лет.

Данный вид поддержки, как правило, наименее эффективен и среди других форм в промышленно развитых странах занимает малую долю в общем объеме финансирования коммерческих инновационных исследовательских работ. Однако российский исследовательский сектор, включающий в себя научно-исследовательские учреждения, в том числе организации «заводской» и «вузовской» науки, в большей степени управляется государственными агентами.

Практика мер прямой государственной поддержки обусловлена рядом таких причин, как становление рыночной экономики, трудность экономического обоснования в пределах горизонта оперативного планирования непрерывности воспроизводства новых фундаментальных знаний, реализации долгосрочных научно-технических программ и проектов, подготовки высококвалифицированных профессиональных кадров для приоритетных направлений развития науки, технологий и техники.

Прямая финансовая поддержка как правило, носит адресный характер и в большей степени ориентирована на достижение определенных целей и приоритетов государства. Так, основные инвестиционные ресурсы России сосредоточены преимущественно в экспортно-ориентированных интегрированных промышленных группах. Мощной поддержкой правительства пользуются также вовлеченные в высокотехнологичный бизнес (телекоммуникационное, электронное оборудование, микроэлектроника, информационные и оборонные технологии, медицинское оборудование) компании сектора информационных и телекоммуникационных технологий, рост которых в свое время происходил в рамках взаимодействия с зарубежными партнерами. Стремительно растут в течение последних 5 лет объемы федерального финансирования НИОКР компаний аэрокосмической отрасли, сохранивших передовые мировые технологии и прошедших через процедуры реструктуризации [9]. Примером могут служить авиационная и оборонная промышленности, в которых по-прежнему действует модель централизованного планирования. Государство в этих отраслях устанавливает, финансирует и реализует приоритеты исследований и разработок.

На масштабы проведения исследований и разработок предпринимательской средой существенное влияние оказывает применение методов косвенного стимулирования научно-исследовательской деятельности. Освоение достижений науки в предпринимательском секторе хозяйства при использовании косвенного стимулирования в сферу НИОКР осуществляется с помощью налоговой, патентной и внешнеторговой политики.

Между тем высокая налоговая нагрузка в промышленности по отношению к сырьевому сектору тормозит развитие и внедрение инноваций предприятий [8]. Налоговый кодекс России пока недостаточно ориентирован на создание стимулов у предприятий к проведению собственных исследований и разработок. Высокий уровень изъятия первичных доходов в федеральный бюджет [4] приводит к уменьшению денежных средств, остающихся в распоряжении предприятий, в том числе предназначенных для проведения НИОКР и коммерциализации научно-технических результатов. Существует проблема диспропорции распределения налоговых льгот на научно-исследовательские работы между крупными промышленными компаниями и малыми фирмами [5].

Что касается патентной политики, то у России, в отличие от промышленно развитых стран, не накоплен достаточный

опыт в отношении коммерциализации объектов интеллектуальной собственности. Существующее законодательство разрабатывалось в период становления рыночной экономики и требует дополнений и корректировки в отношении ряда вопросов, связанных, в частности, с регулированием права собственности на результаты научно-технической деятельности, созданные с использованием бюджетных средств. Кроме того, не определены конкретные механизмы обеспечения хозяйственного оборота этих результатов. Недоработан правовой режим служебных изобретений, правовой статус ноу-хау [3]. Инвестиции в инновационный сектор сдерживаются и таможенной политикой, сохраняющей режим пошлины на промышленный экспорт [10], что подрывает стимулы у предприятий для экспорта продукции с более высокой долей добавленной стоимости.

Государственно-частное партнерство, служащее катализатором роста инновационной активности, действует на принципах венчурного бизнеса. Результатом целенаправленного государственного вмешательства в рассматриваемой области для России явилось создание Венчурного инновационного фонда (ВИФ) [11].

С 2006 года Министерство экономического развития реализует программу по созданию региональных государственно-частных венчурных фондов объемом 10–15 млн долл. каждый, которые ориентируются на реализацию общественно значимых инновационных проектов и программ в широком спектре отраслей на ранних стадиях развития этих проектов. Финансирование фондов осуществляется из средств федерального (25%) и регионального (25%) бюджета, а также из средств частных инвесторов (50%). Бюджетные средства поступают через промежуточные региональные Фонды содействия развитию венчурных инвестиций в малые предприятия в научно-технической сфере. Такие фонды созданы и функционируют в Пермском крае, Москве, Санкт-Петербурге, Республике Татарстан, Томской области и других регионах.

Одним из ключевых инструментов государства в деле построения национальной инновационной системы является созданное в 2006 году ОАО «Российская венчурная компания» (РВК), которое выполняет роль государственного фонда венчурных фондов. Деятельность ОАО «РВК» направлена на финансовую поддержку высокотехнологичного сектора и развитие индустрии венчурного инвестирования в Российской Федерации. Сегодня в России действуют 22 региональных венчурных фонда инвестиций в малые предприятия в научно-технической сфере, созданных в 2006–2013 годах Минэкономразвития РФ совместно с администрациями регионов, общим объёмом 8,9 млрд руб. [1].

Современная система экономических отношений не может эффективно функционировать без развития малого инновационного бизнеса. Однако статистические данные за 2010–2014 годы свидетельствуют о том, что количество малых предприятий в России растет незначительными темпами, а число малых предприятий в отрасли «наука и научное обслуживание» за текущий период сократилось на 2% [9].

Важнейшее значение для поддержки малого предпринимательства имеет доступ развивающихся компаний к внешнему достартовому и стартовому финансированию. В России существуют источники достартового и стартового финансирования инновационных компаний (собственные средства, кредиты, государственные гранты, программы поддержки предпринимательства), но их недостаточно, поэтому неформальный венчурный капитал частных инвесторов, так называемых бизнес-ангелов, является особенно востребованным. Бизнес-ангелы являются новым для России классом инвесторов, заполняющим разрыв между первоначальными вложениями собственников компаний с последующими источниками финансирования, такими как банковское финансирование, размещение акций на бирже. В основном бизнес-ангелы приобретают миноритарный пакет акций (долей) компаний, так как они заинтересованы в том, чтобы предприниматель был достаточно мотивирован для реализации своего проекта. До 90% проектов, финансируемых российскими бизнес-ангелами, относятся к высокотехнологичным отраслям [2].

С целью организации системы, создающей необходимые условия для привлечения частного капитала в инновационные и перспективные проекты предприятий, нуждающихся в финансировании, в России активно развиваются сети индивидуальных венчурных инвесторов (ассоциаций бизнес-ангелов) [6]. Формирование сетей осуществляется по двухуровневой системе инфраструктуры неформального рынка венчурного капитала, сложившейся в большинстве стран мира. Двухуровневая модель включает региональные сети индивидуальных венчурных инвесторов и общенациональную ассоциацию сетей индивидуальных венчурных инвесторов, объединяющую региональные сети. Такая форма организации инфраструктуры неформального рынка венчурного капитала

представляется оптимальной, так как содействует росту конкуренции между сетями и препятствует монополизации отрасли.

Общенациональной ассоциацией сетей индивидуальных венчурных инвесторов в России является Национальное содружество бизнес-ангелов (СБАР). Среди региональных ассоциаций венчурных инвесторов можно выделить Ассоциацию «Стартовые инвестиции» в Нижнем Новгороде, Байкальское сообщество бизнес-ангелов, Сеть рискового финансирования «Бизнес-ангелы» в городе Томске, Санкт-Петербургскую ассоциацию бизнес-ангелов, московскую сеть «Частный капитал» [7].

Таким образом, актуальным направлением развития инновационной среды является государственно-частное партнерство, состоящее в формировании региональных государственно-частных венчурных фондов. Для стимулирования развития связей, в том числе между промышленностью и научными организациями, включая малые инновационные фирмы, государство развивает инновационную инфраструктуру, в частности ее элементы – технопарки, технико-внедренческие зоны, отраслевые кластеры, бизнес-инкубаторы.

Новым для России механизмом поддержки инновационной деятельности являются частные инвестиции ассоциаций бизнес-ангелов. В процессе развития инновационных компаний ассоциации бизнес-ангелов представляют собой необходимое звено, которое помогает авторам проектов преодолеть «инкубационную пропасть».

Список литературы

1. Институт развития Российской Федерации ОАО РВК. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rusventure.ru/ru/company/brief/ (дата обращения: 25.10.2015).

2. Каширин А.И., Семенов А.С. Венчурное инвестирование в России. – М.: Вершина, 2007. – 320 с.

3. Леонтьев Б. Б. Цена интеллекта. Интеллектуальный капитал в российском бизнесе. – М.: Издательский центр «Акционер», 2002. – 200 с.

4. Налоговый кодекс Российской Федерации Ч. 2 от 05.08.2000 № 117-ФЗ ст. 247 (ред. от 29.12.2014) [Электронный ресурс]. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=173171 (дата обращения: 09.10.2015).

5. Налоговый кодекс Российской Федерации Ч. 2 от 05.08.2000 № 117-ФЗ ст. 395 (ред. от 29.12.2014) [Электронный ресурс]. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=173171 (дата обращения: 10.01.2015).

6. Национальная ассоциация бизнес ангелов СБАР. [Электронный ресурс]. – URL: http://rusangels.ru/1. (дата обращения: 25.10.2015).

7. Патентное бюро «Borovic». [Электронный ресурс]. – URL http://rusangels.ru/1. (дата обращения: 25.10.2015).

