

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
(СибАДИ)»

ВЕСТНИК СибАДИ

Выпуск 6 (52)

Омск
2016

Главный редактор Жигadlo А.П., д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., ректор ФГБОУ ВО «СибАДИ»
Зам. главного редактора Корчагин П.А., д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе ФГБОУ ВО «СибАДИ»

Редакционная коллегия:

Ваклав Скала, профессор University of West Bohemia, Чехия, г. Пльзень.

Винников Ю.Л., д-р техн. наук, проф. Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка, член Украинского общества механики грунтов, геотехники и фундаментостроения, Российского общества по механике грунтов, геотехники и фундаментостроению, ISSMGE, IGS, действительный член Академии строительства Украины, Украина, г. Полтава.

Горынин Г.Л., д-р физ.-мат. наук, проф., БУ ВО «СурГУ ХМАО-ЮГРЫ», г. Сургут.

Жусупбеков А.Ж., вице-президент ISSMGE по Азии, Президент Казахстанской геотехнической ассоциации, почетный строитель Республики Казахстан, директор геотехнического института, заведующий кафедрой «Строительства» ЕНУ им Л.Н. Гумилева, член-корреспондент Национальной инженерной академии Республики Казахстан, д-р техн. наук, проф., г. Астана, Казахстан.

Карл – Хейнц Ленц, д-р инженер, Германия, Bundesanstalt für Straßenwesen.

Карпов В.В., д-р экон. наук, проф., председатель ОНЦ СО РАН, г. Омск.

Кенджио Судзуки, профессор Национального университета, почетный профессор университета Токио, Япония.

Лим Донг Ох, доктор инженерных наук, профессор, президент университета Джунгбу, г. Сеул, Южная Корея.

Лис Виктор, канд. техн. наук, инженер-конструктор специальных кранов фирмы Либхерр-верк Биберах ГмБХ, Mittelbiberach, Германия.

Матвеев С.А., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Мочалин С.М., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Немировский Ю.В., д-р физ.-мат. наук, проф., главный научный сотрудник, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск.

Подшивалов В.П., д-р техн. наук, проф., Белорусского национального технического университета г. Минск, Республики Беларусь.

Хмара Л.А., д-р техн. наук, проф., Приднепровской государственной академии Строительства и Архитектуры, заслуженный изобретатель Украины, академик Академии строительства и архитектуры Украины, г. Днепрпетровск, Украина.

Щербakov В.С., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Эдвин Козневски, д-р техн. наук, проф., Польша, г. Белосток.

Editor-in-Chief – Zhigadlo A.P., doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor, rector of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)

Deputy editor-in-chief – Korchagin P.A., doctor of technical sciences, professor, pro-rector for scientific research of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI).

Members of the editorial board:

Vaclav Skala professor Ing. University of West Bohemia, Plzen (Pilsen), Czech Republic.

Vinnikov Y.L., doctor of technical sciences, professor of the Poltava National Technical University named after Yuriy Kondratyuk, a member of the Ukrainian Society of soil mechanics, geotechnics and foundation engineering, the Russian Society for soil mechanics, geotechnics and foundation engineering, ISSMGE, IGS, a member of the Academy of Construction of Ukraine, Ukraine, Poltava.

Gorynin G.L., doctor of physical and mathematical sciences, professor, of the Surgut State University, Surgut.

Zhusupbekov A.Z., Vice – President of ISSMGE in Asia, President of Kazakhstan Geotechnical Association, honorary builder of the Republic of Kazakhstan, director of the Geotechnical Institute, head of the department "Construction" of L.N. Gumilyov Eurasian National University, corresponding member of the National Academy of Engineering of the Republic of Kazakhstan, doctor of technical sciences, professor, Astana, Kazakhstan.

Karl – Heinz Lenz, President and professor a. D., Prof. e. h. mult. Dr-Ing, Bundesanstalt für, Germany.

Karpov V.V., doctor of Economics, professor, the chairman of the Omsk scientific center of The Russian Academy of Sciences' Siberian branch, Omsk.

Kenjiro Suzuki professor of National Institution for Academic Degrees and University Evaluation, and professor Emeritus of The University of Tokyo, Japan.

Lim Dong Okh, doctor of engineering sciences, professor, President of the Goongbu University, Seoul, South Korea.

Lis Victor, candidate of technical sciences, design-engineer of special cranes of Liebherr - Werk Biberach GmbH (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Liebherr-Werk Biberach GmbH), Mittelbiberach, Germany.

Matveev S.A., doctor of technical sciences, professor of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI).

Mochalin S.M., doctor of technical sciences, professor of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI).

Nemirovskiy Y.V., doctor of physical and mathematical sciences, professor, chief research worker of the Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics SB RAS, Novosibirsk.

Podshivalov V.P., doctor of technical sciences, professor of the Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus.

Khmara L.A., doctor of technical sciences, professor, of the Dnieper State Academy of Construction and Architecture, Honored inventor of Ukraine, an academician of the Academy of Construction and Architecture of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.

Shcherbakov V.S., doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI).

Edwin Kozniewski, doctor of technical sciences, associate professor, Bialystok University of Technology, Bialystok, Poland.

Адрес издателя: 644080, г. Омск, просп. Мира, 5, патентно-информационный отдел, каб. 3226. Тел. (3812) 65-23-45.

e-mail: Vestnik_Sibadi@sibadi.org

Учредитель ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Адрес учредителя: 644080, г. Омск, просп. Мира, 5.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77- 67314 от 30 сентября 2016 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ» входит в перечень ведущих периодических изданий рекомендованных ВАК решением президиума ВАК от 25.02.2011 г.; с 01.12. 2015 г. включен в новый список в соответствии с требованиями приказа Минобрнауки России от 25 июля 2014 г. № 793. С 2009 года представлен в Научной Электронной Библиотеке [eLIBRARY.RU](http://elibrary.ru) и включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Входит в международный каталог Ulrich's International Periodicals Directory. Подписной индекс 66000 в каталоге агентства "РОСПЕЧАТЬ". Редакционная коллегия осуществляет экспертную оценку, рецензирование и проверку статей на плагиат.

Исполнительный редактор канд. техн. наук, доц. М. Ю. Архипенко

Подписано в печать 26.12.2016 г. Дата выхода в свет 26.12.2016. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Arial

Печать оперативная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. _____. Тираж 500 экз. Заказ _____

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии ИПЦ ФГБОУ ВО СибАДИ 644080, г. Омск, пр. Мира, 5

Печать статей произведена с оригиналов, подготовленных авторами

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

С.В. Баглайчук, В.А. Нехаев, В.А. Николаев Метод расчёта конструктивных параметров виброзащитного устройства транспортных средств специального назначения	7
Ю.А. Бурьян, В.Н. Сорокин, Н.В. Захаренков, А.Ф. Зелов Стенд для исследования комбинированной системы виброзащиты оператора транспортно-технологических машин	13
Е.В. Шендалева Прогнозирование технического состояния топливотрегулирующей аппаратуры газотурбинных двигателей в процессе длительных испытаний	19

РАЗДЕЛ II ТРАНСПОРТ

В.Р. Ведрученко, В.В. Крайнов, Е.С. Лазарев, П.В. Литвинов Исследование рабочего процесса дизельного двигателя при использовании альтернативных видов топлива	29
В.А. Городокин, З.В. Альметова, В.Д. Шепелев Экспертная оценка термина "Перекресток"	38
М. Ю. Манзин Методика оценки информационной напряженности работы водителя гусеничной машины	46

РАЗДЕЛ III СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Ю.Р. Горелова Пространство как ключевая категория архитектурной теории	54
О.В. Демиденко, Н.Е. Алексеев Планирование объема поставок материальных ресурсов в строительстве	61
Ю.В. Краснощёков Автомобильные дороги как системы	67
А.А. Лунёв, В.В. Сиротюк, Н.И. Барац Экспериментальные исследования прочностных характеристик золошлаковой смеси	72
Н.В. Павленко, П.П. Пастушков, А.Н. Хархардин, Е.В. Войтович Исследование взаимосвязи структурных и тепловлажностных характеристик на примере пенобетона на основе наноструктурированного вяжущего	80
В.А. Уткин, Г.М. Кадисов Обоснование применения многослойной древесоплиты в плитных пролетных строениях из клееной древесины	86

**РАЗДЕЛ IV
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

О.Т. Данилова, З.В. Семенова, И.Р. Сафиюлин, С.А. Любич Разработка программного обеспечения автоматизированной системы для проведения аудита информационной безопасности	96
В.В. Савинкин, В.Н. Кузнецова Реализация экспериментальных исследований энергоэффективности одноковшового экскаватора через интеграцию вспомогательных виртуальных комплексов	101

**РАЗДЕЛ V
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

В.В. Бирюкова Методология и инструменты комплексной оценки эффективности нефтяной компании на основе модели сбалансированного развития	108
И.В. Буренина, Г.Т. Сиргалина Выявление и оценка влияния факторов на производственную стратегию газодобывающего предприятия	117
О.М. Куликова Основные направления совершенствования управления в сфере услугроссийской федерации	122
О.Ю. Патласов, Е.К. Жаров Формирование креативного класса в условиях новой экономической реальности	128
Е.А. Штеле, М.А. Гусева, Л.А. Руди Методика оценки эффективности инвестиционных проектов с учетом рисков	135

CONTENTS

PART I TRANSPORT, MINING AND MECHANICAL ENGINEERING

S.V. Baglaychuk, V.A. Nehaev, V.A. Nikolaev Method calculation constructive parameter vibration of the protector of the transport facilities of the special purpose	7
Yu. A. Buriyan, V. N. Sorokin, N. V. Zaharenkov, A. F. Zelov Experimental complex for research of vibration protection combined system of transportation and technological machines operator	13
Elena V. Shendaleva Extreme forecasting for universal control fuel pump and gas turbine engine in service obtaining for a long time trials	19

PART II TRANSPORT

V. R. Vedruchenko, V. V. Krainov, E. S. Lazarev, P. V. Litvinov A diesel engine operation by using alternative fuels	29
V.A. Gorodokin, Z.B. Almetova, V. D. Shepelev Expert assessment of the term "crossroad" and the definition of its boundaries	38
M. Yu. Manzin Estimation methods of information intensity of the tracklaying vehicle driver's work	46

PART III CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Y.R. Gorelova Space as a key category of architectural theory	54
O.V. Demidenko, N.E. Alekseev Planning volume supply material resources in construction	61
Yu.V. Krasnoshchekov Roads as a system	67
A.A. Lunev, V.V. Sirtyuk, N.I. Barac Experimental research of the strength characteristic of ash and slag mixtures	72
N.V. Pavlenko, P.P. Pastushkov, A.N. Kharkhar-din, E.V. Voitovich Study of relationship of structural and steam curing characteristics in nanostructured binder based foam concrete	80
V.A. Utkin, G.M. Kadisov Glued multilayer slab spans in the deck structure of timber bridges	86

**PART IV
COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT**

O.T. Danilova, Z.V.Semenova, I.R. Safiulin, S.A. Ljubich Software development for an automated system for carrying out information security audit	96
V.V. Savinkin, V.N. Kuznetsova Implementation of experimental research energy shovel through the integration of virtual complexes subsidiary	101

**PART V
ECONOMICS**

V.V. Biryukova The methodology and tools neftyanoy complex estimation of efficiency of the company on the basis of balanced development model	108
I.V. Burenina, G.T. Sirgalina Identification and evaluation of the influence factors on production strategy gas enterprises	117
O.M. Kulikova Key strategies for improving management of services of the russian federation	122
O. Yu. Patlasov Forming of the creative class in the conditions of new economic reality	128
E.A. Shtele, M.A. Guseva, L.A. Rudi Assessment method of investment projects efficiency in view of the risks	135

РАЗДЕЛ I

**ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

УДК 623.438.3

**МЕТОД РАСЧЁТА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ВИБРОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

С.В. Баглайчук, В.А. Нехаев, В.А. Николаев
Омский государственный университет путей сообщения, Россия, г. Омск

Аннотация: *Изложены основы расчёта значений конструктивных параметров виброзащитного устройства. Создан метод расчета значений конструктивных параметров виброзащитного устройства с учетом накладываемых на них функциональных ограничений квазиинвариантных с точностью ε систем подвешивания механических и других объектов. Из-за меньшего числа переменных нам удалось заменить целевую функцию требованием равенства модулей сил, развиваемых в основной пружине и в корректоре жёсткости.*

Ключевые слова: *виброзащитное устройство, человек-оператор, виброзащитный ход, основной упругий элемент.*

Введение

Защиту экипажа от отрицательного действия механических колебаний обеспечивает подвеска ходовой части транспортных средств специального назначения (ТССН). Большинство динамических воздействий в ТССН воспринимается операторами через сиденья, поэтому важна индивидуальная защита каждого члена экипажа с помощью систем вторичного поддрессоривания с определенными упругими и демпфирующими характеристиками. Это обуславливает необходимость выбора оптимальных значений конструктивных параметров виброзащитного устройства.

Метод расчёта значений конструктивных параметров виброзащитного устройства

На рис. 1 показана скелетная схема предлагаемого виброзащитного устройства, состоящая из торсионных валов, передаточных рычагов и подвижного узла, имеющего форму цилиндра и соединённого с подвижным основанием, например, кресла человека-оператора.

Здесь нужно заметить, что школа учёных-механиков Иркутского государственного университета путей сообщения, возглавляемая доктором технических наук, профессором Сергеем Викторовичем Елисеевым, в конце

прошлого года (2015 г.) предложила некоторое механическое устройство, состоящее из рычагов и подвижных масс, которое тоже можно настроить так, чтобы образовалась динамическая квазиулевая жёсткость в определённой области [1].

Проектируя подвижный узел, необходимо удовлетворить следующим условиям: - нечетная симметрия его силовой характеристики; - поверхность катания обязана быть гладкой, чтобы не затруднялся переход системы из одного положения равновесия в другое; - не допустимы резкие изломы поверхности катания. Другими словами, должны существовать первая и вторая производная от кривой, описывающей форму подвижного узла [6 – 8]. Следовательно, в качестве подвижного узла можно взять цилиндр любой высоты. Ибо этот параметр не имеет принципиального значения для теоретических исследований, но важен с практической точки зрения, чтобы поперечный удар по креслу не выбивал подшипники катания, которыми оборудуются нижние концы передаточных рычагов, с поверхности катания.

Расчётная схема виброзащитного устройства, использующего принцип «перескока» для компенсации внешнего возмущения, представлена на рис. 2.

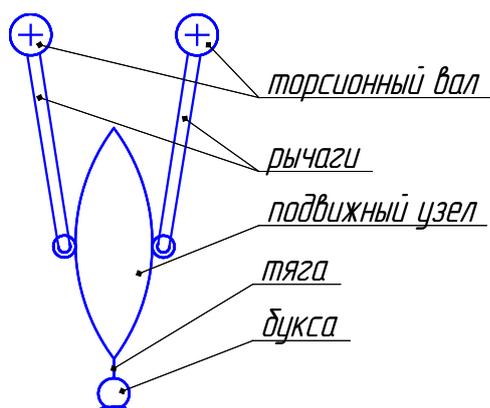


Рис. 1. Скелетная схема предлагаемого виброзащитного устройства

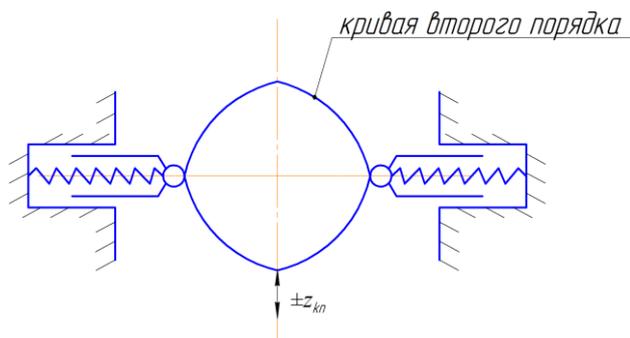


Рис. 2. Расчётная схема виброзащитного устройства, основанного на принципе «перескока»

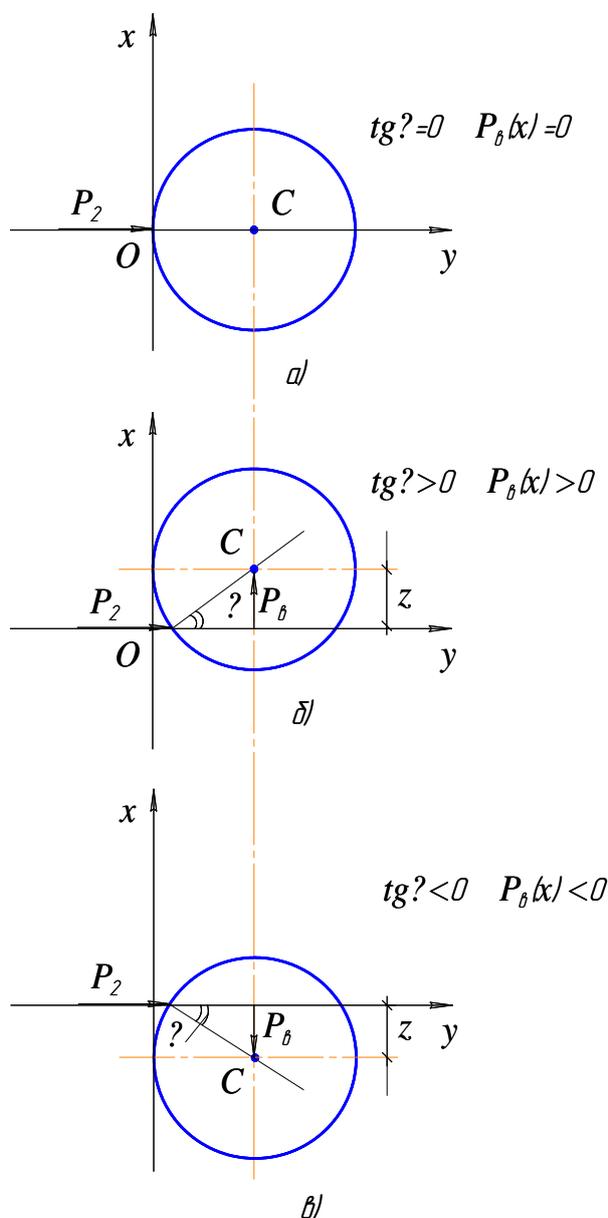


Рис. 3. Силовые схемы для вывода P_b

Итак, примем, что форма подвижного узла виброзащитного устройства – поверхность цилиндра, которая представляется следующим уравнением:

$$f(x, y) = R^2 - x^2 - y^2 = 0, \quad (1)$$

Здесь удовлетворяются такие требования:

$$\begin{cases} x(y) = 0; \\ \frac{dy}{dx} = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Доказано [2 – 5], что устройство данного типа будет выполнять свои функции, если оно обладает максимальной потенциальной энергией в положении статического равновесия. По мере перемещения подвижного узла виброзащитного устройства вверх или вниз, возникает горизонтальная сила, определяемая выражением

$$P_z(x) = 2c_k [\Delta - y(x)], \quad (3)$$

здесь Δ – начальное поджатие упругих элементов; c_k – жёсткость торсионных валов;

$y(x)$ – горизонтальное перемещение подвижного узла виброзащитного устройства.

Далее необходимо найти закон изменения вертикальной силы виброзащитного устройства, действующей навстречу силе, возникающей в линейной пружине подвешивания кресла человека–оператора. Для этого обратимся к рис. 3, на котором показаны положение статического равновесия кресла рис. 3, а, движение подвижного узла вверх рис. 3, б и вниз рис. 3, в.

Из рассмотрения силовых треугольников имеем

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{P_g}{P_z};$$

или

$$P_g(x) = P_z(x) \operatorname{tg} \varphi = 2c_k [\Delta - y(x)] \operatorname{tg} \varphi. \quad (4)$$

Известно, что $\operatorname{tg} \varphi = dy/dx = x/R$. Учитывая данное соотношение, а также то, что $y(x) = \sqrt{R^2 - x^2}$, нетрудно получить окончательное выражение для вертикальной силы проектируемого виброзащитного устройства, основанного на так называемом принципе «перескока»:

$$P_g(x) = -2c_k \left(\Delta - \sqrt{R^2 - x^2} \right) \frac{x}{R}. \quad (5)$$

Таким образом, вертикальная сила виброзащитного устройства зависит от трёх параметров: c_k – жёсткость дополнительного упругого элемента, приведённая к концу передающих рычагов, Δ – начальное поджатие дополнительных упругих элементов, R – радиус подвижного узла. Знак минус в формуле (5) указывает на то, что компенсирующая сила направлена навстречу динамической реакции основного упругого элемента. Значения этих конструктивных параметров выбираются из условия жёсткости основного упругого элемента и необходимого защитного хода устройства.

Вычислим производную от P_g по перемещению x :

$$\frac{dP_g}{dx} = -2c_k \left[\frac{d}{dx} \left(\Delta - \sqrt{R^2 - x^2} \right) \frac{x}{R} + \left(\Delta - \sqrt{R^2 - x^2} \right) \frac{d}{dx} \left(\frac{x}{R} \right) \right] = 0;$$

После несложных преобразований, получим величину защитного хода устройства

$$x = D = R\alpha\sqrt{1 - \alpha^2}, \quad (6)$$

где $\alpha = R/\Delta$.

Отсюда следует, что для того, чтобы защитный ход был положительной величиной (это физически необходимо), величина, α должна быть меньше единицы. Следовательно, максимальная вертикальная компенсирующая сила:

$$P_{g \max} = 2c_k \left[\Delta - R\sqrt{1 - \alpha^2} (1 - \alpha^2) \right] \alpha\sqrt{1 - \alpha^2}. \quad (7)$$

Разумеется, желательно иметь большой виброзащитный ход, который, как видно, зависит от радиуса подвижного узла R и коэффициента α . Полагая, что величина R выбрана из габаритных соображений, найдём величину α из условия экстремума:

$$\frac{dD}{d\alpha} = 0; \quad (8)$$

или

$$\begin{cases} \sqrt{1 - \alpha^2} - \frac{1}{2} \frac{2\alpha^2}{\sqrt{1 - \alpha^2}} = 0; \\ 1 - \alpha^2 - \alpha^2 = 0; \\ 2\alpha^2 = 1; \\ \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,707. \end{cases} \quad (9)$$

Тогда формула для защитного хода примет вид

$$D = 0,5R. \quad (10)$$

На факт определения максимального значения защитного хода виброзащитного устройства, основанного на принципе «перескока», указывает рис. 4.

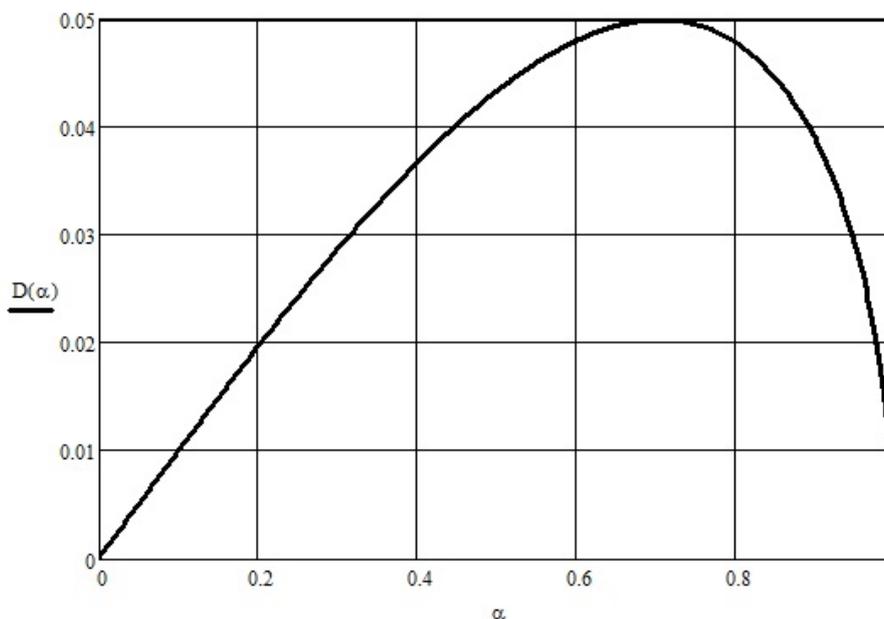


Рис. 4. Поведение функции $f(\alpha)=\alpha(1-\alpha^2)^{1/2}$

С учётом вышеизложенного, перепишем выражение (7) в виде

$$P_{\text{в max}} = c_{\kappa} (\Delta - 0,866R). \quad (11)$$

Ещё одно ограничение на значения отыскиваемых параметров получим из условия, что выражение (5) должно выражаться в вещественных величинах, т.е.:

$$R \geq x. \quad (12)$$

Пусть c – жёсткость основного упругого элемента системы подвешивания кресла человека–оператора. Тогда из требования равенства силы, развиваемой на защитном ходе виброзащитного устройства, и максимальной силы этого устройства, найдем уравнение для определения жёсткости устройства:

$$cD = c_{\kappa} (\Delta - 0,866R). \quad (13)$$

Откуда

$$c_{\kappa} = \frac{c}{2 \left[\frac{1}{\alpha} - \sqrt{1 - \alpha^2 (1 - \alpha^2)} \right]}. \quad (14)$$

Для выполнения расчётов была написана программа в математическом пакете Mathcad

Если принять оптимальное, с точки зрения максимального виброзащитного хода, значение $\alpha = 0,707$, то упругое поджатие торсионных валов равно $\Delta = 0,141$ м., защитный ход – $D = 0,05$ м., жёсткость виброзащитного устройства – $c_{\kappa} = 4451,258$ Н/м; усилие в основной пружине при перемещении на защитный ход составляет 25 кг. При выполнении численных расчётов принимались значения: вес человека–оператора 75 кг, жёсткость основного упругого элемента подвешивания кресла 4900 Н/м. Таким образом, статический прогиб стандартной системы подвешивания кресла был равен 0,15 м.

Как следует из рис. 5, при перемещении сидения кресла человека–оператора на 0,031 м на защищаемый объект передаётся сила, равная 2,3943 кг, а при отсутствии виброзащитного устройства она была бы такой 15,5 кг. Таким образом, виброзащитное устройство снизило воздействие на объект приблизительно в 7 раз. Видимо, требование полной компенсации усилия в основной пружине на защитном ходе устройства слишком жёсткое, ибо не участке перемещения сидения от 0,04 м до полного защитного хода $D=0,05$ м получаем «отрицательную» жёсткость. Если же компенсировать 75% от полного усилия в основном упругом элементе подвешивания кресла, то получим результат, показанный на рис. 6: здесь на перемещении объекта 0,044 м действующее на него усилие снижается приблизительно в 4 раза.

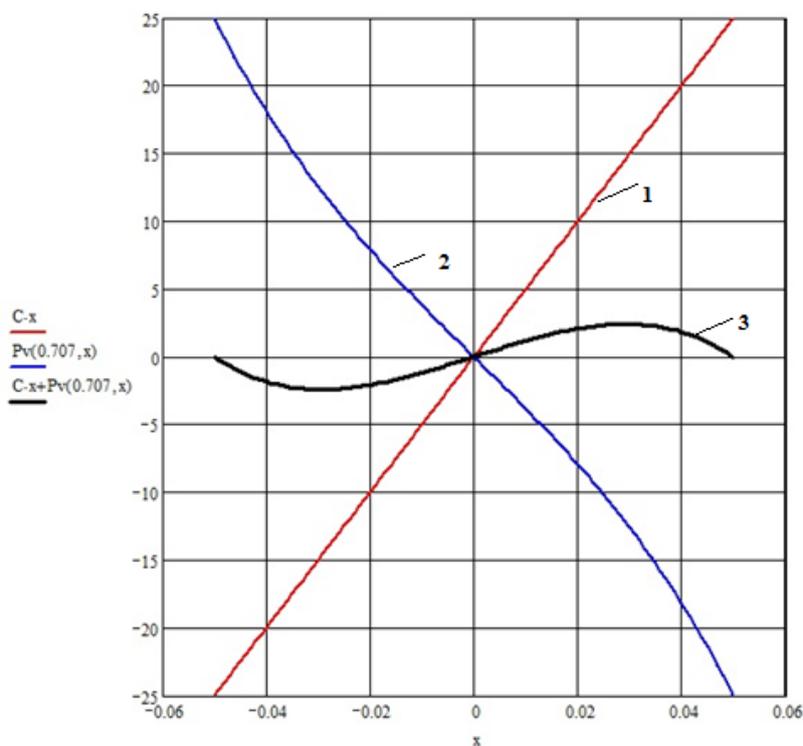
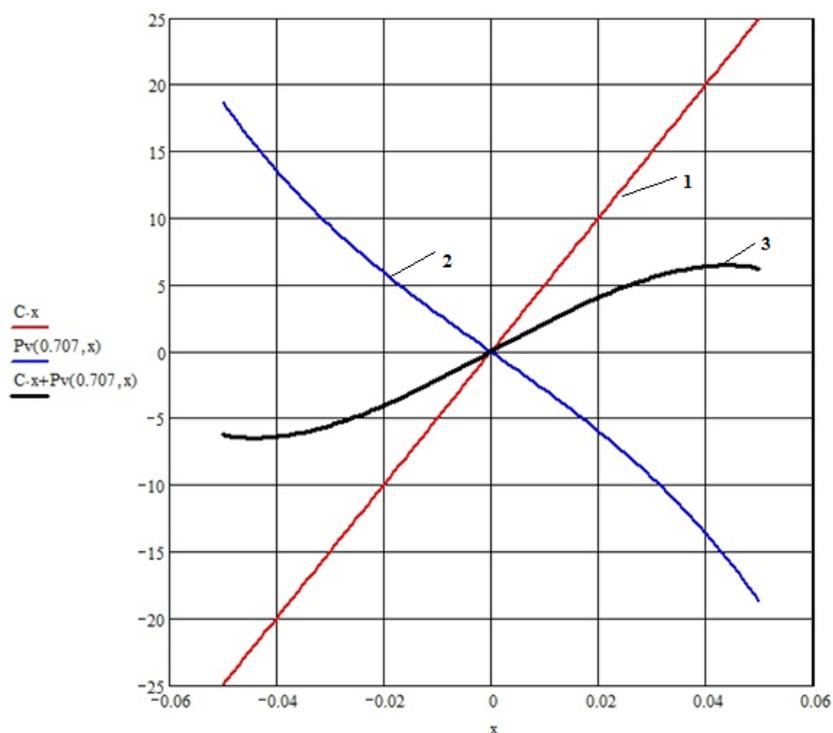


Рис. 5. Силовая характеристика виброзащитного устройства при $\alpha=0,707$ и $R=0,1$ м: кривая 1 – это усилие в основной пружине кресла человека–оператора; кривая 2 – это вертикальное усилие, развиваемое виброзащитным устройством; кривая 3 – это силовая характеристика подвешивания кресла, оборудованного виброзащитным устройством, использующим принцип «перескока»

Рис. 6. Силовая характеристика виброзащитного устройства при $\alpha=0,707$ и $R=0,1$ м и компенсации 75% основного усилия на полном виброзащитном ходе: кривая 1 – это усилие в основной пружине кресла человека–оператора; кривая 2 – это вертикальное усилие, развиваемое виброзащитным устройством; кривая 3 – это силовая характеристика подвешивания кресла, оборудованного виброзащитным устройством, использующим принцип «перескока»



В этом случае имеем жёсткость виброзащитного устройства равную $c_k=3338,468 \text{ Н/м}$ при оптимальном значении $\alpha=0,707$ и $R=0,1 \text{ м}$, а закручивание торсионных валов и радиус подвижного узла не изменяются.

Заключение

Таким образом, создана методика проектирования квазиинвариантных до ε систем подвешивания механических и других объектов ТССН. Следует отметить, что в [5] решение аналогичной задачи потребовало использования метода минимизации некоторой целевой функции, равной квадрату разности силы, развиваемой в основной пружине, и вертикальной силы виброзащитного устройства (среднеквадратический критерий) на полном виброзащитном ходе устройства, методом наискорейшего спуска. Здесь же, из-за меньшего числа переменных, целевая функция заменена требованием равенства модулей сил, развиваемых в основной пружине и в корректоре жёсткости.

Библиографический список

1. Елисеев, С.В. Теоретические основы динамических взаимодействий в колебательных системах с кинематическими парами поступательного типа / С.В. Елисеев, А.И. Артюнин, Е.В. Каимов // Известия Транссиба. – 2014. – № 3. – С. 7 – 17.
2. Современные методы проектирования систем автоматического управления / под ред. Б.Н. Петрова, В.В. Солодовникова и Ю.И. Топчеева. – М.: Машиностроение, 1967. – 704 с.
3. Петров, Б.Н. О реализуемости условий инвариантности // Теория инвариантности и её применение в автоматических системах: труды I Всесоюзного совещания по теории инвариантности, состоявшегося в Киеве 16 – 20 октября 1958 г. – М.: АН СССР, 1959. – С. 59 – 80.
4. Кухтенко, А.И. Проблема инвариантности в автоматике / А.И. Кухтенко. – Киев, Гостехиздат, 1963. – 376 с.
5. Бессекерский В.А. Теория автоматического регулирования / В.А. Бессекерский, Е.П. Попов. – М.: Наука, 1972. – 768 с.
6. Васильев, В.В. Конструкция многоцелевых гусеничных машин. Теория и движения и динамика многоцелевых гусеничных машин / В.В. Васильев, М.П. Поклад, О.А. Серяков – Омск, 2013. – 436 с.
7. Каудерер, Г. Нелинейная механика / Г. Каудерер. – М.: ИЛ, 1961. – 778 с.
8. Пановко, Я.Г. Устойчивость и колебания упругих систем / Я.Г. Пановко, И.И. Губанова. – М.: Наука, 1964. – 336 с.