8. Положение по бухгалтерскому учету «Расходы организации» (ПБУ 10/99) (утверждено приказом Минфина России от 06.05.1999 № 33н, с изменениями от 30.12.1999 № 107н, от 30.03.2001 № 27н, от 18.09.2006№ 116н, от 27.11.2006 № 156н, от 08.11.2010 № 144н) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.minfin.ru/ru/search/?q_4=%D0%BF%D0%B1%D1%83+10%2F99&source_id_4=6 (дата обращения: 04.11.2015).

9. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gks.ru/ (дата обращения: 25.10.2015).

10. Федеральный закон «О таможенном регулировании в Российской Федерации» Ч. 2 от 27.11.2010 N 311-ФЗ (ред. от 04.06.2014) [Электронный ресурс]. – URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=173033 (дата обращения: 20.11.2015).

11. Электронное правительство в России. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.egovernment.ru/government/government1/government2/decisions/archive/2000/03/13/imported-news403.htm (дата обращения: 25.10.2015).

References

1. Institutrazvitija Rossijskoj Federacii OAO «RVK». Available at: https://www.rusventure.ru/ru/company/brief/ (accessed:25.10.2015).

2. Kashirin A.I., Semenov A.S. Venchurnoe investirovanie v Rossii. M.: Vershina, 2007. 320 p.

3. Leontev B.B. Cenaintellekta. Intellektualnyj kapital v rossijskom biznese. M.: Izdatelskijcentr «Akcioner», 2002. 200 p.

4. Nalogovyj kodeks Rossijskoj Federacii Ch. 2 ot 05.08.2000 no. 117-FZ st. 247 (red. ot 29.12.2014) Available at: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=173171 (accessed: 09.10.2015)/

5. Nalogovyj kodeks Rossijskoj Federacii Ch. 2 ot 05.08.2000 no. 117-FZ st. 395 (red. ot 29.12.2014) Available at: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=173171 (accessed: 09.01.2015)/

6. Nacionalnaja associacija biznesangelov SBAR. Available at: http://rusangels.ru/1. (accessed: 25.10.2015).

7. Patentnoebjuro «Borovic». Available at: http://rusangels.ru/1. (accessed:25.10.2015).

8. Polozhenie po buhgalterskomu uchetu «Rashody organizacii» (PBU 10/99) (utverzhdeno prikazom Minfina Rossiiot 06.05.1999 no. 33n, s izmenenijamiot 30.12.1999 no. 107n, ot 30.03.2001 no. 27n, ot 18.09.2006no. 116n, ot 27.11.2006 no. 156n, ot 08.11.2010 no. 144n) Available at: http://www.minfin.ru/ru/search/?q_4=%D0%BF%D0%B1%D1%83+10%2F99&source_id_4=6 (accessed: 04.11.2015)/

9. Federalnaja sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Available at: http://www.gks.ru/ (accessed: 25.10.2015).

10. Federalnyj zakon «O tamozhennom regulirovanii v Rossijskoj Federacii» Ch. 2 ot 27.11.2010 N 311-FZ (red. ot 04.06.2014) Availableat: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW; n=173033 (accessed: 20.11.2015).

11. Jelektronnoe pravitelstvo v Rossii. Availableat:http://www.egovernment.ru/government/government1/government2/decisions/archive/2000/03/13/imported-news403.htm (accessed: 25.10.2015).

УДК 336.1(075.8)-69.003

АНАЛИЗ, СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ СОЦИАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА (НА ПРИМЕРЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Степанова Н.Р.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: n.r.stepanova@urfu.ru

Неотъемлемым условием развития российского общества является повышение уровня и качества жизни населения. Жилье является одной из базовых потребностей человека. Тема работы «Анализ состояния и развития социально-ориентированных программ в области строительства (на примере Свердловской области)» достаточно актуальна, так как очевидно, что на сегодняшний день приобретение жилья является доступным не для всех жителей Свердловской области. К причинам подобной ситуации эксперты относят несоответствие на рынке жилья спроса и предложения, отсутствие свободных и обеспеченных инфраструктурой участков земли, наличие административных барьеров, высокую стоимость 1 кв. м, а также недостаточное выделение из бюджета денежных субсидий. Целью работы является проведение анализа социально-ориентированной программы в области строительства, а также разработка рекомендаций по повышению доступного и комфортного жилья.

Ключевые слова: анализ, состояние, развитие, социально-ориентированные программы, строительство, Свердловская область, доступность, жилье

THE ANALYSIS, STATE AND DEVELOPMENT OF SOCIALLY-ORIENTED PROGRAMS IN THE FIELD OF CONSTRUCTION (ON THE EXAMPLE OF SVERDLOVSK REGION)

Stepanova N.R.

Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: n.r.stepanova@urfu.ru

The integral condition of development of the Russian society is increase of level and quality of life of the population. The housing is one of basic needs of the person. The work subject «The analysis of a state and development of socially oriented programs in the field of construction (on the example of Sverdlovsk region)» is rather actual. It is obvious that today acquisition of housing is available not for all inhabitants of Sverdlovsk region. Experts refer discrepancy to the reasons of a similar situation in housing market of supply and demand, lack of the free and provided with infrastructure grounds, existence of administrative barriers, the high cost of 1 square meter, and also insufficient allocation from the budget of monetary subsidies. The purpose of work is carrying out the analysis of the socially oriented program in the field of construction, and also development of recommendations about increase of affordable and comfortable housing.

Keywords: analysis, condition, development, socio-oriented programs, construction, Sverdlovsk region, accessibility, housing

Неотъемлемым условием развития российского общества является повышение уровня и качества жизни населения. Под уровнем жизни понимают обеспеченность населения материальными благами с учетом разнообразных потребностей для счастливой жизни. К показателям уровня жизни относятся: рождаемость, смертность, продолжительность жизни, санитарно-гигиенические условия, жилищные условия, уровень потребления продовольствия, баланс доходов и расходов. Среди прочих особое место занимает показатель «жилищные условия», из которого вытекает следующий показатель – «доступность жилья». Ведь жилье – это одна из базовых потребностей человека. Доступность жилья – это такое состояние рынка, которое предоставляет возможность населению, имеющего определенные доходы существующем уровне цен на жилье, приобрести его в собственность [3, 6].

На данный показатель оказывают влияние такие факторы, как цены на жилье, доходы населения, проценты по ипотечным кредитам, уровень безработицы.

Анализ, состояние и развитие социально-ориентированных программ в области строительства на примере Свердловской области показывают, что данная тема достаточно актуальна, так как очевидно, что на сегодняшний день приобретение жилья является доступным не для всех категорий граждан, проживающих в области [2, 4].

Предоставлением доступного и комфортного жилья занимается Министерство строительства и развития инфраструктуры Свердловской области. Из табл. 1 мы

можем наблюдать, что в 2014 году эффективность деятельности Министерства упала по причине неполного предоставления жилья отдельной категории граждан, а именно ветеранам Великой Отечественной войны. Министерство смогло обеспечить только 40% нуждающихся, а это на 21% меньше, чем в 2013 году.

В табл. 2 представлен анализ динамики обеспечения жильем отдельной категории граждан за прошедший трехлетний период.

Из табл. 3 мы видим увеличение на 7,8% исполнения бюджета Министерством строительства в 2014 году.

В табл. 4 представлены основные целевые показатели (индикаторы) эффективности развития жилищного комплекса в Свердловской области и реализация Основных направлений государственной политики в строительном комплексе Свердловской области до 2020 года [1, 4].

На рисунке представлена динамика ввода в эксплуатацию жилых и гражданских домов на территории Свердловской области с 2007 по 2014 г. (тыс. кв. м).

На данный момент в Свердловской области действует одна государственная программа № 1296-ПП «Реализация основных направлений государственной политики в строительном комплексе Свердловской области до 2020 года». До этого момента в 2011–2013 гг. Министерство действовало на основании Постановления 1487-ПП «Развитие жилищного комплекса в Свердловской области в 2011–2015 гг.» [5].

Далее был проведен анализ программы «Развитие жилищного комплекса в Свердловской области» в 2011–2013 гг.

Из табл. 5, анализируя динамику финансирования данной программы, мы видим, что федеральный бюджет снизил финансирование за два года почти на 170 тыс. руб. Местный и областной бюджет, наоборот, увеличил финансирование (местный на 8,5%, областной на 26%).

Таблица 1

Эффективность деятельности Министерства строительства Свердловской области, чел.

Категории граждан, обеспеченных жильем	2012 г.			2013 г.			2014 г.		
	План	Факт	Процент вып.	План	Факт	Процент вып.	План	Факт	Процент вып.
Ветераны ВОВ	728	771	105,9	478	526	110	189	111	41,3
Инвалиды, семьи, имеющие детей-инвалидов	251	176	70,1	169	177	104,7	201	240	119,4
Работники областных государственных учреждений	350	468	133,7	427	418	97,8	541	526	97,2
Дети-сироты	534	468	87,6	528	608	115,1	888	991	111,6
Многодетные семьи	381	683	179,2	346	632	182,6	706	744	105,4

Таблица 2

Анализ динамики обеспечения жильем отдельной категории граждан, чел.

Категории граждан, обеспеченных жильем	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Абс. отклон. к 2012 г.	Отн. отклон. к 2012 г., %	Абс. отклон. к 2013 г.	Отн. отклон. к 2013 г., %
Ветераны ВОВ	771	526	111	–245	68,2	–415	21,1
Инвалиды, семьи, имеющие детей-инвалидов	176	177	240	1	100,5	63	135,5
Работники областных государственных учреждений	468	418	526	–250	89,3	108	125,8
Дети-сироты	468	608	991	140	129,9	383	163
Многодетные семьи	683	632	744	–51	92,5	112	118

Таблица 3

Исполнение бюджета Министерством строительства в Свердловской области, млн руб.