METHOD CALCULATION CONSTRUCTIVE PARAMETER VIBRATION OF THE PROTECTOR OF THE TRANSPORT FACILITIES OF THE SPECIAL PURPOSE

S.V. Baglaychuk, V.A. Nehaev, V.A. Nikolaev

The Abstract: The Stated bases calculation importances constructive parameter vibration of the protector. Method of the calculation of importances constructive parameter vibration of the protector is Created with provision for superimposed on them functional restrictions of the quasi invariant systems with accuracy under weight mechanical and other object. Because of smaller number variable us to manage to change the target function by requirement equality modules of power, developed in the main spring and in patch acerbity.

The Keywords: vibraprotection device, person-operator, vibraprotection move, the main springy element.

References

1. Eliseev S.V., Artyunin A.I., Kaimov E.V. The Theoretical bases dynamic interaction in oscillatory system with kinematics vapour(pair) of the onward type / notify Transsiba, 2014, 3, p. 7 - 17.
2. The Modern methods of the system designing the autocontrol / under . B.N. Petrova, V.V. Solodovnikova and YU.I. Topcheeva. - M. Machine building, 1967. - 704 p.
3. Petrov B.N. About realize conditions invariantnosti. - In kn.: Theory to invariance and her(its) using in automatic system / Works I All-union counsel on theories of invariance, taken place in Kiev 16 - an October 20 1958. - M.: AN USSR, 1959, p. 59 - 80.
4. Kuhtenko A.I. Problem to invariance in avtomatike. - a Kiev, Gostehizdat, 1963. - 376 p.
5. Bessekerskiy V.A., Popov E.P. Theory automatic regulirovaniya. - M.: Science, 1972. - 768 p.
6. Vasiliev, V.V. The Design of the multi-objective caterpillar machines. The Theory and motion and track record of the multi-objective caterpillar machines / V.V. Vasiliev, M.P. Poklad, O.A. Seryakov - Omsk, 2013. – 436 p.
7. Kauderer G. Nonlinear mechanics. - M.: SILT, 1961. – 778 p.
8. Panovko Y.G., Gubanova I.I. Stability and fluctuations springy sistem. - M.: Science, 1964. – 336 p.

Баглайчук Сергей Владимирович – аспирант Омского государственного университета путей сообщения, начальник учебной лаборатории кафедры (боевых гусеничных, колесных машин и военных автомобилей) Омского автобронетанкового инженерного института. Основные направления научной деятельности: защита человека-оператора и транспортно-технологических машин многоцелевого назначения от внешних возмущений. Общее количество работ: 16. memfis00@rambler.ru.

Нехаев Виктор Алексеевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теоретической механики, Омского государственного университета путей сообщения. Основные направления научной деятельности: динамика транспортных экипажей и транспортных систем, виброзащита. Общее количество работ: 381. NehaevVA@rambler.ru .

Николаев Виктор Александрович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры теоретической механики, Омского государственного университета путей сообщения. Основные направления научной деятельности: динамика

транспортных экипажей и транспортных систем, виброзащита. *Общее количество работ: 386 . Nikolaev1949@rambler.ru .*

УДК 629.3.018.2

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВИБРОЗАЩИТЫ ОПЕРАТОРА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Ю.А. Бурьян¹, В.Н. Сорокин¹, Н.В. Захаренков¹, А.Ф. Зелов²

¹Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия;

²Научно-производственное объединение «Прогресс», г. Омск, Россия

Аннотация. *Статья посвящена разработке структуры и описанию технических решений, использованных при создании стенда для исследования динамики комбинированной системы виброзащиты операторов транспортно-технологических машин, используемых в строительстве. В качестве силовых элементов пассивной и активной систем виброзащиты предлагается использовать резинокордные оболочки. Структура стенда должна позволить оценить вклад как пассивной, так и активной системы виброзащиты в общий процесс подавления колебаний.*

Ключевые слова: виброзащита, резинокордная оболочка, электрогидравлический привод, золотниковый распределитель.

Введение

Виброзащита операторов землеройно-транспортных и других машин, используемых в строительстве и содержании дорог, имеет исключительно важное значение [1]. Кроме того, в настоящее время существенно возросла необходимость в защите от вибраций (микроускорений) научной аппаратуры на космических аппаратах, самолетах и других транспортных средствах.

Для защиты операторов машин, а также технических и биологических объектов от вибрационного возбуждения в области низких частот в настоящее время разработано огромное количество виброзащитных систем (ВЗС), основанных на использовании широкого спектра амортизаторов [2]. Такие ВЗС получили название пассивных. Однако их применение во многих случаях оказывается малоэффективным, например, в инфранизком частотном диапазоне, а также при защите объектов от меняющихся во времени вибрационных спектров.

Для решения задачи снижения низкочастотных вибраций, наиболее опасных для здоровья оператора, находят все большее применение активные виброзащитные устройства.

В системах активной виброзащиты (САВ) формируются воздействия, приложенные не-

посредственно к изолируемому объекту наряду с вынуждающими силами с целью их компенсации. В САВ энергия внешнего источника непосредственно входит в энергетический баланс. Практически всегда активная виброзащита – результат совокупного действия активных и пассивных элементов.

Разработке одного из вариантов построения комбинированной системы виброзащиты с использованием резинокордных оболочек посвящена настоящая работа.

Основная часть (постановка задачи)

В настоящее время широкое распространение получили резинокордные оболочки (РКО) используемые в качестве упругих элементов. Эти устройства обладают высокой грузоподъемностью и надежностью, их номенклатура насчитывает десятки наименований. Возможно также использование РКО в качестве исполнительных механизмов активных виброзащитных систем [3]. Они с успехом заменяют пневмоцилиндры при ограниченном ходе поршня.

К недостаткам РКО в качестве исполнительных устройств активных виброзащитных систем следует отнести одностороннюю направленность действия этих устройств. При подаче давления газа они могут создавать усилие только в одном направлении. Обрат-

ный ход, при снятии давления, осуществляется либо под действием собственного веса оператора либо виброзащищаемого оборудования, либо под действием дополнительного упругого элемента.

Однако возможно применение РКО и для создания обратного хода при использовании реверсора, аналогичного тому, который устанавливаются на разрывных машинах для сжатия образцов.

Компоновка стенда, имитирующего плоскую модель объекта с комбинированной системой виброзащиты, состоящей из пассивной и установленной параллельно ей активной систем представлена на рис. 1. На станине 10 закреплены, с возможностью поворота, верхняя 1 и нижняя 2 балки. На балке 2 установ-

лена РКО пассивной системы виброзащиты 5. Верхняя РКО активной системы виброзащиты 6, взаимодействует с верхней балкой, имитирующей виброзащищаемую платформу (кресло оператора), перемещая балку вверх относительно нижнего основания РКО. Нижняя РКО активной системы виброзащиты 7, установленная на реверсоре 4 опираясь в нижнюю балку, перемещает верхнюю балку, при подаче давления в РКО, вниз. Давление газа подается в полости РКО активной системы через золотниковый распределитель от питающей магистрали. Давление в РКО 5 пассивной системы устанавливается в зависимости от веса оператора (груза 8) и в процессе работы не изменяется.

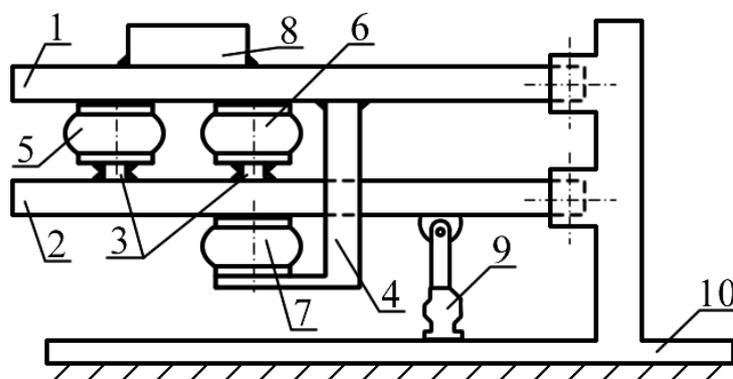


Рис. 1. Компоновка стенда:

- 1 – верхняя балка, имитирующая виброзащищаемую платформу;
- 2 – нижняя балка, имитирующая стол; 3 – кронштейн; 4 – реверсор;
- 5 – РКО пассивной системы виброзащиты;
- 6, 7 – верхняя и нижняя РКО активной системы виброзащиты; 8 – грузы;
- 9 – силовой гидроцилиндр; 10 – станина

Для исследования характера движения элементов стенда разработан экспериментальный измерительный комплекс, который включает в себя три системы: систему возбуждения колебаний, комбинированную систему виброзащиты и информационно-измерительную систему.

Экспериментальный комплекс представляет собой блочную структуру, показанную на рис. 2, в которой отдельные блоки могут быть расширены, заменены или модифицированы при необходимости изменения условий поставленной задачи.

Система возбуждения колебаний позволяет имитировать, как гармонические воздействия, так и неустановившиеся колебания, т.е. единичные или воздействия от неровностей дорожного полотна.

Система возбуждения колебаний включает в себя программное обеспечение ZETLAB,

установленное в ЭВМ для модуля АЦП/ЦАП ZET230, электронную схему управления золотником гидроцилиндра, силовой гидроцилиндр (использована рулевая машинка КАУ-30Б вертолета МИ-8) и насосную станцию.

Комбинированная система виброзащиты представляет собой устройство подавления колебаний верхней балки, в результате совместного действия пассивной и активной составляющих.

Информационно-измерительная система включает в себя: управляющий вычислительный комплекс (УВК) и измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) [4].

Общим инструментом для выполнения всех операций является ИВК, который выполняет прямые, косвенные, совместные и совокупные измерения электрических величин, управляет процессом их измерения, вы-

дает результаты измерений оператору в заданном виде.

УВК формирует управляющие воздействия на объект управления путем изменения давления воздуха в полостях РКО активной

системы. Этот процесс осуществляется при помощи золотникового распределителя, управляемого электрогидравлической системой.

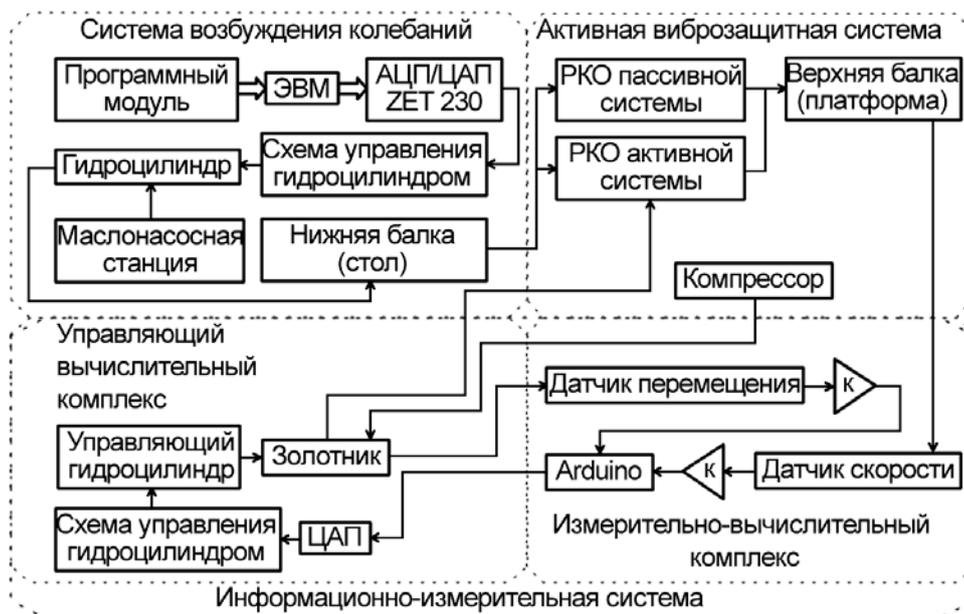


Рис. 2. Структура экспериментального комплекса

Комбинированная виброзащитная система с управлением по сигналам скорости перемещения верхней балки изображенная на рис. 3 работает следующим образом: при помощи программного модуля оператор задает параметры колебаний нижней балки. Под действием штока силового гидроцилиндра 9 нижняя балка 2 через РКО пассивной виброзащитной системы 5, частично подавляя их, передает вынужденные колебания верхней балке 1. Сигнал с датчика угловых скоростей 13, установленного на верхней балке поступает через согласующий усилитель 11 на вход микроконтроллера 12. В зависимости от величины сигнала датчика шток силового гидроцилиндра начинает перемещаться на величину, соответствующую управляющему сигналу с микроконтроллера. Управляющий сигнал корректируется в соответствии с положением штока гидроцилиндра (положением золотника пневмораспределителя). Для этого в микроконтроллер подается информация с датчика перемещения штока гидроцилиндра. Сигнал с микроконтроллера дополнительно усиливается на величину коэффициента уси-

ления согласующего усилителя 11. При этом шток через механический рычаг, перемещает золотник распределителя обеспечивая подачу воздуха в одну из РКО активной системы, а из другой РКО выпускает его в атмосферу.

В конструкции стенда силовая реализация сигналов системы управления реализована электрогидравлическими преобразователями – комбинированными агрегатами управления КАУ-30Б вертолета МИ-8 [5]. Эти агрегаты способны работать в ручном и комбинированном режиме. В комбинированном режиме они работают совместно с автопилотом и ручным управлением. При использовании их в составе стенда режим ручного управления заблокирован, а управление осуществляется электрическими сигналами, аналогичными управляющим сигналам автопилота. Сигналы управления подаются на поляризованное реле, которое преобразует их в поступательное движение золотника. При этом рабочая жидкость подается в соответствующую полость гидроцилиндра и на слив.

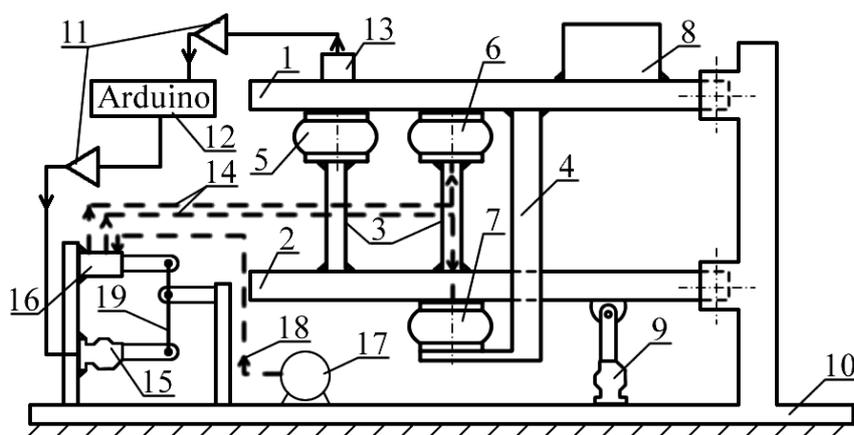


Рис. 3. Компоновка экспериментального комплекса с САУ по скорости:
 1 – верхняя балка, имитирующая виброзащищаемую платформу;
 2 – нижняя балка, имитирующая стол; 3 – кронштейн; 4 – реверсор;
 5 – РКО пассивной системы виброзащиты;
 6, 7 – верхняя и нижняя РКО активной системы виброзащиты;
 8 – грузы; 9, 15 – силовой гидроцилиндр; 10 – станина;
 11 – согласующие усилители; 12 – микроконтроллер; 13 – датчик угловой скорости;
 14 – подача воздуха в РКО; 16 – распределительный золотник;
 17 – система компрессор-ресервер; 18 – воздухопроводная магистраль; 19 – рычаг

Оба агрегата КАУ-30Б, установленные на стенде запитаны от насосной станции вертолета МИ-8. Максимальный ход штока составляет 6 мм.

Гидравлическая система вертолета МИ-8 представляет сложную конструкцию, состоящую из основной и дублирующей систем [6]. При создании экспериментального комплекса использовалась только основная система. Дублирующая система, обеспечивающая питание комбинированных усилителей при выходе из строя основной системы была отключена.

Особенность работы гидросистемы вертолета МИ-8 заключается в том, что давление в системе не является постоянным. Оно доводится до максимального значения 6,5 МПа, заряжаются пневмо-гидроаккумуляторы и насос переключается на прокачку рабочей жидкости на слив. Таким образом, осуществляется его разгрузка. Питание системы осуществляется за счет энергии пневмо-гидроаккумуляторов. Когда давление в гидросистеме снижается до 4,5 МПа насос снова включается на подачу рабочей жидкости в гидросистему. Управление этим процессом осуществляет автомат ГА77В разгрузки насоса установленный в гидросистеме.

Для поддержания постоянного давления в гидросистеме было принято решение снизить давление срабатывания предохранительного клапана до 5 МПа. Это позволяет сбрасывать часть рабочей жидкости на слив, а регулятор работает в штатном режиме, ведь давление в

гидросистеме еще не достигло верхнего предельного значения. Таким образом, в гидросистеме установлено постоянное давления 5 МПа.

Золотник в системе распределения потоков подачи газа в РКО играет ключевую роль.

Для систем управления данного типа целесообразно использовать золотниковые распределители с отрицательным осевым перекрытием, у которых ширина проточки больше ширины поясков. При нейтральном положении их напорная пневмолиния соединена со сливом и с обеими полостями пневмораспределителя. При этом газ через зазоры непрерывно поступает на слив, а в обеих полостях пневмодвигателя устанавливается одинаковое давление. В пневмораспределителях с таким золотником зона нечувствительности сводится к минимуму, но из-за слива газа часть мощности теряется.

В качестве золотникового распределителя для подачи газа в полости РКО активной системы виброзащиты на стенде использован клапан управления гидроусилителя рулевого управления автомобиля ГАЗ-4301 [7], который имеет золотник с отрицательным осевым перекрытием.

Золотник клапана, по рис. 4 может перемещаться относительно корпуса 3 на 1,5 мм в обе стороны от среднего положения. Полости А и Г корпуса 3 соединены с РКО активной системы виброзащиты, полость Б – с компрессором, полость В – с атмосферой. При нейтральном положении золотника рабочее тело от компрессора поступает в полость Б,

затем через зазоры между золотником 1 и корпусом в полости А и Г, и, наконец, в полость В, откуда уходит в атмосферу. При этом давление в полостях А и Г корпуса клапана и в обеих РКО одинаково.

При перемещении золотника в пределах 1,5 мм в ту или другую сторону от среднего

положения нагнетательная и сливная магистрали разобщаются, а рабочее тело из клапана управления (рис. 4, в, г) под давлением поступает в одну из РКО (например, верхнюю). Из другой РКО (нижней) рабочее тело выдавливается в атмосферу.

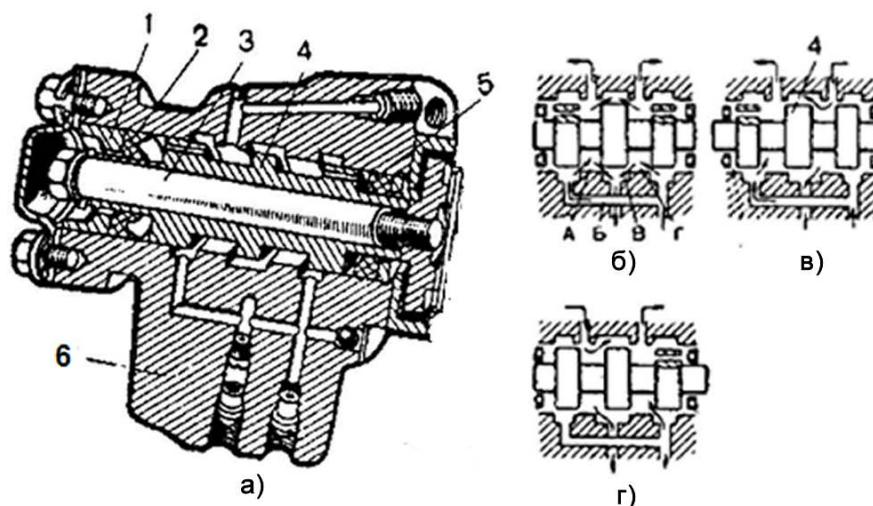


Рис. 4. Клапан управления гидроусилителя рулевого управления автомобиля ГАЗ-66:
а – продольный разрез; б-г – схемы работы золотникового устройства:
б – нейтральное положение, в – поворот налево, г – поворот направо;
1- шайба, 2, 5 – сальники; 3 – центральный болт; 4 – золотник; 6 – корпус клапана

Для согласования хода штока КАУ-30Б и клапана управления ГАЗ-66, имеющих раз-

личные значения, на стенде изготовлена рычажная система, которая показана на рис. 5.

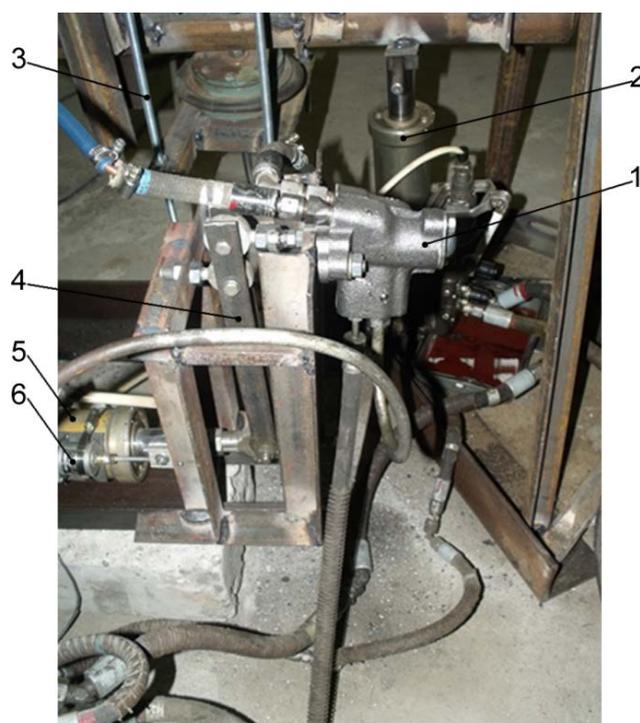


Рис. 5. Рычажная система привода клапана управления. 1 – клапан управления; 2 – гидроцилиндр системы возбуждения колебаний; 3 – тяги реверсора; 4 – рычаг; 5 – гидроцилиндр активной системы; 6 – датчик положения золотника клапана управления

Разработанная комбинированная система виброзащиты [8] представляет собой экспериментальный комплекс, позволяющий проводить испытания ВЗС.

Заключение

Таким образом, сконструирован и построен экспериментальный комплекс, имеющий кинематическое возбуждение с заданными параметрами колебаний нижней балки, а также комбинированная виброзащитная система колебаний верхней балки, имитирующей кресло оператора (виброзащищаемую платформу).

После окончания работ по отладке экспериментального комплекса повторяемость результатов контрольных параметров составляет 96÷98%.

Библиографический список

1. Громовик, А.И. К вопросу об оценке виброзащиты кабины автогрейдера / А.И. Громовик, М.Г. Назаренко, С.И. Бондарев // Гидропривод и системы управления строительных, тяговых и дорожных машин : межвуз. сб. – Омск, 1980. – С. 165-169.
2. Громовик, А.И. Динамический гаситель поддресоренной кабины автогрейдера / А.И. Громовик, Г.М. Кадисов // Тр. СибАДИ. – Вып. 3. – Ч.2. – Омск: СибАДИ. – 2000. – С.128-131.
3. Зелов, А.Ф. Математическая модель комбинированной системы виброзащиты с использованием РКО / А.Ф. Зелов, Ю.А. Бурьян, В.Н. Сорокин // II международная научно-практическая конференция «Достижения и проблемы современной науки» (03 ноября 2015г.), 3 часть г. Санкт-Петербург // Globus. – 2015. – С. 105-109.
4. Захаренков, Н.В. Динамика активной системы демпфирования продольно-угловых колебаний транспортных машин / Н.В. Захаренков // Технология колесных и гусеничных машин = Technology of wheeled and tracked machines. – 2015. – № 4(20). – С. 14-20.
5. Вертолет Ми-8. Техническое описание. Книга 2. Конструкция. – М. : Машиностроение. – 1970. – 192 с.
6. Данилов, В.А. Вертолет Ми-8: (Устройство и техническое обслуживание) / В.А. Данилов. – М. : Транспорт. – 1988. – 278 с.
7. Бутусов, А.М. ГАЗ-4301. Руководство по эксплуатации / А.М. Бутусов. – Н. Новгород : Типография АО "ГАЗ", 1995. – 233 с.
8. Пат. 159456 Российская Федерация, МПК G 01 M 17/04. Комбинированная виброзащитная система / Ю.А. Бурьян, В.Н. Сорокин, А.Ф. Зелов, А.Ю. Кондюрин; № 2015123195/05; заявл. 16.06.2015; опубл. 10.02.2016 Бюл. № 4.

EXPERIMENTAL COMPLEX FOR RESEARCH OF VIBRATION PROTECTION COMBINED SYSTEM OF TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL MACHINES OPERATOR

Yu. A. Buriyan¹, V. N. Sorokin¹, N. V. Zaharenkov¹,
A. F. Zelov²

Abstract. The article is devoted to the structure and description development of the technical solutions which used in the stand design for studying the dynamics of the transport and technological machines operator vibration protection combined system which used in building. As a load-bearing elements of passive and active vibration protection systems are encouraged to use rubber-cord casing. Stand structure should allow to evaluate the contribution of both passive and active vibration protection system in the general process of oscillations suppression.

Keywords: vibration protection, rubber-cord casing, electrohydraulic actuator, slide valve.

References

1. Gromovik A. I., Nazarenko M. G., Bondarev S.I. K voprosu ob otsenke vibrozashchity kabiny avtogreydera [To the question about estimation vibration protection of land grader cabin], Gidroprivod i sistemy upravleniya stroitel'nykh, tyagovykh i dorozhnykh mashin [Hydraulic actuators and control systems of building and transport machines], 1980, pp. 165-169.
2. Gromovik A. I., Kadisov G. M. Dinamicheskij gasitel podressorennoy kabiny avtogreydera [Dynamic damper of land grader suspended cabin]. Trudy SibADI [Proc. of the SibADI], 2000, V. 3, Chapter 2, pp. 128-131.
3. Buriyan Yu. A., Sorokin V.N., Zelov A.F. Matematicheskaya model kombinirovannoy sistemy vibrozashchity s ispolzovaniem RKO [Mathematical model of combined vibration system with RKO] II mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Dostizheniya i problemy sovremennoy nauki" [II International Research and Practice Conference «Achievements and Issues of Present Science»], 2015, Chapter.3, pp. 105-109.
4. Zaharenkov N. V. Dinamika aktivnoy sistemy dempfirovaniya prodolno-uglovykh kolebaniy transportnykh mashin [Dynamics of active damping system of transporting vehicles longitudinal oscillations]. Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin - Technology of wheeled and tracked machines, 2015, no 4, pp. 14-20.
5. Vertolet Mi-8. Tekhnicheskoe opisanie. Kniga 2. Konstruktsiya [Helicopter Mi-8. Datasheet. Book 2. Design]. Moscow, Mashinostroenie, 1970. 192 p.
6. Danilov V. A. Vertolet Mi-8 (Ustroystvo i tekhnicheskoe obsluzhivanie) [Helicopter Mi-8 (Construction and maintenances)]. Moscow, Transport, 1988. 278 p.
7. Butusov A. M. GAZ-4301. Rtukovodstvo po ekspluatatsii [GAZ-4301. Service manual]. Nizhny Novgorod. AO "GAZ" typography, 1995. 233 p.
8. Buriyan Yu. A., Sorokin V.N., Zelov A.F., Kondyurin A.Yu. Kombinirovannaya vibrozashchitnaya

sistema [Combined vibration protection system].
Patent RF, no 2015123195/05, 2016.

Бурьян Юрий Андреевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Основы теории механики и автоматического управления ФГБОУ ВО ОмГТУ (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: burian7@mail.ru).

Сорокин Владимир Николаевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Основы теории механики и автоматического управления ФГБОУ ВО ОмГТУ (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: sorokin.vn@mail.ru).

Захаренков Николай Владиленович (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры Машиноведение ФГБОУ ВО ОмГТУ (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: znickbar@mail.ru).

Зелов Александр Федорович (Омск, Россия) – научный сотрудник лаборатории 120 научно-производственное объединение «Прогресс»

(644018, г. Омск, ул. 5-я Кордная, 4, e-mail: aleks.zelov@gmail.com).

Yuriy A. Buriyan (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Fundamentals of the Theory of Mechanics and Automatic Control department, Omsk State Technical University (644050, Mira, 11 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: burian7@mail.ru).

Vladimir N. Sorokin (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Ass. Professor, Fundamentals of the Theory of Mechanics and Automatic Control department, Omsk State Technical University (644050, Mira, 11 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail sorokin.vn@mail.ru).

Nikolay V. Zakharenkov (Omsk, Russian Federation) – Ph. D in Technical Sciences, Science of Machines department, Omsk State Technical University (644050, Mira, 11 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail znickbar@mail.ru).

Aleksandr F. Zelov (Omsk, Russian Federation) – research engineer, NPP “Progress” (644018, 5th Kordnaya, 4, Omsk, Russian Federation, e-mail aleks.zelov@gmail.com).

УДК 621.45.018.2

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОПЛИВЕРЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Е.В. Шендалева

Омский государственный технический университет, Россия, г. Омск

Аннотация. В статье рассматривается проблема прогнозирования технического состояния топливотрегулирующей аппаратуры газотурбинных двигателей. Основное содержание исследования составляет анализ применимости метода экстремального прогнозирования для обеспечения гарантированного прогноза технического состояния топливотрегулирующей аппаратуры. Метод экстремального прогнозирования позволяет выполнить прогноз на основании результатов измерений, полученных в ходе длительных испытаний на полунатурном моделирующем стенде и последующих плановых испытаний. Прогноз выполняется без анализа статистического распределения результатов измерений. Результаты исследования могут быть использованы для прогнозирования состояния технических систем, состоящих из элементов различной физической природы.

Ключевые слова: топливотрегулирующая аппаратура, газотурбинный двигатель, полунатурный испытательный моделирующий стенд, прогнозирование технического состояния.

Введение

Газотурбинные технологии находят всё более широкое применение в различных отраслях промышленности – прежде всего в авиации, судостроении, на железнодорожном

транспорте, в топливно-энергетическом комплексе. Требования к надежности и эксплуатационным характеристикам газотурбинных двигателей непрерывно возрастают. В связи с этим актуальность исследования и освое-

ния новых эффективных технологий доводки и испытаний газотурбинных двигателей, его агрегатов и комплектующих, повышение точности регулирования статических и динамических характеристик не вызывает сомнения.

Испытания топливорегулирующей аппаратуры

Критерием достижения заданных технических характеристик согласованной работы газотурбинного двигателя (ГТД) и его топливорегулирующей аппаратуры (ТРА) могут служить результаты длительных испытаний ТРА, например, всережимных топливных регуляторов или дозаторов топлива, на полунатурном испытательном стенде. Данные испытания позволяют контролировать статические и динамические характеристики совместной работы ГТД и ТРА, тем самым, обеспечивая прогнозируемую безопасность эксплуатации ГТД и воздушных судов.

На рис. 1 представлена структурная схема полунатурного испытательного стенда для испытания всережимного топливного регулятора или дозатора топлива – гидромеханической части системы автоматического управления (ГМЧ САУ) [1]. Стенд содержит модель ГТД по контурам регулирования частоты вращения и давления за компрессором, реализованную программно, и преобразователи электрических сигналов с выхода модели ГТД в физические параметры, передаваемые в топливный регулятор. В соответствии с заданным режимом топливный регулятор дозирует топливо, сливаемое затем в закольцованную топливную систему. Сигнал измеренного расхода топлива передаётся в модель ГТД.

При полунатурных стендовых испытаниях топливных регуляторов (дозаторов топлива) совместно моделью ГТД в контуре обратной связи возникают вопросы его оптимального регулирования (отладки) в соответствии с заданными техническими условиями. Отладка топливного регулятора (дозатора топлива) осуществляется путём изменения положения регулировочных элементов (регулирующих винтов), установленных на его внешней поверхности, а также с помощью изменения параметрических характеристик электронной или электронно-гидравлической САУ ГТД. Фиксация положения регулировочных элементов выполняется контрящими элемента-

ми. Отладка топливного регулятора выполняется как вручную, так и в автоматическом режиме с использованием механизмов перемещения регулировочных и контрящих элементов. При этом в качестве последовательности выполняемых операций могут быть использованы типовые операции отладки, отладка на основе регрессионной модели, эталонной либо оптимизированной модели всережимного топливного регулятора (дозатора топлива) [2].