2012 г.			2013 г.			2014 г.		
План	Факт	Процент выполнения	План	Факт	Процент выполнения	План	Факт	Процент выполнения
11107,5	7067,7	63,6	12178,3	9 606,3	78,8	12106,2	10490,9	86,6

Таблица 4

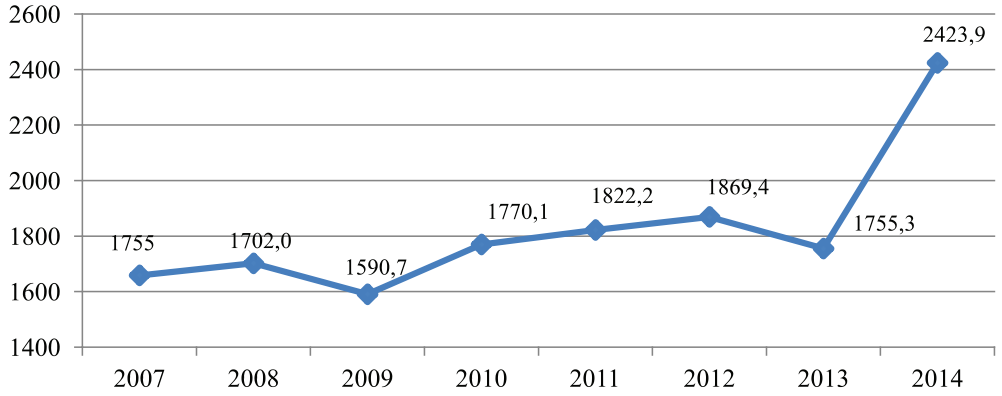
Основные целевые показатели согласно Указу № 600 от 7 мая 2012 г. [7]

Целевой показатель (индикатор)	2012 г.*	2013 г.*	2014 г.**	Абс. отклон. к 2012 г.	Отн. отклон. к 2012 г., %	Абс. отклон. к 2013 г.	Отн. отклон. к 2013 г., %
Показатель доступности жилья, ($К_{др}$), лет	23,7	23,9	23,0	–0,2	100,8	–0,9	96,2
Увеличение жилищной обеспеченности, кв. м на чел.	3,17	3,1	2,8	–0,07	97,7	0,03	90,3
Коэффициент доступности жилья, лет	3,17	3,1	3,2	–0,07	97,7	0,1	103,2
Снижение цены 1 кв. м жилья к уровню 2012 года в сопоставимой оценке, %	5,3	6,6	3,9	1,3		–2,7	
Количество выдаваемых ипотечных жилищных кредитов, тыс. шт.	25,4	25,5	20,1	0,1	100,4	–5,4	78,8

Примечания:

* Программа «Развитие жилищного комплекса в Свердловской области» в 2012–2013 гг.;

** Программа «Реализация основных направлений государственной политики в строительном комплексе Свердловской области до 2020 года», 2014 г.



Ввод в эксплуатацию жилых и гражданских домов на территории Свердловской области с 2007 по 2014 г., тыс. кв. м

Таблица 5

Анализ динамики финансирования программы «Развитие жилищного комплекса в Свердловской области» в 2011–2013 гг., тыс. руб.

Уровень бюджета	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Абс. отклон. к 2011 г	Темп роста к 2011 г., %	Абс. отклон. к 2012 г	Темп роста к 2012 г., %
Федеральный бюджет	214 022,9	54 576,70	44 264,70	–159 446,2	25,5	–10 312	81,1
Областной бюджет	2 023 587,4	1 875 263,17	2 033720,84	–148 324,23	92,6	158 457,67	108,4
Местный бюджет	460 915,3	572 302, 34	721 094,62	111 387,04	124,1	148 792,28	125,9
Внебюджетные отчисления	8 898 953,0	9 655366,60	9 618 337,41	756 413,6	108,5	–37 028,59	99,6
Итого	11 596 994,8	12 157 508,81	12 417 417,57	560 514,01	104,8	259 908,76	102,1

Проводя анализ исполнения самой программы «Развитие жилищного комплекса в Свердловской области» в 2011–2013 гг., можно увидеть, что целевые показатели не исполняются по малоэтажному жилью, коэффициенту доступности жилья и вводу жилья в районе «Академический» (табл. 6).

Из материала, представленного в табл. 7, можно сделать вывод, что программа «Реализация основных направлений государственной политики в строительном комплексе Свердловской области до 2020 года» за 2014 г. реализуется только на 80 %.

Анализируя исполнение программы «Реализация основных направлений государственной политики в строительном комплексе Свердловской области до 2020 года», согласно табл. 8 за 2014 г., можно отметить, что выросли следующие показатели: годовой объем ввода жилья – на 21,4 %, малоэтажное жилье – на 50,3 % и коэффициент доступности жилья для населения – на 35,7 %.

Таблица 6

Анализ исполнения программы «Развитие жилищного комплекса в Свердловской области» в 2011–2013 гг., тыс. руб.

Показатели	Годы	План	Факт	Процент выполнения
Годовой объем ввода жилья всего, тыс. кв. м общей площади жилья	2011	2000	1817,8	90,9
	2012	2323	1927	86,34
	2013	2 818,00	2441,7	86,65
Многоэтажного жилья (более трех этажей), тыс. кв. м общей площади жилья	2011	1140	978,85	85,9
	2012	2 232,00	1 927,00	86,34
	2013	3 182,00	2 991,70	94,02
Малоэтажного жилья (не более трех этажей), тыс. кв. м общей площади жилья	2011	860	838,99	97,6
	2012	1 868,00	1 762,70	94,36
	2013	2 818,00	2 441,70	86,65
Коэффициент доступности жилья для населения, лет	2011	3,33	2,83	117,7
	2012	3,33	3,33	100,00
	2013	3,33	3,10	93,09
Ввод жилья на территории планировочного района «Академический» в городе Екатеринбурге, тыс. кв. м общей площади жилья	2011	267,5	166,84	62,4
	2012	630,10	304,63	48,35
	2013	795,10	433,32	54,50
Количество многодетных семей, получивших социальные выплаты для строительства жилых помещений, семей	2011	786	289	36,77
	2012	691,00	717,00	103,76
	2013	1 081,00	1 094,00	101,20
Количество работников областных государственных учреждений, получивших социальные выплаты для строительства жилых помещений, семей	2011	850	349	41,06
	2012	1 326,00	817,00	61,61
	2013	1 783,00	1 235,00	69,27
Доля инвалидов боевых действий I группы, вставших на учет в качестве нуждающихся в жилых помещениях, %	2011	100	33,33	33,33
	2012	100	44,1	44,1
	2013	100,00	46,55	46,55

Таблица 7

Анализ реализации программы «Реализация основных направлений государственной политики в строительном комплексе Свердловской области до 2020 года» за 2014 г., тыс. руб.

Уровень бюджета	2014 год		
	План	Факт	Процент выполнения
Федеральный бюджет	2 873 550,1	2 551 056,4	88,8
Областной бюджет	9 122 560,7	7 939 869,5	87,0
в том числе субсидии местным бюджетам	3 843 202,9	3 150 571,2	82,0
Местный бюджет	1 902 254,2	1 541 605,4	81,0
Внебюджетные поступления	12 527 722,0	6 639 232,3	53,0
Итого	26 426 087,0	18 671 763,5	70,7

Таблица 8

Анализ исполнения программы «Реализация основных направлений государственной политики в строительном комплексе Свердловской области до 2020 года» 2014 г., тыс. руб.

Целевой показатель (индикатор)	2014 год		
	План	Факт	Процент выполнения
Годовой объем ввода жилья всего, тыс. кв. м общей площади жилья	2000	2428	121,4
Многоэтажного жилья (более трех этажей), тыс. кв. м общей площади жилья	1110	1090	98,2
Малоэтажного жилья (не более трех этажей), тыс. кв. м общей площади жилья	890	1338	150,3
Коэффициент доступности жилья для населения	3,8	2,8	135,7
Ввод жилья на территории планировочного района «Академический» в городе Екатеринбурге, тыс. кв. м общей площади жилья	165	129,2	78,3
Количество многодетных семей, получивших социальные выплаты для строительства жилых помещений, семей	15	15	100,0
Количество работников областных государственных учреждений, получивших социальные выплаты для строительства жилых помещений, семей	546	521	95,4
Доля инвалидов боевых действий I группы, вставших на учет в качестве нуждающихся в жилых помещениях, %	100	64,5	64,5

Подводя итоги, можно сделать вывод, что данные постановления работают, но требуют нетривиальных решений для последующей реализации и развития программ.

Насущные цели на сегодня:

– обеспечение населения Свердловской области доступным и комфортным жильем путем реализации механизмов поддержки и развития жилищного строительства и стимулирования спроса на рынке жилья;

– предоставление мер социальной поддержки по обеспечению жильем отдельных категорий граждан в соответствии с полномочиями Свердловской области и полномочиями Российской Федерации, переданными субъектам Российской Федерации;

– осуществление полномочий Министерства строительства и развития инфраструктуры Свердловской области и деятельности подведомственных министерству государственных казенных учреждений.

Для этого должны быть решены следующие задачи:

– обеспечение ежегодного роста объемов ввода жилья;

– обеспечение доступности и стимулирование платежеспособного спроса на жилье для населения, в том числе с помощью ипотечного жилищного кредитования;

– подготовка и развитие территорий в целях жилищного строительства;

– поддержка реализации проекта комплексного освоения территории планировочного района «Академический» в городе Екатеринбурге;

– создание условий для формирования арендного жилищного фонда, в том числе некоммерческого.

Список литературы

1. Долгих Ю.А., Агарков Г.А., Степанова Н.Р. Целевые бюджетные и внебюджетные фонды. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 132 с.

2. Макарова С.В., Степанова Н.Р. Основные направления стратегии устойчивого развития Уральского федерального округа на период до 2020 года // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–11. – С. 2425–2428.

3. Макарова С. В., Степанова Н. Р. Управление корпоративной собственностью предприятий инвестиционно-строительного комплекса. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 189 с.

4. Официальный сайт Министерства строительства и развития инфраструктуры Свердловской области [Электронный ресурс]. URL: http://minstroy.midural.ru (дата обращения: 05.06.2015).

5. Официальный сайт Министерства экономики Свердловской области [Электронный ресурс]. URL: http://economy.midural.ru/content/oblastnye-celevye-programmy-sverdlovskoy-oblasti (дата обращения: 05.06.2015).

6. Сайт «Социал Экспо» [Электронный ресурс]. URL: http://socialexpo.ru/index.php (дата обращения: 20.02.2015).

7. Указ Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 600 «О мерах по обеспечению граждан Российской Федерации доступным и комфортным жильем и повышению качества жилищно-коммунальных услуг» [Электронный ресурс]. URL: http://base.garant.ru/70170944 (дата обращения: 20.02.2015).

References

1. Dolgih Ju.A., Agarkov G.A., Stepanova N.R. Celevye bjudzhetnye i vnebjudzhetnye fondy. Ekaterinburg: UrFU, 2013. 132 p.

2. Makarova S.V., Stepanova N.R. Osnovnye napravlenija strategii ustojchivogo razvitija Uralskogo federalnogo okruga na period do 2020 goda // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 12–11. pp. 2425–2428.

3. Makarova S.V., Stepanova N.R. Upravlenie korporativnoj sobstvennostju predprijatij investicionno-stroitelnogo kompleksa. Ekaterinburg: UGTU-UPI, 2009. 189 p.

4. Oficialnyj sajt Ministerstva stroitelstva i razvitija infrastruktury Sverdlovskoj oblasti [Jelektronnyj resurs]. URL: http://minstroy.midural.ru (data obrashhenija: 05.06.2015).

5. Oficialnyj sajt Ministerstva jekonomiki Sverdlovskoj oblasti [Jelektronnyj resurs]. URL: http://economy.midural.ru/content/oblastnye-celevye-programmy-sverdlovskoy-oblasti (data obrashhenija: 05.06.2015).

6. Sajt «Social Jekspo» [Jelektronnyj resurs]. URL: http://socialexpo.ru/index.php (data obrashhenija: 20.02.2015).

7. Ukaz Prezidenta RF ot 7 maja 2012 g. no. 600 «O merah po obespecheniju grazhdan Rossijskoj Federacii dostupnym i komfortnym zhilem i povysheniju kachestva zhilishhno-kommunalnyh uslug» [Jelektronnyj resurs]. URL: http://base.garant.ru/70170944 (data obrashhenija: 20.02.2015).

УДК 338.242:330.837

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ: ТРЕНДЫ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Тесленко И.В., Долгих М.Н.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: iv_k@mail.ru

Тема государственно-частного партнерства является актуальной и перспективной в связи с развитием частного сектора, ростом инфраструктурных проектов и предоставлением социальных услуг частным сектором. Во время глобализации все развивающиеся и развитые страны приходят к общему мнению о необходимости развития социально-экономического сектора на основе государственно-частного партнерства. Данный вид сотрудничества не имеет общего определения и правил реализации государственно-частных проектов, однако имеет большую популярность среди исследователей научной, производственной и во многих других сферах жизнедеятельности. В России формы и методы реализации государственно-частного партнерства существенно отличаются от зарубежного опыта. В данной статье мы более подробно рассмотрим особенности зарубежного сотрудничества государства и предпринимательского сектора экономики. Так же необходимо обратить внимание на действующее законодательство и контрольно-надзорные органы, которые являются ответственными за данный вид сотрудничества.

Ключевые слова: партнерство, государственно-частное партнерство, образование

PORTRAIT OF THE ENTRANT OF 2013 (THE GRADUATE OF SCHOOL ARRIVING IN ESTABLISHMENTS OF AN AVERAGE AND HIGHER EDUCATION): RESULTS RESEARCH

Teslenko I.V., Dolgikh M.N.

Ural Federal University n.a. B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, e-mail: iv_k@mail.ru

The topic of public-private partnership is relevant and promising in connection with the development of the private sector, the growth of infrastructure projects and the provision of social services to the private sector. At the time of globalization, developing and developed countries come to a consensus on the need for socio-economic sector through public-private partnerships. This type of cooperation does not have a common definition and implementation of the rules of public-private projects, but it has a lot of popularity among researchers for scientific, industrial and many other spheres of life, it's all you can see in this work. In Russia, the forms and methods of implementation of public-private partnerships differ significantly from international experience. In this article we take a closer look especially foreign cooperation between the state and the business sector. It is also necessary to pay attention to the current legislation and the regulatory authorities, which are responsible for this type of cooperation.

Keywords: partnership, public-private partnerships, and education

Во всем мире отношения бизнеса и государства являются мощным источником развития современной экономической системы. В последнее десятилетие наблюдается устойчивый рост установления партнерских отношений бизнеса и государства, подкрепленных обоюдными мотивационными установками, обусловливающими возможности эффективного взаимодействия. Зарубежный и отечественный опыт показывает, что успешное социально-экономическое развитие государства не может осуществиться без взаимодействия всех его участников: бизнеса, государства и общества, то есть без реализации государственно-частных проектов. «Президент Российской Федерации В.В. Путин в бюджетном послании на 2014–2016 годы заявил, что необходимо создать новые инструменты привлечения частных инвестиций в развитие инфраструктуры, использовать механизмы государственно-частного партнёрства (далее ГЧП)» [2]. Сегодня в каждом субъекте РФ разработан план стратегического развития, включающий вопросы, связанные с государственно-частным партнерством. Исследование в области совершенствования процесса взаимодействия государственных органов власти и бизнеса становится весьма интересным, поскольку развитие адекватных партнерских отношений может стать одним из основных путей развития для новой современной России: повышения инновационной активности, развития экономической и социальной инфраструктуры [4]. В качестве стратегического направления, способного оказать позитивное влияние на качество экономического роста, в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года отмечается развитие сектора социальных услуг на принципах государственно-частного партнерства.

Мировая практика показывает, что наиболее активно государственно-частные партнерства развиваются в инфраструктурных

отраслях, в том числе в отраслях социальной инфраструктуры, к которым относится образование. Так, в аналитическом обзоре Е.А. Семеновой показано, что «в наиболее развитых странах государственно-частное партнерство гораздо чаще, чем в каких-либо других областях, используется в образовании и здравоохранении» [6] в связи с необходимостью активного взаимодействия государства и бизнеса при разработке и реализации масштабных программ и проектов, направленных на решение актуальных социально-экономических проблем, причем «ключевыми достоинствами такого партнерского сотрудничества является привлечение дополнительных финансовых средств и других ресурсов, повышение гибкости и эффективности управления, уменьшение суммарных рисков, получение дополнительных гарантий» [5].

Анализ понятия «государственно-частное партнерство» необходимо начинать с общего определения «партнерство». В политическом словаре «партнерство» понимается как «форма сотрудничества, участники которой отдают себе отчет в ограниченности объединяющих их целей, интересов, задач, в наличии или возможности возникновения между ними серьезных расхождений, конфликта интересов и, как следствие, прекращения отношений партнерства; в бизнес-словаре партнерство рассматривается как форма организации компании, фирмы, которая создается на основе договора между партнерами, в котором оговариваются их права, обязанности, ответственность и т.д.; в экономическом словаре партнерство – одна из важнейших юридических форм организации предприятия. Партнерство создается на основе договора, которым регулируются права и обязанности пайщиков (партнеров), порядок возмещения общих расходов и распределения прибыли, сроки деятельности партнерства, условия его роспуска и т.д.» [8]. В Толковом словаре партнерство понимается как «добровольное соглашение о сотрудничестве между двумя или более сторонами, в котором все участники договариваются работать вместе для достижения общей цели или выполнения определенной задачи и разделять риски, ответственность, ресурсы, правомочность и прибыль» [7]. Каждое партнерство / сотрудничество преследует как общие цели, так и индивидуальную выгоду. На современном этапе развития многие бизнесмены стараются сделать свой бизнес социально ответственным, т.е. ориентированным в том числе на общественное благо и пользу. Таким образом, частный сектор экономики принимает участие в реализации проектов социальной сферы, а ответственность за данный сектор несет государство.

Государственно-частное партнерство (далее – ГЧП) является неотъемлемой частью сильного, развивающегося современного государства. Существует множество определений ГЧП. Всемирный банк даёт наиболее общее определение ГЧП: государственно-частное партнёрство – это соглашение между публичной и частной сторонами по поводу производства и оказания инфраструктурных услуг, заключаемое с целью привлечения дополнительных инвестиций и, что ещё более важно, как средство повышения эффективности бюджетного финансирования. Министерство экономического развития РФ предлагает следующее определение: «государственно-частное партнерство – юридически оформленное на определенный срок и основанное на объединении ресурсов, распределении рисков сотрудничество публичного партнера, с одной стороны, и частного партнера, с другой стороны, осуществляемое на основании соглашения о государственно-частном партнерстве, в целях привлечения в экономику частных инвестиций, обеспечения доступности и повышения качества товаров, работ, услуг, обеспечение которыми потребителей обусловлено полномочиями органов государственной власти и органов местного самоуправления». В.Г. Варнавский дает следующее определение ГЧП: «институциональный и организационный альянс между государством и бизнесом в целях реализации общественно значимых проектов и программ в широком спектре отраслей промышленности и НИОКР вплоть до сферы услуг» [3].