При этом использование сложного математического аппарата моделирования характеристик и идентификации реальных параметров часто не даёт удовлетворительного результата при последующей эксплуатации топливного регулятора (дозатора топлива), установленного на ГТД. Для гарантии обеспечения заданных параметров регулирования топливного регулятора (дозатора топлива) проводят длительные испытания, по результатам которых судят о надёжности и пригодности ТРА.

Одним из наиболее действенных способов обеспечения безаварийной эксплуатации ТРА ГТД является применение прогнозирующего контроля его надёжности и состояния [3]. По результатам длительных испытаний предсказание технического состояния ТРА обеспечивает её последующее рациональное использование и даёт возможность перейти к обслуживанию ТРА по состоянию. В основу прогнозирования состояния положен тот факт, что сами изменения состояния ТРА вызываются плавными изменениями её параметров, которые могут быть зарегистрированы средствами измерения. Основными же причинами дрейфа параметров ТРА, как показывает опыт эксплуатации, контроля и ремонта, являются процессы старения и износа. Именно эти процессы, идущие на молекулярном уровне, могут приводить к ситуациям, когда значение того или иного параметра выйдет за пределы допуска. Наблюдения за процессами дрейфа параметров в ходе длительных испытаний и последующая обработка результатов этих наблюдений при решении задачи прогноза обеспечивают сохранение работоспособности ТРА, позволяют своевременно принимать меры по предупреждению её повреждений и отказов во время эксплуатации.

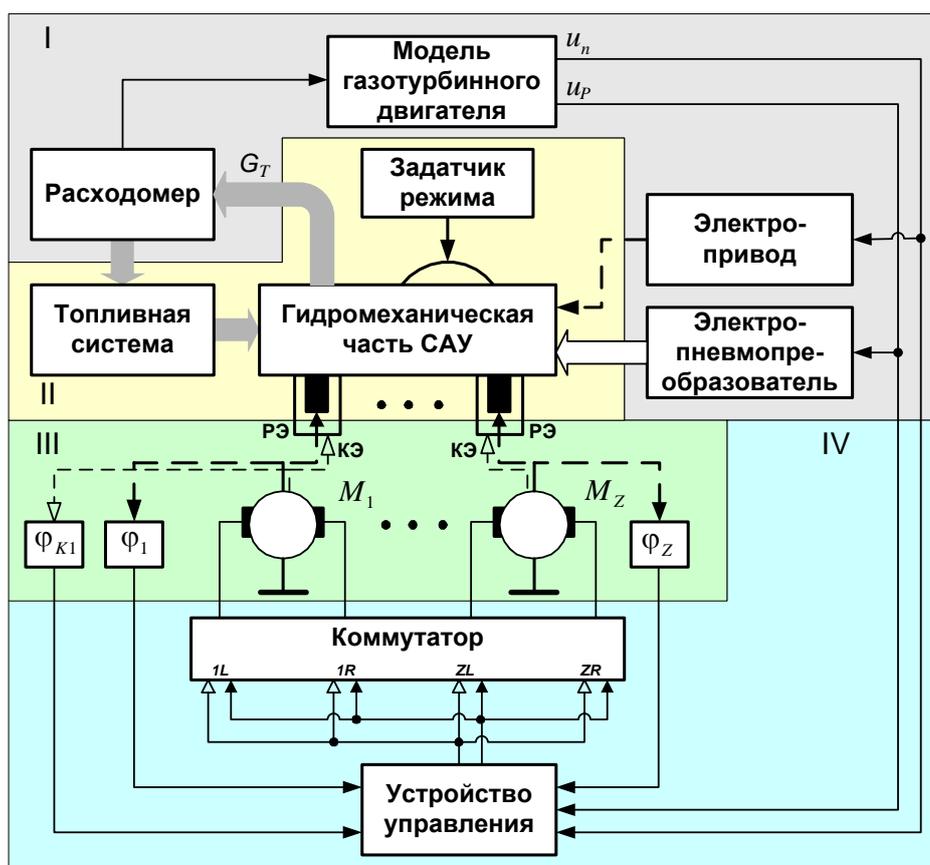


Рис. 1. Полунатурный стенд для испытания ТРА ГТД
 I – полунатурная модель ГТД; II – гидромеханическая часть САУ;
 III – исполнительные механизмы перемещения регулировочных и контртящих элементов;
 IV – система управления исполнительными механизмами
 РЭ и КЭ – регулировочный и контртящий элемент, M – двигатели постоянного тока,
 φ и φ_k – углы поворота регулировочных и контртящих элементов, u_n , u_p – сигналы управления электроприводом и электропневмопреобразователем, G_T – расход топлива

Прогнозирование состояния ТРА. Для практической реализации прогнозирующего контроля необходимо оценивать техническое состояние ТРА, иначе говоря, использовать модель ТРА в некотором пространстве функционирования. Поскольку ТРА достаточно полно характеризуется определённой совокупностью свойств (параметров), то набор (вектор) этих параметров $\vec{y} = \{y_i\}_{i=0}^n$, где n – число параметров, описывающих свойства ТРА, можно использовать для описания технического состояния. Указанный набор состоит из выходных и определяющих координат ТРА, при этом $\vec{y} \in Y$, где Y – множество, в котором \vec{y} принимает свои значения.

В течение длительных испытаний $t \in T$ (T – период эксплуатации) и последующей эксплуатации состояние ТРА под воздействием дестабилизирующих факторов меняется

случайным образом. Отсюда следует, что поведение ТРА на множестве T описывается случайным процессом $\vec{y}(t, \psi)$, $t \in T$, $\psi \in \Psi$, где Ψ – множество элементарных событий. На вероятностном пространстве (Ψ, F, P) , где F – алгебра подмножества множества Ψ , P – вероятностная мера, случайную векторную функцию $\vec{y}(t) = \{y_i(t)\}_{i=0}^n$ можно принять за искомую модель ТРА. Следует отметить, что длина набора $\{y_i(t)\}_{i=0}^n$ может быть единичной, когда состояние ТРА характеризуется только одним параметром y , например, заданным расходом топлива G_T . Вопрос о выборе совокупности координат, с достаточной полнотой отражающей свойства ТРА, решается в каждом случае индивидуально, исходя из конструкции, эксплуатационных характе-

ристик, назначения, специфики работы и других показателей ТРА.

В рамках принятой модели ТРА задача прогнозирования дрейфа параметров является задачей прогнозирования случайного процесса $\bar{y}(t)$. Суть указанной задачи состоит в предсказании траектории движения $\bar{y}(t)$ на множестве T . Информационной основой для её решения служат некоторые априорные сведения, а также данные контрольных измерений $\bar{y}(t)$ при длительных испытаниях ТРА. Совокупность априорных сведений чаще всего ограничивается описанием некоторых структур, пригодных в качестве модели $\bar{y}(t)$. Параметрические характеристики таких структур редко бывают известны. Для объектов, относящихся к ТРА, наиболее типичным является представление $\bar{y}(t)$ как

$$\bar{y}(t) = \mathbf{A} \cdot \bar{\varphi}(t), \quad (1)$$

где $\mathbf{A} = ||a_{ij}||$ – матрица случайных коэффициентов размером $(n+1) \times (m+1)$, $i = 0, \dots, n$, $j = 0, \dots, m$, m – размер вектора $\{a_j(t)\}_{j=0}^m$ случайных коэффициентов непрерывно дифференцируемых детерминированных функций времени $\bar{\varphi}(t) = \{\varphi_j(t)\}_{j=0}^m$. Описание $\bar{y}(t)$ в виде (1) можно рассматривать как разложение случайного процесса по детерминированному базису. Справедливость такого представления следует из физической природы процессов старения, износа, происходящих в ТРА, и подтверждается данными имеющейся статистики. Информационная полнота этих данных зависит от многих факторов и, в частности, от таких характеристик как достоверность и форма осуществления контроля.

Влияние окружающей среды, несовершенство средств измерения, недостаточная квалификация обслуживающего персонала приводят к тому, что значение результата измерения отличается от истинного на некоторую случайную величину $\bar{\varepsilon}(t)$ – ошибку измерения, то есть $\bar{z}(t) = \bar{y}(t) + \bar{\varepsilon}(t)$, где $\bar{z}(t)$ – результат измерения $\bar{y}(t)$. Мерой точности (прецизионности) служат статистические характеристики $\bar{\varepsilon}(t)$, при этом обычно полагают, что ошибки измерения независимы и распределены по нормальному закону [4]. В слу-

чае неправомерности нормального закона распределения ошибок измерения с вероятностью не ниже заданной P_0 можно указать пределы, в которых лежит случайная погрешность $\bar{\varepsilon}(t)$, то есть $P(\bar{\varepsilon}(t) < \bar{\Delta}(t)) \geq P_0, t \in T$. Предельная ошибка $\bar{\Delta}(t)$ служит заданным показателем точности.

По форме выполнения различают непрерывные и дискретные по времени измерения. На практике возможности проведения непрерывных измерений $\bar{y}(t)$ ограничены вследствие большой трудоёмкости и дороговизны. Чаще встречаются дискретные по времени измерения как более простые и дешёвые. Результатом таких измерений является последовательность $\bar{z}(t), t \in T_u \subset T$, где T_u – период испытаний.

При этом информационная полнота данных измерений ограничена следующим:

- измерение производится со случайной ошибкой $\bar{\varepsilon}(t)$, для оценки влияния которой можно использовать дисперсию $D[\bar{\varepsilon}(t)]$, либо предельную ошибку измерений;

- возможно только дискретное по времени измерение, в результате которого определяется последовательность $\bar{z}(t), t \in T_u \subset T$.

Установленный уровень информационной полноты характеризует условия, из которых целесообразно исходить при решении задачи прогнозирования $\bar{y}(t)$.

Алгоритм решения задачи прогнозирования изменения параметров ТРА можно построить на основе существующих статистических методов (метода наименьших квадратов, максимального правдоподобия и т.п.). Однако для практического применения статистических методов необходимо задаться некоторыми вероятностными характеристиками ошибок измерений и модели случайного процесса $\bar{y}(t)$. В действительности фактические значения этих характеристик не совпадают с прогнозируемыми, что может привести к снижению точности получаемых результатов по сравнению с теоретическими оценками. На точность решения рассматриваемой задачи влияют и погрешности модельных зависимостей [5]. В результате измеренные данные содержат и ошибки модели. Эти ошибки нельзя рассматривать как случайные и поэтому с ними нельзя оперировать как со случайными величинами. Решение задачи про-

гноза в таких условиях с помощью статистических методов может привести к неоправданно оптимистическим оценкам $\bar{y}(t)$. Если фактическое состояние ТРА окажется хуже предсказанного, то конечная цель прогнозирования – обеспечение эксплуатационной работоспособности ТРА не может быть полностью достигнута [6]. Значительно меньшую опасность представляет получение пессимистических (гарантированных) оценок $\bar{y}(t)$. Использование результатов гарантированного прогноза при определении рационального режима эксплуатации ТРА обеспечивает своевременное принятие мер по предупреждению её повреждений и отказов в условиях ограниченности исходных данных.

Применительно к модели $\bar{y}(t)$ вида (1) в этом случае известен только детерминированный базис $\{y_j(t)\}_{j=0}^m$, а для ошибок измерения $\bar{\varepsilon}(t)$ задана лишь область их возможных значений E (значения предельных ошибок $\bar{\Delta}_t$), то есть $\bar{\varepsilon}_t \in E, t \in T_u \subset T$. Для решения задачи прогнозирования может быть применён метод экстремального (гарантированного) оценивания [7], пригодный для использования в условиях ограничения исходных данных. Применение данного метода наиболее полно обеспечивает использование исходной информации при гарантированной достоверности и точности результатов прогноза. При разработке прогноза отсутствует необходимость в использовании стохастических свойств ТРА, определяемых как собственными параметрами, так и параметрами ГТД и подключённых к ТРА агрегатов.

Суть экстремального оценивания состоит в определении гарантированных пределов изменения оцениваемой величины $\bar{y}(t)$ при $t \in T_u \subset T$, то есть на получение интервальной оценки $\bar{y}(t)$. Интервальный прогноз $\bar{y}(t)$ также может быть выполнен и с помощью статистических методов, однако его достоверность невозможно гарантировать без рассмотрения гипотез о стохастических свойствах $\bar{y}(t)$ и ошибок измерений $\bar{\varepsilon}(t)$ [8].

Рассмотрим теоретические предпосылки использования метода экстремального оценивания в ситуации, когда техническое состояние ТРА характеризуется одним параметром $y(t)$, например, расходом топлива G_T . Тогда область возможных значений ошибки измерения можно представить как $[\Delta_{1t}, \Delta_{2t}]$, где Δ_{1t}, Δ_{2t} – предельные границы для $\varepsilon(t)$ при

$$t \in T_u \subset T, \text{ а } y(t) = \sum_{j=0}^m a_j(t) \varphi_j(t), \text{ где}$$

$\{a_j(t)\}_{j=0}^m$ – случайные коэффициенты;

$\{\varphi_j(t)\}_{j=0}^m$ – непрерывные детерминированные функции. По результатам измерений случайного процесса $y(t)$ на интервале времени $T_u \subset T$ можно записать систему неравенств

$$z_t - \Delta_{1t} \leq y_t \leq z_t + \Delta_{2t}, t \in T_u \subset T, \quad (2)$$

где z_t – результат измерения $y(t)$ в момент $t \in T_u$. С учетом заданной модели $y(t)$ неравенства (2) принимают вид

$$\bar{z} - \bar{\Delta}_{1t} \leq \mathbf{A} \cdot \varphi \leq \bar{z} + \bar{\Delta}_{2t}, \quad (3)$$

где $\bar{z} = \{z_t\}$, $\bar{\Delta}_{1t} = \{\Delta_{1t}\}$, $\bar{\Delta}_{2t} = \{\Delta_{2t}\}$, $t = t_0, t_1, \dots, t_k$; $\mathbf{A} = \{a_j(t_l)\}_{j=0}^m$; $\varphi = \|\varphi_j(t_l)\|$, $l = 0, \dots, k$, $t_l \in T_u \subset T$, φ – матрица значений функций $\{\varphi_j(t_l)\}_{j=0}^m$ в точках измерения $y(t)$, k – общее число измерений функции $\{\varphi_j(t_l)\}_{j=0}^m$ в моменты времени t_l .

Полученная система неравенств (3) определяет область возможных значений коэффициентов $\{a_j(t_l)\}_{j=0}^m$, построенную по наблюдениям \bar{z} , в пространстве \mathbf{R}^{m+1} . Данная область образована пересечением двух полупространств размерностью $(k + 1)$, каждое из которых описано частью неравенства (3),

$$\mathbf{L} = \mathbf{L}_1 \cap \mathbf{L}_2,$$

$$\mathbf{L}_1 = \left\{ \vec{A} \in \mathbf{R}^{m+1} : \vec{z} - \bar{\Delta}_1 \leq \vec{A} \cdot \Phi \right\}, \quad \mathbf{L}_1 = \bigcap_{l=0}^k L_{1l},$$

$$L_{1l} = \left\{ \vec{A} \in \mathbf{R}^{m+1} : (\vec{A}, \vec{\varphi}_l) \geq z(t_l) - \Delta_1(t_l) \right\}, \quad \vec{\varphi}_l = \left\{ \varphi_j(t_l) \right\}_{j=0}^m;$$

$$\mathbf{L}_2 = \left\{ \vec{A} \in \mathbf{R}^{m+1} : \vec{z} + \bar{\Delta}_2 \geq \vec{A} \cdot \Phi \right\}, \quad \mathbf{L}_2 = \bigcap_{l=0}^k L_{2l},$$

$$L_{2l} = \left\{ \vec{A} \in \mathbf{R}^{m+1} : (\vec{A}, \vec{\varphi}_l) \leq z(t_l) + \Delta_2(t_l) \right\}, \quad \vec{\varphi}_l = \left\{ \varphi_j(t_l) \right\}_{j=0}^m.$$

Область \mathbf{L} представляет собой выпуклый многогранник. В пространстве \mathbf{R}^{m+1} область \mathbf{L} выделяет все наборы коэффициентов $\{a_j(t)\}_{j=0}^m$, с которыми реализации $y(t)$ могут быть измерены в моменты времени t_l . Тогда в области $\mathbf{L} \subset \mathbf{R}^{m+1}$ могут быть найдены гарантированные относительно наблюдений \vec{z} пределы изменения $\{a_j(t)\}_{j=0}^m$. Поиск указанных пределов можно осуществить, решая $2(m+1)$ задач линейного программирования

$$1) a_j = \max, j = 0, \dots, m,$$

$$2) a_j = \min, j = 0, \dots, m$$

при ограничениях области \mathbf{L} , то есть координаты всех точек этой области должны удовлетворять неравенствам $|a_j| \leq d$, где d – некоторое положительное число; $k \geq m$; $|z_t| \leq \infty$, $t_l \in T_w$, где $(k+1)$ – число измерений в моменты времени t_l .