На основании экспертных оценок можно выделить два доминирующих подхода к пониманию ГЧП среди экспертов-чиновников в регионах УрФО. «Согласно широкому пониманию, ГЧП предстает как сотрудничество государства и бизнеса в целом. ГЧП – любое взаимодействие, направленное на улучшение качества, модернизацию, обновление фондов, на повышение уровня жизни населения. В настоящее время реализуется целый комплекс механизмов государственной поддержки инвестиционной деятельности, включающий в себя налоговые льготы по налогу на прибыль и налогу на имущество организаций, возмещение субъектам инвестиционной деятельности части процентной ставки по кредитам, предоставление гарантий и др. Узкий (проектный) подход предполагает партнерство государства и бизнеса только в целях реализации инфраструктурных проектов на определенных условиях. Государственно-частное

партнерство понимается как узкое содействие государства с бизнесом. Такое узкое понимание позволяет уяснить содержание термина ГЧП, отграничить его от создания благоприятных условий от инвестиционной деятельности и государственной поддержки повышения инвестиционной деятельности». Большую работу по структуризации проектов ГЧП ведет Всемирный банк (World Bank) [9].

Численность государственно-частных проектов в образовательной сфере растет с каждым годом. Однако каждая страна выбирает, развивает и вкладывает инвестиции в ту отрасль, которая для нее является перспективной. В странах «Большой семерки» и других развитых странах приоритетными отраслями являются здравоохранение и образование, это обусловлено политикой этих государств в сфере социально-экономического развития. В странах Центральной и Восточной Европы (Болгария, Чехия, Венгрия, Хорватия, Польша, Румыния); странах СНГ (Украина), развивающихся странах отрасли здравоохранения и образования по многим показателям существенно уступают странам «Большой семерки».

ГЧП реализуется за рубежом в сфере образования по таким направлениям, как образовательные ваучеры от предприятий и стипендии; частное управление государственными школами; участие частного сектора в материально-техническом обеспечении образовательного процесса; контракты на предоставление вспомогательных профессиональных услуг. Вышеперечисленные направления ГЧП в образовании актуальны тем, что они несут много преимуществ. Они, во-первых, отслеживают эффективное распределение инвестиций; во-вторых, при тесном сотрудничестве делятся опытом; в-третьих, предоставляют возможности государству удовлетворять новый спрос и облегчают процесс внедрения инноваций в обучение.

Основными причинами неудач реализации ГЧП в развивающихся странах является: непродуманное распределение рисков, недостаточное финансирование ГЧП проектов, коррупция и завышение стоимости проектов. Вышеперечисленные препятствия очень значимы для России, так как государственно-частное партнерство – одно из главных перспективных направлений социально-экономического развития страны.

Система среднего профессионального образования в Германии полностью построена на дуальном образовании во всех сферах, что подтверждает реализацию государственно-частных проектов. Студенты получают образование более чем по 340 профессиям в сферах промышленности, торговли, ремесла, офис/администрации, здравоохранения, сельского хозяйства по системе дуального профобразования. Партнерские отношения заключаются между предприятием и образовательным учреждением. Образовательный процесс проходит на предприятии (рабочем месте) 3–4 раза в неделю и на базе профессионально-технического училища 1–2 дня в неделю, учащиеся приобретают профессиональные и общеобразовательные компетенции в рамках обязательного школьного образования. Закон о профессиональном образовании в Германии требует наличия оснащения для проведения профессионального обучения (оборудование, станки, рабочие инструменты); обязывает предприятия иметь квалифицированный обучающий персонал – наставников. В рамках дуального образования сформирован учебный курс, который состоит из проверки условий для проведения профессионального обучения и планирования проведения профессионального обучения; подготовки профессионального обучения; проведения профессионального обучения; завершения профессионального обучения.

Контроль над предприятиями, осуществляющими образовательную деятельность, проводят «компетентные инстанции» – торгово-промышленные палаты. Торгово-промышленные палаты выдают и отзывают разрешение на осуществление образовательной деятельности. Законом об образовании определены критерии для наставников:

а) личная пригодность;

б) профессиональная пригодность: профессиональные и педагогические знания; экзамен в рамках учебного курса «Обучение наставников на предприятии».

В Финляндии так же активно применяются формы дуального образования, которые можно рассматривать как примеры государственно-частного партнерства. В Финляндии сегодня роль наставника на предприятии играет важную роль. «Одна из центральных задач наставника – мотивация студента, создание позитивной атмосферы обучения, обеспечение безопасности и высокого качества образовательной среды на рабочем месте. В Финляндии существует несколько уровней наставничества: Начинающий; На базовом уровне, Самостоятельный; Наставник-ас. Образовательная деятельность наставника подлежит сертификации по следующим компетенциям: планирование производственного обучения, пробной квалификационной работы и квалификационных экзаменов; работа со студентом и оценка его успеваемости; оценка знаний и умений студента; повышение собственной квалификации и компетенции.

«В настоящее время во всем мире отношения бизнеса и государства оформляются в рамках определенной программы, реализуемой на основе интерактивных взаимодействий бизнеса, государственных исследовательских организаций и государственных органов управления. В США такой программой является программа передовых технологий (ATR) Министерства торговли, в Австрии – программы Kplus и Kind/Knet.

Рассматривая государственно-частное партнерство в рамках научной и инновационной сфер, важно отметить применение теории «тройной спирали» (TripleHelix) при реализации проектов ГЧП. В начале двадцать первого века теория «тройной спирали» была создана в Англии и Голландии профессором университета Ньюкасла Генри Ицковицем и профессором амстердамского университета Лойетом Лейдесдорфом» [10]. Тройная спираль символизирует союз между властью, бизнесом и университетом, которые являются ключевыми элементами инновационной системы любой страны. Для того чтобы показать взаимосвязь, образовательного учреждения, бизнес сообщества при участии государства, приведем пример из практики на уровне передачи знаний и технологий. Примерами применения концепции «тройной спирали» являются технопарки (техноцентры), деятельность которых рассмотрена в работе на базе опыта Швеции, Испании, Великобритании. В каждой стране система финансирования проектов ГЧП образовательной среды носит неоднородный характер, это связано с действующей правовой системой в государстве.

По данным аналитического обзора ОАО «Еврофинансы» [1], опыт финансирования ГЧП-проектов в образовательной сфере можно разделить на опыт стран общего права (на примере Англии и США) и опыт стран гражданского права (на примере Германии). Ведущим лидером по реализации государственно-частных проектов в образовательной сфере является США. Финансирование проектов в основном осуществляется государством по реализуемым федеральным программам; в числе наиболее масштабных мероприятий, организуемых Администрацией малого бизнеса (АМБ) по поддержке НИОКР в сфере малого бизнеса в США, необходимо указать на разработку и успешную реализацию федеральных программ «Инновационные исследования в малом бизнесе» (The Small Business Innovation Research – SBIR) и «Трансферт технологий малого бизнеса» (The Small Business Technology Transfer – STTR), по которым ежегодно реализуется более двух тысяч инновационных проектов.

В большинстве развитых стран, где успешно функционирует система образования, правительство вырабатывает наиболее эффективную систему финансирования и старается сократить расходы их федерального бюджета. Для создания и развития системы важнейших институтов развития экономической сферы в европейских странах накоплен большой опыт. В развитых странах выделяют несколько институтов развития, которые осуществляют поддержку экономического развития страны: сеть «центров превосходства» (программы Centers of Excellence в Финляндии, к этому же типу тяготеет программа SBIR в США) и центры трансферта технологий предусматривают поддержку инноваций на самой ранней стадии; фонды «посевного финансирования» (Национальное технологическое агентство TEKES в Финляндии) отвечают за переход от обкатки идей к стадии первых промышленных образцов и создания малых инновационных фирм, осуществляющих запуск опытного производства (стартапов); они оказывают финансовую помощь и софинансируют проекты, разделяя риски с частными инвесторами; государственные венчурные фонды, а также фонды SITRA – в Финляндии, Yozma – в Израиле, SBIR – в США. Первые осуществляют финансирование проекта напрямую, вторые – опосредованно, финансируя другие венчурные фонды.

В зарубежных странах ГЧП является важным институтом, перед которым стоит задача оптимизации процесса передачи новейших технологий. Для успешного сотрудничества продавца и покупателя создаются посреднические компании, которые координируют куплю-продажу инновационных технологий и разработок и выступают технологическими брокерами. Большой упор делается на создание территориально-отраслевых кластеров и сетевого сотрудничества предприятий с использованием механизмов ГЧП.

Список литературы

1. Благотворительные фонды на рынке ценных бумаг. Аналитический обзор (электронный ресурс) // URL: www.eufin.ru (дата обращения 24.05.2015).

2. Бюджетное послание на 2014–2016 годы / Президент России // Деловая пресса: сетевой журнал. – 2013. – URL: http://www.kremlin.ru (дата обращения:17.11.2013).

3. Варнавский В.Г. Частно-государственное партнерство // Деловая пресса: Сайт «Экспертный канал «Открытая экономика». – 2014. – URL: http://www.opec.ru/article_doc.asp?d_no=50578 (дата обращения: 15.07. 2014).

4. Мирсаетова А.А., Тесленко И.В., Долгих М.Н. Тенденции развития государственно-частного партнерства в системе среднего профессионального образования Свердловской области // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8–2. – С. 407–412; URL: http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38910 (дата обращения: 28.12.2015).