Данный способ приемлем для нахождения векторов $\vec{P} = \{p_j\}_{j=0}^m$ и $\vec{Q} = \{q_j\}_{j=0}^m$, где

$$p_j = \min_{a_j} \mathbf{L}, \quad q_j = \max_{a_j} \mathbf{L}, \quad j = 0, \dots, m, \text{ если } \vec{P}$$

и \vec{Q} используют для определения гарантированных пределов изменения $y(t)$ или определения всех $p(t) \leq y(t) \leq q(t)$, $t \in T_u \subset T$. Каждой точке области \mathbf{L} соответствует определенный вектор коэффициентов

$$\vec{A} = \{a_j(t)\}_{j=0}^m, \quad \text{при этом функции}$$

$$p(t) \sum_{j=0}^m p_j \varphi_j(t) \text{ и } q(t) \sum_{j=0}^m q_j \varphi_j(t) \text{ можно рас-}$$

сматривать как пределы изменений $y(t)$, $t \in T_u \subset T$. При этом выполняется аппроксимация выпуклого многогранника \mathbf{L} в виде гиперпараллелепипеда \mathbf{L}_1 и \mathbf{L}_2 (рис. 2).

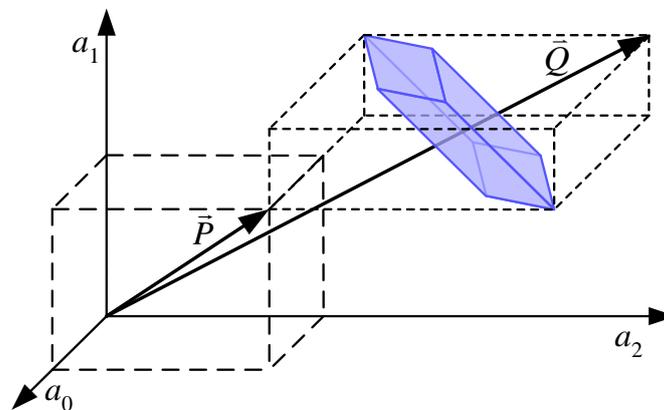


Рис. 2. Аппроксимация выпуклого многогранника \mathbf{L} параллелепипедом \mathbf{L}_1

Представление ограничений $y(t)$,
 $t \in T > T_u$ в виде $p(t) = \sum_{j=1}^m p_j \varphi_j(t)$ и

$q(t) = \sum_{j=1}^m q_j \varphi_j(t)$ содержит не только реали-

зации $y(t)$, для которых справедливо неравенство (2), но и такие, для которых оно выполняется частично. Высокая трудоемкость и сложность вычисления $p(t)$ и $q(t)$ ограничивает возможность их использования для решения задачи прогноза $y(t)$. Более точно пределы изменения $y(t)$, $t \in T > T_u$ можно описать согласно свойствам детерминированного базиса $\{\varphi_j(t)\}_{j=0}^m$ модели (1), путем построения экстремальных полиномов Карлина [7]. Эти полиномы обладает полезным с точки зрения гарантированного прогноза свойством, а именно: на интервале времени $T_u \subset T$ они удовлетворяют неравенствам (2), а на интервале времени $T > T_u$ являются предельными для тех реализаций $y(t)$, которые также удовлетворяют всем неравенствам (2).

Класс функций $\{\varphi_j(t)\}_{j=0}^m$, используемых на практике для аппроксимации случайных процессов эксплуатационных изменений параметров ТРА, достаточно ограничен. Обычно $\{\varphi_j(t)\}_{j=0}^m$ – непрерывно дифференцируемые функции, образующие систему Чебышева [9]. Реальные процессы дрейфа параметров ТРА отличаются большой инерционностью, при стабильных условиях в них отсутствуют резкие изменения [3]. Среди функций рассматриваемого вида наиболее часто для описания $y(t)$ используются степенные или экспоненциальные, т.е. наборы типа $\{t^j\}_{j=0}^m$ и $\{e^{\alpha_j t}\}_{j=0}^m$, где α_j – показатель распределения.

Принадлежность $\{\varphi_j(t)\}_{j=0}^m$ к классу непрерывно дифференцируемых функций можно использовать для нахождения пределов изменения $y(t)$, $t \in T > T_u$. По результатам измерения $y(t)$ при $t \in T_u \subset T$ могут быть найдены экстремальные полиномы $y(t)_-$ и $y(t)_+$, для которых гарантированно выполня-

ется $y(t)_- \leq y(t) \leq y(t)_+$ (2), $t \in T_u \subset T$. При этом область $[y(t)_-, y(t)_+]$ является наименьшей из допустимых, содержащих все возможные результаты наблюдений \bar{z} реализаций $y(t)$.

Определение $y(t)_-$ и $y(t)_+$ возможно с помощью линейного программирования

$$\begin{aligned} 1) \sum_{j=0}^m a_j (t^*)_{j(t^*)} &= \max, \\ 2) \sum_{j=0}^m a_j (t^*)_{j(t^*)} &= \min \end{aligned} \quad (4)$$

при ограничениях (2), где t^* – любая фиксированная точка из $T > T_u$ (возможность использования произвольной точки из $T > T_u$ вытекает из экстремальности $y(t)_-$ и $y(t)_+$ на $T > T_u$).

Применение экстремальных полиномов $y(t)_-$ и $y(t)_+$ для прогнозирования $y(t)$ по сравнению с использованием функций $p(t)$ и $q(t)$ обеспечивает следующие преимущества:

- трудоёмкость вычисления $y(t)_-$ и $y(t)_+$ в m раз меньше (m – размер детерминированного базиса модели $y(t)$);

- область $[y(t)_-, y(t)_+]$, $t \in T > T_u$ содержит только возможные относительно результатов наблюдения \bar{z} реализации $y(t)$.

Алгоритм прогнозирования изменения параметров ТРА на основе решения (4) может быть представлен в следующем виде:

- 1) на интервале времени $T_u \subset T$ производится k контрольных измерений $y(t)$, причём $k \geq m$;

- 2) данные измерения используются для построения $y(t)_-$ и $y(t)_+$ путём решения задачи (4).

В ходе реализации алгоритма определяют пределы изменения $y(t)$, $t \in T_u \subset T$ (экстремальные полиномы $y(t)_-$ и $y(t)_+$) с помощью линейного программирования (4).

Рассмотрим пример определения гарантированного технического состояния ТРА, найденного с помощью приведённого выше теоретического обобщения.

Результаты изменения выходного параметра ТРА (расхода топлива G_T [л/час]) при заданном угле поворота рычага управления

двигателем ($\alpha_{pyд}$) и частоте вращения ротора ГТД (n) можно аппроксимировать линейной зависимостью $G_T = G_{T0} + G_{T1} \cdot t$, где G_{T0} , G_{T1} – случайные параметры. Результаты измерения $G_T(t)$ показали, что в моменты времени $t_1 = 100$ час. и $t_2 = 200$ час. $G_T(t_1) = 330 \pm \varepsilon$, $G_T(t_2) = 331 \pm \varepsilon$, где $|\varepsilon| \leq 3,2$ – погрешность измерения. Требуется определить техническое состояние ТРА в момент времени $t_3 = 6000$ час. и после измерения расхода топлива в этот момент времени дать прогноз о поведении G_T при $t_4 = 12000$ час.

Ввиду малости интервала $\Delta t = t_2 - t_1$, по которому осуществляют прогноз на длительный период времени, и для улучшения сходимости алгоритма прогнозирования в качестве аргумента функции $\varphi_j(t)$ используем $lg t$. Решив исходную систему уравнений 1) для положительного и отрицательного значения ошибки ε получим 2), 3)

$$1) \begin{cases} 330 = G_{T0} + G_{T1} \cdot lg t_1, \\ 331 = G_{T0} + G_{T1} \cdot lg t_2; \end{cases}$$

$$2) \begin{cases} 326,8 = G'_{T0} + G'_{T1} \cdot lg t_1, \\ 334,2 = G'_{T0} + G'_{T1} \cdot lg t_2; \end{cases}$$

$$3) \begin{cases} 333,2 = G''_{T0} + G''_{T1} \cdot lg t_1, \\ 327,8 = G''_{T0} + G''_{T1} \cdot lg t_2 \end{cases}$$

и соответствующие экстремальные значения G_T :

$$G_{T+} = 277,6 + 24,58 \cdot lg t; \quad G_{T-} = 369,1 - 17,94 \cdot lg t.$$

Согласно данным уравнениям величина $G_T(t_3)$ будет находиться в диапазоне [301,3; 370,5], $G_T(t_4)$ – в диапазоне [295,9; 377,9].

Результат последующего измерения $G_T(t_3)$ составил 315 л/час., что соответствовало первоначальному прогнозу. По результатам измерения $G_T(t_3)$ составлен новый прогноз для расхода топлива $G_T(t_4)$:

$$\begin{cases} 326,8 = G'_{T0} + G'_{T1} \cdot lg t_1, \\ 318,2 = G'_{T0} + G'_{T1} \cdot lg t_3; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 333,2 = G''_{T0} + G''_{T1} \cdot lg t_1, \\ 311,8 = G''_{T0} + G''_{T1} \cdot lg t_3 \end{cases}$$

и получены соответствующие экстремальные значения G_T :

$$G_{T+} = 336,5 - 4,84 \cdot lg t; \quad G_{T-} = 357,3 - 12,04 \cdot lg t.$$

По результатам данного прогноза величина $G_T(t_4)$ будет находиться в диапазоне [308,2; 316,7]. Последующий результат измерения расхода топлива составил $G_T(t_4) = 310 \pm \varepsilon$, то есть результат измерения соответствовал предсказанному. Используя полученный результат можно продолжить процесс прогнозирования, для этого составляют новые системы уравнений:

$$\begin{cases} 326,8 = G'_{T0} + G'_{T1} \cdot lg t_1, \\ 313,2 = G'_{T0} + G'_{T1} \cdot lg t_4; \end{cases}$$

$$\begin{cases} 333,2 = G''_{T0} + G''_{T1} \cdot lg t_1, \\ 306,8 = G''_{T0} + G''_{T1} \cdot lg t_4 \end{cases}$$

и определяют соответствующие экстремальные значения G_T :

$$G_{T+} = 339,9 - 6,54 \cdot lg t; \quad G_{T-} = 358,6 - 12,70 \cdot lg t.$$

На основании приведённых расчётов можно отметить, что использование результатов дополнительных измерений повышает точность процедуры прогнозирования. Результаты построения расчетов экстремальных полиномов приведены на рис. 3.

Приведенный метод гарантированного прогноза удовлетворяет следующим требованиям:

- выполнение условий несмещённости и сходимости прогноза;
- однозначность результата прогноза;
- минимальная сложность при наличии малого количества измерений.

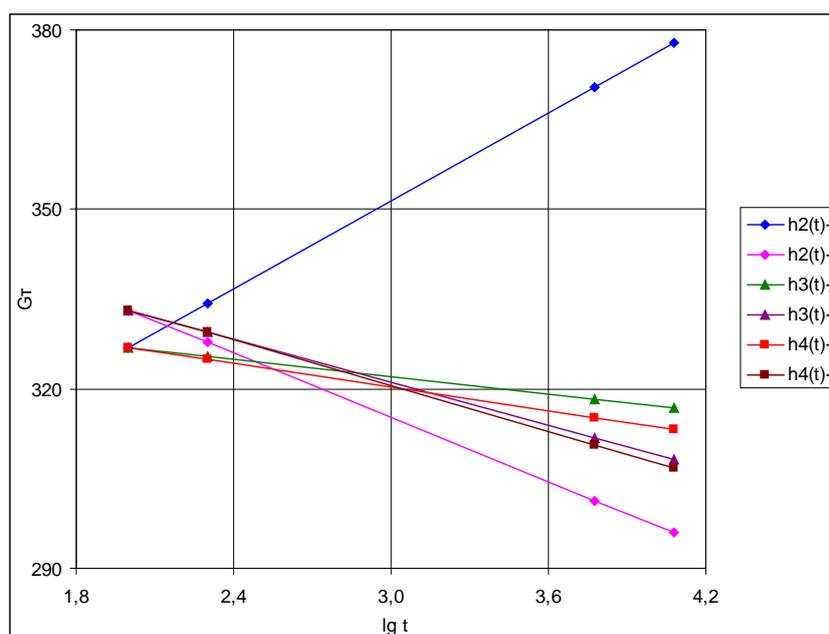


Рис. 3. Результаты построения экстремальных полиномов

Выводы

1. В предположении малости ошибок измерения результат прогноза стремится к истинному значению прогнозируемого параметра, то есть выполняется условие однозначности, несмещённости и сходимости метода прогнозирования.

2. Для обеспечения несмещённости и сходимости прогноза при реализации метода в качестве аргумента экстремальных функций предпочтительным является использование логарифмической функции времени.

3. Метод прогноза имеет оптимальную сложность при минимуме полученной измерительной информации.

4. Однопараметрическое гарантированное прогнозирование является эффективным инструментом обработки результатов измерения, полученных в ходе длительных испытаний ТРА ГТД и последующих плановых испытаний, для обеспечения надёжной эксплуатации системы «ТРА – ГТД».

Библиографический список

1. Шендалева, Е. В. Технология регулирования топливной аппаратуры систем автоматического управления газотурбинных двигателей с использованием моделирующих стендов / Е. В. Шендалева, В. В. Жильцов, В. Ю. Тэттер // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2005. – № 7. – С. 15 – 21.

2. Жильцов, В. В. Новый метод настройки дозаторов топлива систем автоматического управления газотурбинных установок / В. В. Жильцов, Е. В.

Шендалева // Омский научный вестник. – 2001. – Вып. 17. – С. 95 – 97.

3. Дружинин, Г. В. Надёжность автоматизированных систем. – 3-е изд., перераб. и доп. / Г. В. Дружинин. – М.: Энергия, 1977. – 535 с.

4. Боровиков, В. П. Прогнозирование в системе STATISTICA® в среде Windows. Основы теории и интенсивная практика на компьютере: учеб. пособие / В. П. Боровиков, Г. И. Ивченко – М.: Финансы и статистика, 2006. – 384 с.

5. Методы оптимизации испытаний и моделирования систем управления газотурбинными двигателями / В. Т. Дедеш, В. М. Герман, В. Г. Августиневич и др.; под общ. ред. В. Т. Дедеша. – М.: Машиностроение, 1990. – 160 с.

6. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: монография / А. В. Богуслаев, Ал. А. Олейник, Ан. А. Олейник, Д. В. Павленко, С. А. Субботин; под ред. Д. В. Павленко, С. А. Субботина. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2009. – 468 с.

7. Карлин, С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике / С. Карлин; пер. с англ. Н. А. Бодина, Л. И. Горькова и др. – М.: Мир, 1964. – 840 с.

8. Худсон, Д. Статистика для физиков: Лекции по теории вероятностей и элементарной статистике. – 2-е доп. изд. / Д. Худсон; пер. с англ. В.Ф.Грушина; под ред. Е. М. Лейкина. – М.: Мир, 1970. – 296 с.

9. Карлин, С. Чебышевские системы и их применение в анализе и статистике / С. Карлин, В. Стадден; пер. с англ. под ред. С.М. Ермакова. – М.: Наука, 1976. – 568 с.

EXTREME FORECASTING FOR UNIVERSAL CONTROL FUEL PUMP AND GAS TURBINE ENGINE IN SERVICE OBTAINING FOR A LONG TIME TRIALS

Elena V. Shendaleva

The summary. The article has considered the problem of technical state forecasting for universal control fuel pump and gas turbine engine in service. The subject matter of this article is the analysis of extreme forecasting method application for providing the assured forecasting of fuel pump technical state. This method makes it possible to forecast technical state with using of measurements results, obtaining for a long time trials of universal control fuel pump on half-natural model test stand and during subsequent planned tests. The forecasting has been performed without statistic distribution analysis of measurements results. The results of investigation may be used for forecasting of different technical system states.

Keywords: universal control fuel pump, gas turbine engine, half-natural model test stand, technologic forecasting.