5. Молчанова О.П. Государственно-частное партнерство в образовании: сборник. – М.: КДУ, 2009. – С. 242.

6. Семенова Е.А. Партнерство государства и бизнеса в интересах инновационного развития в странах ОЭСР // Аналитические обзоры РИСИ. – М.: 2007. – Вып. № 4.

7. Толковый словарь русского языка. – 2015. – URL: http://www.slovarus.ru/?di=7030 (дата обращения: 16.05.2015).

8. Центр развития государственно-частного партнёрства. – 2014. – Режим доступа: http://pppcenter.ru/ (дата обращения: 24.10.2014).

9. Private Participation in Infrastructure (PPI) URL: http://ppi.worldbank.org 2011.

10. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The dynamics of innovation: from National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations. Research Policy, 2000, vol. 29.

References

1. Blagotvoritelnye fondy na rynke cennyh bumag. Analiticheskij obzor (jelektronnyj resurs) // URL: www.eufin.ru (data obrashhenija 24.05.2015).

2. Bjudzhetnoe poslanie na 2014–2016 gody / Prezident Rossii // Delovaja pressa: setevoj zhurnal. 2013. URL: http://www.kremlin.ru (data obrashhenija: 17.11.2013).

3. Varnavskij V.G. Chastno-gosudarstvennoe partnerstvo // Delovaja pressa: Sajt «Jekspertnyj kanal «Otkrytaja jekonomika». 2014. URL: http://www.opec.ru/article_doc.asp?d_no=50578 (data obrashhenija: 15.07. 2014).

4. Mirsaetova A.A., Teslenko I.V., Dolgih M.N. Tendencii razvitija gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v sisteme srednego professionalnogo obrazovanija Sverdlovskoj oblasti // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 8–2. pp. 407–412; URL: http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38910 (data obrashhenija: 28.12.2015).

5. Molchanova O.P. Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo v obrazovanii: sbornik. M.: KDU, 2009. pp. 242.

6. Semenova E.A. Partnerstvo gosudarstva i biznesa v interesah innovacionnogo razvitija v stranah OJeSR // Analiticheskie obzory RISI. M.: 2007. Vyp. no. 4.

7. Tolkovyj slovar russkogo jazyka. 2015. URL: http://www.slovarus.ru/?di=7030 (data obrashhenija: 16.05.2015).

8. Centr razvitija gosudarstvenno-chastnogo partnjorstva. 2014. Rezhim dostupa: http://pppcenter.ru/ (data obrashhenija: 24.10.2014).

9. Private Participation in Infrastructure (PPI) URL: http://ppi.worldbank.org 2011.

10. Etzkowitz H., Leydesdorff L. The dynamics of innovation: from National Systems and «Mode 2» to a Triple Helix of university–industry–government relations. Research Policy, 2000, vol. 29.

УДК 519.832.3 :336

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА ПРИ ПОМОЩИ ОБОБЩЕННОГО КРИТЕРИЯ ГУРВИЦА

Фошин Д.В.

ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Москва, e-mail: dfoshin@mail.ru

Рассматривается задача выбора оптимального инвестиционного проекта в производственной компании. Проанализирован критерий Гурвица для решения матричных игр. Рассмотрены минусы критерия, приводится теоретическая справка по обобщенному критерию Гурвица. Решение проводится с помощью математической модели «Игра с природой», в которой оптимальность стратегий определяется обобщенным критерием Гурвица. Сознательным игроком является отдел инвестиционного анализа компании PepsiCo. Его стратегии заключаются в выборе того или иного продукта для производства. Стратегии бессознательного игрока (природы) определяются в соответствии с курсом рубля к доллару. Выигрыши платежной матрицы определяются как разница между рассчитанным доходом от реализации нового продукта и издержками на его производство. Приводится решение задачи и выводы относительно оптимального выбора инвестиционного проекта.

Ключевые слова: производственная компания, инвестиционный проект, теория игр, игра с природой, обобщенный критерий Гурвица

CHOICE OF THE OPTIMAL INVESTMENT PROJECT ON THE BASIS OF THE GENERALIZED HURWICZ CRITERION

Foshin D.V.

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, e-mail: dfoshin@mail.ru

The problem of choosing the most attractive investment project in manufacturing industry is considered. Hurwicz criterion for matrix games solving is analyzed. The decision is based on the mathematical model «Game with the Nature» in which the optimal strategy is determined by the generalized Hurwicz criterion. A conscious player is Investment analysis department of PepsiCo company. Its strategies are based on choosing one or another product to produce. Strategies of the Nature are based on Ruble exchange rate against Dollar. Payoffs are determined by deduction production costs from sales income of the new product. In conclusion the optimal strategy for conscious player is selected.

Keywords: manufacturing industry, investment project, game theory, Game with the Nature, generalized Hurwicz criterion

Для оценки инвестиционных проектов используется немало методов, существует немало формул, как простых, так и очень сложных. Однако большинство этих формул обладает следующим свойством – пользоваться ими (проводить расчеты) можно только в том случае, если показатели точно известны. К сожалению, никогда нельзя совершенно точно сказать, как пойдет то или иное дело, сколько будет продано товара и как потенциальные потребители отнесутся к его появлению на рынке. Многие экономисты-практики выдвигают вполне обоснованные критические замечания в отношении некоторых существующих методов.

Оценка инвестиционного проекта происходит на этапе, когда как минимум одна из сторон еще не приняла решения о вступлении в своеобразную «игру» – участвовать ли в бизнесе или нет. Задача оценки – доказать, что участие отвечает интересам субъекта и принесет экономическую выгоду. Анализируются возможные последствия проекта, но ключевое слово здесь «возможные», ведь, как уже было сказано выше, невозможно объективно оценить еще не реализованный проект.

Конечно, на данном этапе можно положиться на уже имеющиеся данные по похожим примерам. Однако на эту информацию нельзя полагаться в полной мере: участники, их цели и интересы, непредсказуемая внешняя среда – все это может быть разным.

Кроме того, стоит учитывать и ошибки, возникающие при сборе и анализе данных человеком, а не машиной, хотя и она может дать сбой. Оценка проекта опирается на имеющуюся информацию, а на самом деле ее достоверность зачастую очень сложно проверить. Поэтому проекты подвергаются тщательной экспертизе, но и после нее часть значений могут оставаться в интервальной форме: даже сами разработчики проекта могут понимать, что величины легко смогут принять значение «от» и «до», причем показатели могут отличаться в разы. При разработке проекта учитывается большое количество технических, экономических, технологических и других параметров, определение которых необходимо для

понимания свойств и особенностей функционирования инвестиционного объекта [7]. Многие из этих параметров могут не быть измеримы на момент оценки по следующим причинам:

● они зависят от будущего (например, от погодных условий, курса валют и др.);

● они относятся к прошлому, и эти данные еще не были собраны.

Соответственно, возникает необходимость изучения этой неопределенности. При оценке проекта просто необходимо введение в расчеты вероятности наступления той или иной ситуации – всегда возможны сбои, аварии, природные бедствия, незапланированная реакция рынка и многое другое. Разумеется, эти вероятности необходимо тщательно обосновать и описать.

Ни один инвестиционный проект не застрахован от наступления этих рисков. Более того, один и тот же проект может быть реализован в разных условиях и иметь кардинально разные результаты. Собственно, неопределенность – это неполнота и/или неточность сведений об условиях проведения проекта. А риск, соответственно, вероятность возникновения условий, которые вызовут негативные последствия.

Зачастую статистика и теория вероятностей используется для нахождения показателей, которые можно предсказать «усредненно». Однако в экономике слишком часто процессы единичны – не повторялись и не будут. Следовательно, ограничиваются и возможности строгого применения вероятностных методов [7].

Итак, в оценке инвестиционных проектов необходимо действовать в условиях неопределенности – несколько сторон, имеющих свои цели (или не имеющих – как в случае, например, со стихиями), зависят от действий других сторон. Научно обоснованные способы решения подобных ситуаций дает теория игр. Ее математический аппарат очень широк и позволяет решать многие важные задачи.

По большей части при анализе инвестиционной деятельности возникают ситуации, связанные с играми с природой («статистическими играми»). В этих играх принимают участие два игрока, один из которых старается осознанно принимать эффективные для себя решения – его называют «статистиком», а другой – природа, который не являясь ни союзником, ни противником статистика, принимает случайным образом то или иное свое состояние, не преследуя конкретной цели и абсолютно безразлично к результату игры. Считается, что множество состояний природы заведомо известно, а вероятность наступления того или иного состояния природы может быть определена, а может быть и нет.

Данные игровые модели все чаще применяются в экономике, например, для выбора оптимального поведения фирмы, для рационального управления финансами, теории инвестирования и др. Однако пока что для оценки эффективности проектов они применяются не так часто, как могли бы.

Рассмотрим следующую экономическую ситуацию в производственной компании PepsiCo.

По сравнению с другими странами в России у PepsiCo недостаточно развит сегмент снэков[1]. Правильные инвестиции в эту сферу бизнеса компании могли бы повысить финансовые показатели.

Задача компании – выбор снэкового брэнда для расширения коллекции.

На данный момент в снэковом бизнесе PepsiCo 3 бренда: Lay's, Cheetos, ХрусТеаm [10]. Лучше всех продается Lay's: он дольше всего на рынке, и в его продвижение вложены колоссальные средства. Два других бренда незначительно уступают ему в продажах. По статистике ряда предыдущих лет уровень спроса по брендам распределяется следующим образом: Lay's – 0,96, Cheetos – 0,91, ХрусТеаm – 0,83. Числовые значения приведены как процент от максимально возможного дохода 1, который компания PepsiCo может получить при реализации произведенного продукта в полном объеме.