References

1. Shendaleva E. V., Zhiltsov V. V., Tetter V. Y. The fuel apparatus adjustment technology for automatic control systems of gas turbine engines with model stands using. *Assembling in mechanical engineering and instrument making*, 2005, no 7, pp. 15-21.
2. Zhiltsov V. V., Shendaleva E. V. The new method of fuel dose pump adjustment for automatic control system of gas turbine equipment. *Omsk nauchny vestnik*, 2001, vol. 17, no. 1, pp. 95-97.
3. Druzhinin G. V. *Nadjozhnost avtomatizirovannykh sistem* [Reliability of computer-aided systems]. Moscow, Energia, 1977. 535 p.
4. Borovikov V. P. *Prognozirovanie v sisteme STATISTICA® v srede Windows: Osnovi teorii i intensivnaja praktika na kompjutere* [Forecasting at STATISTICA® system in Windows medium. Fundamentals of theory and intensive practice on computer]. Moscow, Finansy i statistika, 2006. 384 p.
5. Dedehs V. T., German V. M., Avgustovich V. G., Arhipov G. N., Bereznjakov S. V., Pipekin V. I., Rakitin M. M., Ryzhov I. D., Sakhautdinov V. N., Smolko V. V., Tchervonjuk V. V. *Metody optimizatsii ispytaniij i modelirovanija sistem upravlenija gazoturbinnymi dvigateljami* [The trial and simulation optimization methods of gas turbine engine control systems]. Moscow, Mashinostroenie, 1990. 160 p.
6. Boguslaev A. V., Olejnik Al A., Olejnik An A., Pavlenko D. V., Subbotin S. A. *Progressivnye tekhnologii modelirovanija, optimizatsii i intellektualnoj avtomatizatsii etapov zhiznennogo tsikla aviatsionnikh dvigatelej* [The simulation, optimization and intellectual automation progressive technologies at aeroengine life cycle stage]. Zaporozhje, 2009. 468 p.
7. Karlin Samuel. *Mathematical methods and theory in games, programming, and economics*. Stanford University, Pergamon Press, London – Paris, 1959. 840 p.
8. Hudson Derek J. *Statistics: Lectures on Elementary Statistics and Probability*. Geneva, 1964. 296 p.
9. Karlin Samuel, Studden William J. *Tchebycheff systems: with applications in analysis and statistics*. Interscience publishers A. Division of John Wiley&Sons, New York, London, Sydney, 1969. 568 p.

Шендалева Елена Владимировна (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Нефтегазовое дело» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» (644050, г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: shendalevaev@yandex.ru).

Elena V. Shendaleva (Omsk, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, Ass. Professor, Department of Oil&Gas Busyness, Omsk State Technical University (644050, Mira prospect, 11, Omsk, Russian Federation, e-mail: shendalevaev@yandex.ru).

РАЗДЕЛ II

ТРАНСПОРТ

УДК 665.75/76 (031)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

В.Р. Ведрученко, В.В. Крайнов, Е.С. Лазарев, П.В. Литвинов
Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), Россия, г. Омск

Аннотация. Приведены краткий обзор и анализ показателей рабочего процесса дизельного двигателя на жидком топливе разного состава. Приведены аналитическая и графическая интерпретация индикаторной диаграммы и характеристик процесса впрыска топлива и тепловыделения, показателей «жесткости» рабочего цикла. Проанализировано влияние свойств жидких стандартного и альтернативного топлив на параметры рабочего процесса, эксперименты выполнены на стенде с быстросходным дизельным двигателем. Рассмотрены результаты индицирования двигателя на смесях дизельного топлива и сжиженного нефтяного газа. Проанализированы результаты численного моделирования индикаторного процесса дизеля на смеси сжиженного нефтяного газа и стандартного дизельного топлива.

Ключевые слова: индикаторный процесс, дизельное топливо, альтернативное топливо, индикаторная диаграмма, процесс топливоподачи и тепловыделения.

Введение

Один из путей совершенствования показателей дизельного двигателя заключается в систематическом улучшении процессов, составляющих его рабочий цикл. Проведенные теоретические исследования рабочих циклов двигателей показали, что важно добиваться в каждом конкретном типе двигателя оптимального протекания процесса сгорания [1–3].

Рабочий процесс, протекающий в цилиндрах дизеля, определяет основные показатели двигателя – мощность, удельный расход топлива, максимальные нагрузки в деталях и температурное состояние деталей цилиндропоршневой группы. Главные задачи при исследовании рабочего процесса состоят в установлении зависимостей основных его показателей от различных конструктивных факторов и выборе такого сочетания конструктивных параметров, при которых достигаются наилучшие показатели рабочего процесса.

В действительном цикле дизеля потери теплоты в процессе ее подвода и преобразования в работу являются неизбежными в силу ряда физико-химических и технических причин. Подвод теплоты к рабочему телу начинается еще до верхней мертвой точки (ВМТ), в результате самовоспламенения и сгорания топлива, впрыснутого в среду сжатого воздуха. Давление сжатия у дизелей без наддува со-

ставляет $(38 - 50) \cdot 10^2$ кПа, у дизелей с наддувом $(45 - 100) \cdot 10^2$ кПа и температура соответственно 800 - 900 К и $900 \div 1000$ К, что превышает температуру самовоспламенения топлива примерно на 430 - 490 К [3].

От качества протекания процесса сгорания топлива во многом зависят режимные показатели дизеля. В связи с этим к процессу сгорания предъявляется ряд требований, которые должны обеспечить необходимую экономичность цикла (относительно высокие температуры и давления цикла, минимальный расход топлива и воздуха), надежную работу дизеля (не превышение допустимых значений температур и давлений и скорости их нарастания за цикл). Одновременное выполнение этих требований невозможно, так как в ряде случаев они противоречат друг другу. Задача решается компромиссно, в зависимости от требований, предъявляемых к данному дизелю, путем подбора основных факторов, влияющих на развитие процесса сгорания. Этими факторами являются выбор топлива с соответствующими физико-химическими свойствами и его подготовка перед подачей в цилиндр дизеля, создание благоприятных условий распыливания и перемешивания топлива с воздухом, обеспечение правильного соотношения между топливом и воздухом (величины коэффициента

избытка воздуха α), выбор необходимого закона подачи топлива по углу поворота коленчатого вала, создание оптимального теплового режима в цилиндре дизеля, обеспечивающего минимальное время подготовки топлива к сгоранию [1,3].

От момента начала впрыскивания в цилиндр топлива до конца его выгорания происходят сложные физико-химические процессы испарения, воспламенения и сгорания, протекающие с конечной скоростью тепловыделения, изменения давления и температуры и сопровождающиеся потерей теплоты.

Методы оценки совершенства рабочего процесса дизельного двигателя

Важными результирующими параметрами, характеризующими процесс сгорания топлива, являются давление и температура газов в цилиндре. Анализ процесса сгорания топлива производят по развернутой индикаторной диаграмме, снятой с цилиндра дизеля (рис. 1) [4].

Основным экспериментальным материалом, служащим для оценки совершенства рабочего процесса, протекающего в цилиндре дизельного двигателя является индикаторная диаграмма процесса и часовой расход топлива. Из индикаторной диаграммы можно получить при соответствующей обработке большинство параметров, характеризующих рабочий процесс; среднее индикаторное давление p_i , давление сжатия p_c , максимальное давление сгорания p_z , скорость нарастания давления $dp/d\phi$, характеристики тепловыделения в цилиндре дизеля (закон выгорания топлива $x_i = f(\phi)$, скорость тепловыделения $dx_i/d\phi = f(\phi)$, продолжительность сгорания ϕ_r), температуру газа в цилиндре в любой момент времени и многие другие параметры. По часовому расходу топлива определяют средний индикаторный b_i и средний эффективный b_e (при известной эффективной мощности дизеля) расход топлива.

Таким образом, для оценки качества рабочего процесса дизеля необходимо измерить следующие основные параметры: эффективная мощность N_e и часовой расход топлива G_T . После этого необходимо провести анализ индикаторной диаграммы.

Другая группа параметров определяет факторы, в различной степени влияющие на

качество рабочего процесса. Основными в этой группе параметров являются характеристики системы топливоподачи – продолжительность и закон подачи топлива, качество распыливания, а также расход воздуха и его температура, качество очистки цилиндра от остаточных газов, температуры стенок камеры сгорания и т. д.

Непосредственно по индикаторной диаграмме находится максимальное давление газов p_{max} . Если на диаграмме записано изменение давления газов p в зависимости от угла поворота коленчатого вала ϕ , то легко определяется средняя $(dp/d\phi)_{cp}$ и максимальная $(dp/d\phi)_{max}$ скорости нарастания давления газов. Оба показателя позволяют оценить механическую и динамическую напряженность основных деталей кривошипно-шатунного механизма.

В качестве показателей динамичности цикла обычно принимают среднюю и максимальную скорость нарастания давления по углу поворота коленчатого вала (см. рис. 1).

Средняя скорость нарастания давления по углу поворота коленчатого вала определяется по зависимостям, $\text{кПа}/^\circ\text{ПКВ}$:

$$\omega_{cp} = \left(\frac{dp}{d\phi} \right)_{cp} = \frac{p_z - p_c}{\phi_z - \phi_c} = \frac{m_p}{m_\phi} \cdot \text{tg} \alpha_c, \quad (1)$$

где dp – приращение давления в цилиндре за угол $\Delta\phi$, соответствующий продолжительности второго периода сгорания, кПа ; ϕ_z , ϕ_c – соответственно величины углов поворота коленчатого вала в точках 2, z (рис. 1), градус поворота коленчатого вала ($^\circ\text{ПКВ}$); m_p , m_ϕ – соответственно масштабы давления, угла поворота коленчатого вала дизеля; α_c – угол наклона секущей, проведенной через точки z–2 (рис. 1), град. [4].

Работа без стуков в дизеле обеспечивается при $\omega_{cp} = (2 - 6) \cdot 10^2 \text{кПа}/^\circ\text{ПКВ}$. У судовых малооборотных (МОД) ω_{cp} редко превышает $(1,4 - 1,6) \cdot 10^2 \text{кПа}/^\circ\text{ПКВ}$. В форсированных высокооборотных (ВОД) допускается $\omega_{cp} = (8 - 12) \cdot 10^2 \text{кПа}/^\circ\text{ПКВ}$, но при этом возникают высокие динамические нагрузки, что ускоряет изнашивание подшипников и шеек кривошипно-шатунного механизма.

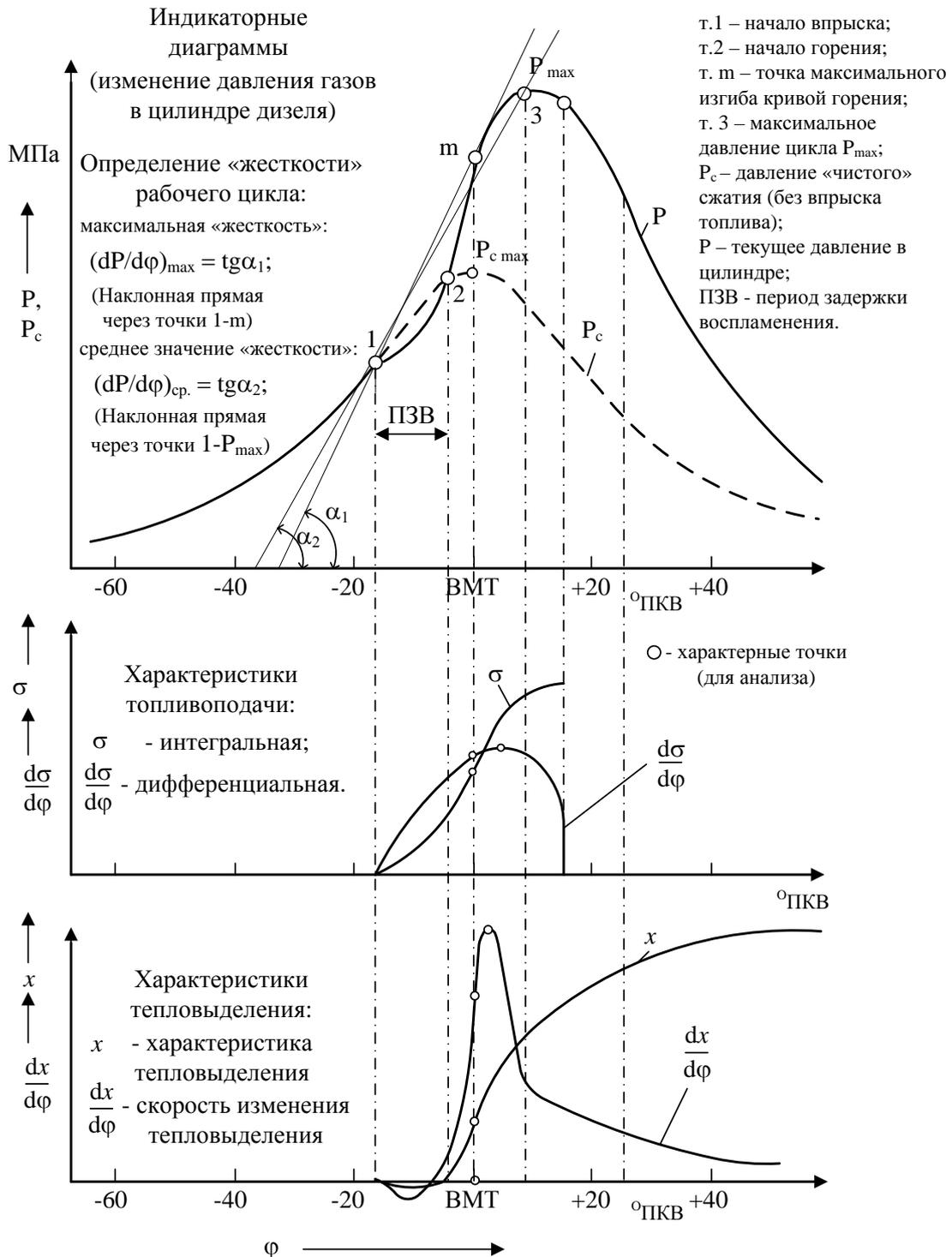


Рис. 1. Диаграммы и характеристики рабочего процесса дизеля; расчет жесткости рабочего цикла

Максимальную скорость нарастания давления при сгорании топлива определяют как первую производную изменения давления по углу поворота коленчатого вала на более крутом участке повышения давления в цилиндре (кПа/°ПКВ)

$$\omega_{cp} = \left(\frac{dp}{d\phi} \right)_{\max} = \frac{m_p}{m_\phi} \cdot \operatorname{tg}\alpha_m, \quad (2)$$

где α_m – угол наклона касательной к наиболее крутому участку индикаторной диаграммы,

проведенной через точку начала горения топлива 2 (рис. 1).

Оценку динамичности цикла в общем случае производят по фактору динамичности, который представляет собой отношение количества топлива, впрыснутого за период задержки самовоспламенения $b_{ци}$, ко всему количеству топлива $b_{ц}$, впрыснутого за цикл

$$\sigma_{впр} = \frac{b_{ци}}{b_{ц}}. \quad (3)$$

От фактора динамичности в значительной степени зависят показатели динамичности рабочего цикла. Чем выше фактор динамичности, тем выше, при прочих равных условиях, значения показателей динамичности рабочего процесса, в том числе и при одинаковом виде топлив. У МОД и СОД фактор динамичности лежит в пределах $\sigma_{впр} = 0,3 - 0,5$, у ВОД он достигает значений $\sigma_{впр} = 0,8 - 1,0$ [4].

Работа дизеля на разных по свойствам топливах

При работе на тяжелых сортах топлив, при прочих равных условиях, динамичность рабочего цикла дизеля оказывается ниже, чем при работе на дизельных. Это объясняется, в основном, пониженной скоростью испарения тяжелых топлив, что обуславливает пониженную скорость тепловыделения. В связи с этим при использовании тяжелых топлив фактор динамичности оказывает меньшее влияние на динамичность рабочего цикла, чем при работе на дизельных топливах.

Скорость нарастания давления при сгорании топлива снижается путем уменьшения фактора динамичности, а это достигается либо сокращением периода задержки самовоспламенения, либо изменением характеристики впрыскивания топлива.

Маловязкое дизельное топливо (табл. 1) отличаются друг от друга физико-химическими свойствами (вязкостью, плотностью, сжимаемостью, теплотой сгорания, фракционным составом, цетановым числом и др.). Поэтому ряд исходных расчетных данных, и частности, теплота сгорания и элементарный состав топлива, теплоемкость и энтропия продуктов сгорания будут иметь раз-

личные значения для применяемых топлив (табл. 1).

При переводе дизеля на маловязкое топливо [4, 5, 6], по способу впрыска оптимальным решением является сохранение его основных параметров: мощности и экономичности. Рассмотрим, возможно ли выполнение этих требований.