Затраты на производство по брендам так же варьируются в зависимости от используемого сырья и технологий: Lay's – 0,55, Cheetos – 0,5, ХрусТеаm – 0,43 от максимально возможного дохода 1, который компания PepsiCo может получить при реализации произведенного продукта в полном объеме.

По данным информационного ресурса Finam рассмотрим курс валюты за год с 31.08.2014 по 31.08.2015 и разделим изменение рубля за 1$ на 4 равных части. Предположим, что компания PepsiCo при курсе 1$ = 35,5 может полностью реализовать произведенную продукцию и получить доход, обозначаемый нами через 1, а при нахождении рубля в промежутке [36,9–45,4), [45,4–53,9), [53,9–62,4) и [62,4–70,9] получить доход соответственно 0,98; 0,95; 0,91 и 0,85 от максимального возможного дохода, равного 1, полученного от полной продажи партии [8].

Из указанных данных видим, что ослабление рубля непропорционально

[1] Снэки (англ. snack – «лёгкая закуска») – в англоязычных странах общее название лёгких блюд, предназначенных для «перекуса» – утоления голода между основными приёмами пищи.

уменьшает доход компании. Это объясняется следующими соображениями. Если рубль по отношению к доллару упал, например, на 3 рубля, то цены на товары будут несколько скорректированы, но это не сильно отразится на спросе, поскольку и корректировка будет несущественной, и люди массово не начнут паниковать из-за такого колебания валют. Если же доллар возрастет на 10 рублей, то это обязательно привлечет пристальное общественное внимание. Цены на продукцию рассматриваемой компании опять же будут скорректированы, однако это изменение может в значительной степени повлиять на спрос, поскольку многие посчитают цену необоснованно завышенной, а некоторые просто не захотят приобретать продукт, который в недавние времена стоил ощутимо дешевле.

Перед руководством компании PepsiCo стоит задача: в указанных выше условиях принять решение о выборе из трех брендов Lay's, Cheetos, XpycTeam – бренда, продуктовая линейка которого будет расширена с целью получения максимальной прибыли от ее реализации.

Для анализа поставленной задачи применим теоретико-игровую модель «Игра с природой» [6].

Во многих задачах принятия финансово-экономических решений важным и неотъемлемым фактором является присутствие неопределённости, заключающейся в недостаточной информированности лица, принимающего решение, об объективных условиях, в которых это решение будет приниматься. Неопределённость такого рода может порождаться различными причинами: нестабильностью экономической ситуации, финансово-экономическим кризисом, покупательским спросом на товар или услуги определённого вида, рыночной конъюнктурой, политикой правительства, надёжностью партнёра по бизнесу, выходом из строя технического оборудования, курсом валюты, уровнем инфляции, налоговой политикой, биржевой ситуацией, экологической обстановкой, стихийными бедствиями и др.

Во всех задачах такого рода выбор решения зависит от объективной действительности, окружающей решаемую задачу и называемой в математической модели «природой». Сама же математическая модель подобных ситуаций называется «игрой с природой» (или статистической игрой).

В игре с природой участвуют два игрока: один из них, обозначим его через A, – лицо, принимающее решение; другой, обозначим его через П, – природа. Игрок A действует осознанно, стремясь принять наиболее выгодное для себя решение. В отличие от него природа П принимает то или иное свое состояние неопределенным образом, не противодействуя злонамеренно игроку A, не преследуя конкретной цели и безразлично к результату игры, т.е. природа П, являясь игроком в игре, не является ни противником, ни союзником игрока A.

Пусть игрок A располагает m возможными стратегиями $A_1, ..., A_m$, а природа П может находиться в одном из n своих состояний $П_1, ..., П_n$, которые определяются на основании имеющегося опыта анализа состояний природы либо на основании мнений экспертов. Предполагается обычно, что известны результаты выбора игроком A каждой из своих стратегий A_i, $i = 1, ..., m$, при каждом состоянии природы $П_j$, $j = 1, ..., n$, численные значения которых обозначим через a_{ij}. Из этих чисел, называемых выигрышами игрока A, формируется матрица его выигрышей размером $m \times n$, строки которой соответствуют стратегиям игрока A, а столбцы – состояниям природы П.

Таблица 1

Матрица игры с природой размера $m \times n$

A_i \ $П_j$	$П_1$	$П_2$	…	$П_n$
A_1	a_{11}	a_{12}	…	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	…	a_{2n}
…	…	…	…	…
A_m	a_{m1}	a_{m2}	…	a_{mn}

Задача игрока A состоит в выборе оптимальной стратегии с использованием по возможности всей информации, содержащейся в матрице A.

Если $m = 1$, то в распоряжении игрока A всего одна стратегия A_1 и проблема выбора оптимальной стратегии отпадает. Поэтому в дальнейшем будем считать $m \geq 2$.

Если $n = 1$, то природа П пребывает только в одном состоянии $П_1$. В этом случае проблема выбора игроком A оптимальной стратегии хотя и остается, но превращается в тривиальную: игрок A должен выбрать стратегию, соответствующую строке матрицы A, в которой стоит наибольший из m выигрышей первого (и единственного) столбца матрицы A. Поэтому далее будем предполагать $n \geq 2$.

Целесообразно также по возможности упростить матрицу A, уменьшив число ее строк применением принципа доминирования стратегий игрока A [1].

Если вероятности состояний природы неизвестны и нет возможности получить о них какую-либо статистическую информацию, игрок *A* находится в ситуации принятия решения в условиях неопределенности.

В качестве критерия оптимальности стратегий будем использовать предложенный Л.Г. Лабскером ([5]; см. также [4]) обобщенный выигрыш-критерий Гурвица, который определяется следующим образом. От платежной матрицы переходим к ранжированной матрице *B*, которая формируется из платежной матрицы путем перестановки элементов каждой строки в неубывающем порядке. Элементы платежной матрицы обозначаются b_{ij}. Выигрыши, стоящие в *j*-м столбце, называются выигрышами *j*-го ранга. Выигрыши 1-го ранга (стоящие в 1-м столбце ранжированной матрицы) минимальны при каждой стратегии игрока *A*. Выигрыши *j*-го ранга (стоящие в последнем столбце ранжированной матрицы) максимальны при каждой стратегии игрока *A*.

Для учета возможности появления выигрышей вводится вектор неотрицательных коэффициентов $\overline{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_n)$, обладающих свойством $\lambda_1 + \lambda_2 + ... + \lambda_n = 1$. Коэффициент λ_j представляет собой количественную меру уверенности (убежденности) игрока *A* в том, что при выборе им любой своей стратегии он получит выигрыш *j*-го ранга. Коэффициенты $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_n$ выбираются игроком *A*, вообще говоря, субъективно.

Величина $(EHur)_i(\overline{\lambda}) = \sum_{j=1}^{n} \lambda_j b_{ij}$, $i = 1, ..., m$ называется показателем эффективности стратегии A_i по обобщенному выигрышу-критерию Гурвицу. Этот показатель учитывает все выигрыши, возможные при каждой стратегии и зависит от значений коэффициентов $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_n$, которые выступают в качестве весов вклада каждой стратегии в показатель эффективности.

Оптимальной во множестве чистых стратегий называется стратегия с максимальным показателем эффективности ([4, 5]).

Числа

Очевидно, что $\lambda_p + \lambda_o = 1$.

При выборе коэффициентов следующим образом: $\lambda_1 \geq 0$, $\lambda_2 = ... = \lambda_{n-1}$, $\lambda_n = 1 - \lambda_1$, – обобщенный выигрыш-критерий Гурвица превращается в классический выигрыш-критерий Гурвица ([9, 6]), который наиболее часто применяется для оптимизации коммерческой деятельности на практике. Он является промежуточным критерием между максимаксным критерием – критерием крайнего оптимизма и критерием Вальда – критерием крайнего пессимизма.

Отметим, что классический выигрыш-критерий Гурвица не учитывает всех выигрышей при каждой стратегии и принятие решения базируется на основании только наименьшего и наибольшего выигрыша. Обобщенный выигрыш-критерий Гурвица позволяет учесть весь спектр возможных выигрышей [6].

Известны ([3, 2]) формализованные методы выбора коэффициентов обобщенного выигрыш-критерия Гурвица, призванные ограничить субъективный произвол выбора этих коэффициентов игроком *A*. Используем один из них, в основу которого положено то, что в ранжированной матрице **B** все элементы по строкам упорядочены в порядке неубывания.

Введем следующие обозначения:

$b_j = \sum_{i=1}^{m} b_{ij}$ – сумма выигрышей по *j*-му столбцу матрицы **B**;

$\overline{b_j} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} b_j$ – среднее значение выигрыша по *j*-му столбцу матрицы **B**;

$b = \sum_{j=1}^{n} b_j = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} a_{ij}$ – сумма всех выигрышей матрицы ***B***.

$$b_1 \leq b_2 \leq \ldots \leq b_n \quad \text{и} \quad \overline{b_1} \leq \overline{b_2} \leq \ldots \leq \overline{b_n}$$

Игроку *A* предлагаются два подхода к выбору оптимальной стратегии [3]:

● более осторожный, при котором коэффициенты λ_j убывают с ростом средних значений выигрышей по столбцам;

$$\lambda_p = \begin{cases} \sum_{j=1}^{n/2} \lambda_j, & \text{если число } n \text{ четное;} \\ \sum_{j=1}^{[n/2]} \lambda_j + (1/2)\lambda_{[n/2]+1}, & \text{если число } n \text{ нечетное;} \end{cases}$$

$$\lambda_o = \begin{cases} \sum_{j=(n/2)+1}^{n/2} \lambda_j, & \text{если число } n \text{ четное;} \\ (1/2)\lambda_{[n/2]+1} + \sum_{j=[n/2]+2}^{n} \lambda_j, & \text{если число } n \text{ нечетное.} \end{cases}$$

● более оптимистичный, при котором значения коэффициентов λ_j возрастают с ростом средних значений выигрышей по столбцам.

Выбор подхода (оценка реальной ситуации на предмет опасности) возлагается на игрока *A*. При безопасной ситуации (оптимистичном подходе) $\lambda_j = \frac{\overline{b_j}}{b}$. При опасной ситуации (пессимистичном подходе) $\lambda_j = \frac{\overline{b_{n-j+1}}}{b}$ [6, § 4.11, с. 565].

Проведем математическую формализацию задачи.

Пусть в модели «Игра с природой» сознательный игрок *A* – это руководство компании PepsiCo, которое в своем распоряжении имеет три чистых стратегии – инвестировать в новый бренд: A_1 – в Lay's, A_2 – в Cheetos, A_3 – в ХрусТеам.

Пусть роль «Природы» играет курс валюты в указанный период с 31.08.2014 по 31.08.2015. Природа может пребывать в одном из своих четырех состояний: рубль находится в промежутке: $П_1$ – [44,96; 50,04); $П_2$ – [50,04; 55,84); $П_3$ – [55,84; 61,28); $П_4$ – [61,28; 66,72] [8]. В качестве выигрышей игрока *A* будем рассматривать прибыли от инвестирования в новый продукт бренда в полном объеме, представляющие собой разность между доходом от выпуска продукта и издержками на его производство.

Результаты расчета дохода и издержек представлены в следующих соответствующих таблицах.

Таблица 2

Матрица выручки

Бренд	Доход / Процент продаж	0,98	0,95	0,91	0,85
Lay's	0,96	0,9310	0,9025	0,8645	0,8075
Cheetos	0,91	0,9016	0,8740	0,8372	0,7820
ХрусТеам	0,83	0,8526	0,8265	0,7917	0,7395

После вычитания затрат из выручки получаем матрицу выигрышей.

Таблица 3

Матрица выигрышей

$П_j$ / A_i	$П_1$	$П_2$	$П_3$	$П_4$
A_1	$a_{11} = 0{,}3919$	$a_{12} = 0{,}3632$	$a_{13} = 0{,}3250$	$a_{14} = 0{,}2676$
A_2	$a_{21} = 0{,}3918$	$a_{22} = 0{,}3645$	$a_{23} = 0{,}3281$	$a_{24} = 0{,}2735$
A_3	$a_{31} = 0{,}3834$	$a_{32} = 0{,}3585$	$a_{33} = 0{,}3253$	$a_{34} = 0{,}2755$

Матрицу выигрышей можно упростить, преобразуя ее дробные элементы в целые числа. Для этого подвергнем ее аффинному преобразованию $a_{ij} \to a'_{ij} = 10000a_{ij}$, $i = 1, 2, 3$; $j = 1, 2, 3, 4$.

Таблица 4

Матрица выигрышей после аффинного преобразования

$П_j$ / A_i	$П_1$	$П_2$	$П_3$	$П_4$
A_1	$a_{11} = 3919$	$a_{12} = 3632$	$a_{13} = 3250$	$a_{14} = 2676$
A_2	$a_{21} = 3918$	$a_{22} = 3645$	$a_{23} = 3281$	$a_{24} = 2735$
A_3	$a_{31} = 3834$	$a_{32} = 3585$	$a_{33} = 3253$	$a_{34} = 2755$

В соответствии с определением обобщенного выигрыш-критерия Гурвица составим ранжированную матрицу *B*. На основании данной матрицы рассчитаем показатели эффективности стратегий и найдем оптимальные стратегии.

Таблица 5

Матрица решения задачи

Ранги j / A_i	1	2	3	4	$(Hur)_i^p(\bar{\lambda})$	$(Hur)_i^o(\bar{\lambda})$	$(EHur)_i^p(\bar{\lambda})$	$(EHur)_i^o(\bar{\lambda})$
A_1	2676	3250	3632	3919	3188	3407	3312	3430
A_2	2735	3281	3645	3918	3222	3431	**3340**	**3452**
A_3	2755	3253	3585	3834	3199	3390	3307	3409
b_j	8166	9784	10862	11671				

Выигрыши 1-го ранга наименьшие и представляют собой показатели эффективности стратегий по критерию Вальда. Выигрыши 4-го ранга наибольшие и являются показателями эффективности стратегий по максимаксному критерию.

Сумма всех выигрышей $b = \sum_{j=1}^{n} b_j = 40483$. Следовательно, коэффициенты λ_1, λ_2, λ_3, λ_4 можно выбрать обратно пропорциональными неубывающей последовательности средних выигрышей:

$$\bar{\lambda} = (\lambda_1 = 0{,}288;\ \lambda_2 = 0{,}268;\ \lambda_3 = 0{,}242;\ \lambda_4 = 0{,}202).$$

Показатель эффективности первой стратегии рассчитывается по формуле

$$(EHur)_1^p(\bar{\lambda}) = 2676 \cdot 0{,}288 + 3250 \cdot 0{,}268 + 3632 \cdot 0{,}242 + 3919 \cdot 0{,}202 = 3312.$$

Показатели эффективности двух других стратегий рассчитываются аналогично. Оптимальной стратегией является вторая стратегия игрока A.

$$(EHur)_{S^c}^p(\bar{\lambda}) = \max\{3312; 3340; 3307\} = 3340 = (EHur)_2^p(\bar{\lambda}).$$

Таким образом, опираясь на обобщенный критерий Гурвица, компании PepsiCo следует приниматься за реализацию второго инвестиционного проекта, т.е. инвестировать в бренд Cheetos.

Список литературы

1. Лабскер Л.Г., Бабешко Л.О. Игровые методы в управлении экономикой и бизнесом. – М.: Дело, 2001, 464 с.
2. Лабскер Л.Г. К вопросу о математической формализации выбора коэффициентов обобщенного критерия Гурвица // Управление риском. – 2009. – № 3 (51). – С. 4–62.
3. Лабскер Л.Г. О показателе оптимизма лица, принимающего решение по обобщенному критерию Гурвица // Экономические науки. – 2009. – № 53 (Апрель). – С. 305–312.
4. Лабскер Л.Г. Обобщенный критерий пессимизма-оптимизма Гурвица // Качество информационных услуг: сб. научных трудов. – Вып. III. – Тамбов, ТГТУ, 2000. – С. 34–43.
5. Лабскер Л.Г. Обобщенный критерий пессимизма-оптимизма Гурвица // Финансовая математика: коллективная монография. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2001. – С. 401–414.
6. Лабскер Л.Г. Теория критериев оптимальности и экономические решения: монография. – М.: КНОРУС, 2014. – С. 742–744.
7. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (утв. Минэкономики РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 N ВК 477).
8. Экспорт котировок МосБиржа валютный рынок USDRUB_TOM URL: http://www.finam.ru/profile/mosbirzha-valyutnyj-rynok/usdrubtom-usd-rub/export/ (дата обращения: 01.10.15).
9. Hurwicz L. Optimality Criteria for Decision Making under Ignorance // Cowles commission papers. – 1951. – № 370.
10. PepsiCo Снэки | PepsiCo Россия URL: http://www.pepsico.ru/brands/snacks/ (дата обращения: 01.10.15).

References

1. Labsker L.G., Babeshko L.O. Igrovye metody v upravlenii ehkonomikoj i biznesom. M.: Delo, 2001, 464 p.
2. Labsker L.G. K voprosu o matematicheskoj formalizacii vybora koehfficientov obobshchennogo kriteriya Gurvica // Upravlenie riskom, 2009, no. 3 (51), pp. 48–62.
3. Labsker L.G. O pokazatele optimizma lica, prinimayushchego reshenie po obobshchennomu kriteriyu Gurvica // Ehkonomicheskie nauki, 2009, no. 53 (Aprel), pp. 305–312.
4. Labsker L.G. Obobshchennyj kriterij pessimizma-optimizma Gurvica // Sb. nauchnyh trudov “Kachestvo informacionnyh uslug”, Vyp. III, Tambov, TGTU, 2000, pp. 34–43.
5. Labsker L.G. Obobshchennyj kriterij pessimizma-optimizma Gurvica // Finansovaya matematika: kollektivnaya monografiya. M.: MGU im. M.V. Lomonosova, 2001. pp. 401–414.
6. Labsker L.G. Teoriya kriteriev optimalnosti i ehkonomicheskie resheniya (Monografiya). M.: KNORUS, 2014. 742–744 p.
7. Metodicheskie rekomendacii po ocenke ehffektivnosti investicionnyh proektov (utv. Minehkonomiki RF, Minfinom RF, Gosstroem RF 21.06.1999 N VK 477).
8. Ehksport kotirovok mosbirzha valyutnyj rynok USDRUB_TOM URL: http://www.finam.ru/profile/mosbirzha-valyutnyj-rynok/usdrubtom-usd-rub/export/ (data obrashcheniya: 01.10.15).
9. Hurwicz L. Optimality Criteria for Decision Making under Ignorance // Cowles commission papers. 1951, no. 370.
10. PepsiCo Snehki | PepsiCo Россия URL: http://www.pepsico.ru/brands/snacks/ (data obrashcheniya: 01.10.15).