Типовые диаграммы и характеристики процессов сгорания, топливоподачи и тепловыделения приведенные на рис.1 позволяют выполнить полный совместный анализ процессов в дизеле, полученных как теоретически, так и из эксперимента [4]. Приведенный нами рис. 1 дополнен графическим методом определения параметров «жесткости» рабочего цикла дизеля, работающего на разных сортах топлива.

Для получения более высоких индикаторных показателей необходимо впрыск топлива, учитывая период задержки воспламенения (ПЗВ), начинать так, чтобы развитие процесса происходило вблизи ВМТ [4–6].

При чрезмерно раннем впрыске период задержки воспламенения может увеличиваться из-за низкой температуры заряда. Одновременно процесс сгорания смещается относительно ВМТ таким образом, что наибольшее давление p_z достигается до прихода поршня в ВМТ. Это сопровождается резким увеличением работы сжатия, уменьшением работы расширения и соответственно падением индикаторных показателей. Кроме того, фаза видимого сгорания характеризуется высокой скоростью нарастания давления [6].

Поздний впрыск топлива, при котором сгорание развивается в процессе расширения, хотя и происходит при медленном повышении давления и малых величинах $\Delta p/\Delta \phi$, но также приводит к ухудшению индикаторных показателей. Оптимальный угол опережения впрыска зависит от типа смесиобразования, а также от скоростного и нагрузочного режима работы двигателя. Для каждого двигателя выбирают по данным экспериментальных исследований [4, 6].

Таблица 1

Сравнительные теплофизические и моторные характеристики и альтернативных видов топлива для дизелей

Показатели	Дизельное топливо ГОСТ 305-2013		Природный газ (метан CH ₄)	Сжиженный нефтяной газ (СНГ)			Спирты низшие		Диметиловый эфир (ДМЭ) CH ₃ OCH ₃	Эфиры рапсового масла (РМЕ)	Водород H ₂
	Летнее Л	Зимнее З		Пропан C ₃ H ₈	Бутан C ₄ H ₁₀	Метанол CH ₃ OH	Этанол C ₂ H ₅ OH				
Массовые доли элементов: углерода, g _c водорода, g _H кислорода, g _O серы, g _S	0,865 0,120 0,005 0,01	0,855 0,130 0,005 0,01	0,75 0,25 – –	0,818 0,182 – –	0,828 0,172 – –	0,375 0,125 0,500 –	0,822 0,130 0,348 –	0,522 0,130 0,348 –	0,77 0,12 0,11 –	– – 1 –	
Молярная масса, μ _r , кг/моль	230	235	16	44	58	32	46	46	294	2	
Плотность, ρ, при 20 °С, кг/м ³	836	820	0,66	502	578	791	810	660	882	0,082	
Нормальная температура кипения (пределы разгонки), °С	180 – 360	180 – 340	–161,58	–42	–0,6	65	78	–25	250 – 350	–252,8	
Теплота парообразования при p = 0,1 МПа, кДж/кг	220 – 240		511 (t = –161,58 °С)	420	390	1160	910	410 (t = 20 °С)	–	–	
Низшая теплота сгорания Q _н , МДж/кг	42,8	43,3	50	46,35	45,75	19,6	26,9	27,6	37,5	120	
Цетановое число (ЦЧ)	Не менее 45		–	–	12 (расчет)	5 (расчет)	8 (расчет)	> 55	52 – 56	–	
I ₀ , кг возд./кг топл.	14,41	14,51	17,24	15,68	15,45	6,465	8,98	8,98	12,51	34,48	
L ₀ , кмоль возд./кмоль топл.	0,498	0,500	0,658	0,564	0,550	0,254	0,332	0,310	0,432	1,69	
Теплота сгорания стехиометрической смеси Q _{ст} /I ₀ , МДж/кг	2,97	2,966	2,90	2,956	2,96	3,03	2,995	3,07	2,998	3,482	
Температура самовоспламенения (при p = 1 бар), °С	250	650	504	430	450	420	235	130	–	–	

Результаты испытаний

На рис. 2 показаны индикаторные диаграммы и зависимость индикаторных показателей четырехтактного двигателя с камерой сгорания ЯМЗ от угла опережения начала впрыска [13]. Опыты проведены при постоянных количествах впрыскиваемого топлива, числе оборотов и давлении затяжки пружины иглы распылителя. С увеличением угла $\varphi_{впр}$ давление p_z резко возрастает. Максимальная скорость нарастания давления по углу поворота $(\Delta p/\Delta \varphi)_{max}$ увеличивается от 0,5 до 2 Мн/(м²·град) [5-20 кГ/(см²·град)]. Период задержки воспламенения θ_3 , выраженный в градусах поворота коленчатого вала, также заметно увеличивается. Период видимого сгорания $\theta_{вид}$ возрастает, но в меньшей степени, чем θ_3 . Оптимальный угол опережения начала впрыска исследованного режима $\varphi_3 = 18^\circ$ до в.м.т.

У двигателей с разделенной камерой сгорания чувствительность процесса к углу опережения впрыска меньше [3].

На рис. 3 показаны кривые нарастания давления в период сгорания в цилиндре двигателя различных сортов топлива при одном

и том же угле опережения впрыска [14]. При сгорании топлив, имеющих малых период t_i (кривые 1 и 2), происходит плавное и своевременное изменение давления, тогда как при сгорании топлив с большим периодом t_i (кривые 3, 4 и 5) происходит резкое нарастание давления и с большим опозданием [4].

Значительные скорости нарастания давления создают динамическую нагрузку шатунно-кривошипному механизму.

Увеличение концентрации кислорода и уменьшение остаточных газов в камере сгорания уменьшают период задержки самовоспламенения. Присадка различных катализаторов к топливу сокращает период задержки самовоспламенения и снижает максимальное давление цикла.

К физическим факторам относятся давление и температура воздуха на впуске и в конце сжатия. С увеличением давления воздуха на впуске и в конце сжатия вследствие возрастания плотности воздуха ускоряется физико-химическая подготовка топлива к воспламенению, а потому величина t_i сокращается.

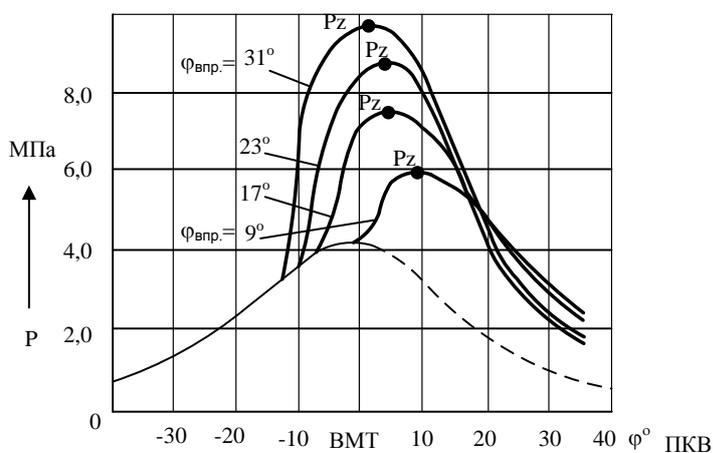


Рис. 2. Индикаторные диаграммы быстрогоходного дизеля при различных углах опережения впрыска (φ^0) при работе на дизельном топливе ГОСТ 305-82 [13]

На рис. 4 приведены, серия индикаторных диаграмм быстрогоходного дизеля, работающего на смесях стандартного дизельного топлива и сжиженного нефтяного газа [15]. Для улучшения смазывающих свойств смесей топлив и повышения вязкости до приемлемой (по опыту эксплуатации) использовалась присадка (кумол). На всех четырех нагрузочных режимах характер индикаторного процесса изменялся аналогично: с увеличением доли сжиженного газа значение максимального давления сгорания уменьшалось; дизель работал «мягче». Газодизельная стендовая система для данных испытаний, разработана

на кафедре «Локомотивы» ОмГУПС и предназначена для работы дизелей на различных видах топлива, в том числе и альтернативных в смеси с традиционным.

На рис. 5 и табл. 2 приведены, полученные нами численным моделированием по специальной программе «Тритон» [4] индикаторные диаграммы дизеля 6ЧСП15/18 на дизельном топливе ГОСТ 305-82 и смеси 50 % дизельного топлива и 50 % сжиженного нефтяного газа. Для этой смеси присадка не использовалась. Данные моделирования подтвердили выявленные ранее на стенде [15, 16] результаты индицирования двигателя, рабо-

тающего на смесях стандартного и легкого альтернативного экологически чистого топли-

ва – сжиженного нефтяного газа [4].

Рис. 3. Кривые скорости нарастания давления в период процесса сгорания в цилиндре дизеля при сгорании топлив с разными свойствами:
 1 - топливо дизельное «Л» ГОСТ 305-82;
 2 - топливо дизельное «З» ГОСТ 305-82;
 3 - топливо газотурбинное ГОСТ 104433-75;
 4 - топливо тяжелое ДТ-1 ГОСТ 1667-71;
 5 - топливо тяжелое ДТ-2 ГОСТ 1667-71 [14]

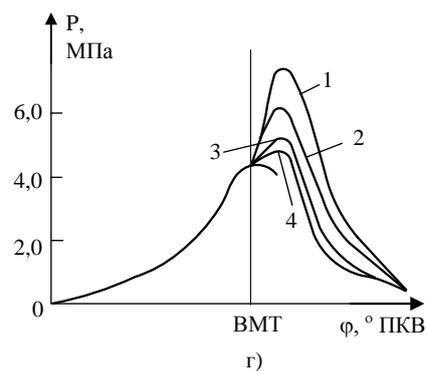
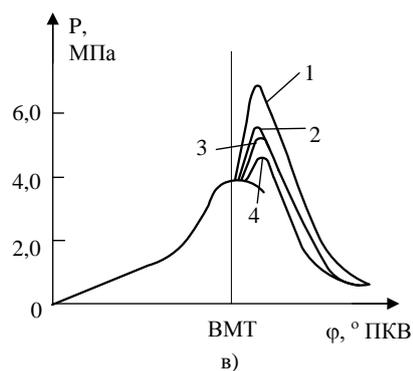
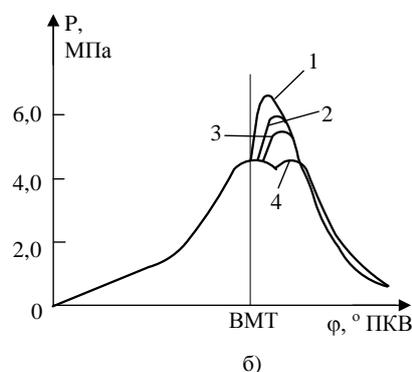
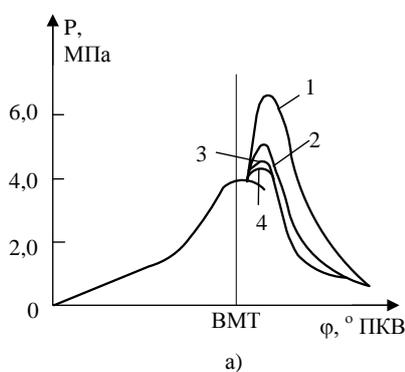
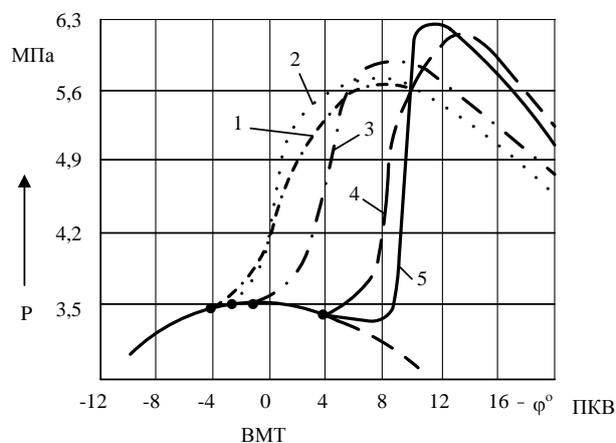


Рис. 4. Индикаторные диаграммы дизеля 6Ч15/18, работающего на смесях топлив[15]:
 а – 20 % дизельного летнего топлива + 78 % сжиженного газа + 2 % присадки;
 б – 20 % дизельного летнего топлива + 76 % сжиженного газа + 4 % присадки;
 в – 15 % дизельного летнего топлива + 83 % сжиженного газа + 2 % присадки;
 г – 15 % дизельного летнего топлива + 81 % сжиженного газа + 4 % присадки.
 Присадка – кумол. Режимы нагрузки: 1 – $N = N_e$; 2 – $N = 0,75N_e$; 3 – $N = 0,5N_e$; 4 – $N = 0,25N_e$.

Таблица 2

Результаты расчета по программе «Тритон»

Наименование параметра	Обозначения	Состав смеси			
		ДТ	25%СНГ+75%ДТ	50%СНГ+50%ДТ	75%СНГ+25%ДТ
Давление сжатия	P_c , кПа	4861,6	4861,6	4861,6	4861,5
Максимальное давление	P_z , кПа	7705,84	7231,54	6336,84	4875,51
Давление в конце расширения	P_b , кПа	391,7	399,2	411,2	435,1
Температура в конце расширения	T_b , К	838,2	853,6	878,5	929,0
Максимальная температура	T_{max} , К	1514,03	1493,72	1458,58	1414,33
Давление наддува	P_{int} , кПа	150,3	150,3	150,3	150,3
Коэффициент избытка воздуха	a	2,67	2,64	2,63	2,61

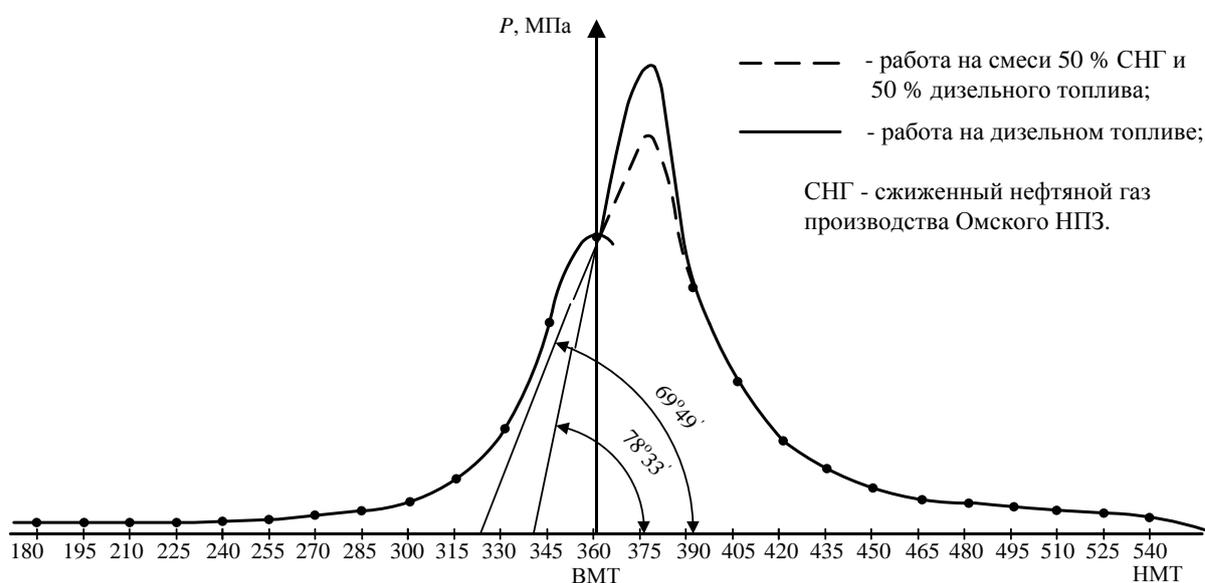


Рис. 5. Развернутые индикаторные диаграммы быстроходного дизеля 6ЧСП15/18

Выводы и заключение

Таким образом, можно заключить, что рабочий процесс быстроходного дизеля на топливных смесях дизельного топлива и сжиженного газа протекает с приемлемыми индикаторными показателями на различных нагрузочных режимах.

Организация такого рабочего процесса дизельного двигателя позволяет как уменьшить затраты на топливо (оптовая цена сжиженного нефтяного газа на 30 – 50 % ниже цены на дизельное топливо), так и снизить токсичность отработавших газов за счет использования альтернативных видов топлива [1, 4, 5].

Библиографический список

1. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Книга 1. Теория рабочих процессов : учебник для вузов // В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Т. Ю. Кричевская и др. – М. : Высш. шк., 2005. – 479 с.
2. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Книга 3. Компьютерный практикум. Моделирование процессов в ДВС : учебник для вузов // В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Т.Ю. Кричевская и др. – М. : Высш. шк., 2005. – 414 с.
3. Шароглазов, Б.А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов / Б.А. Шароглазов, М.Ф. Фарафонов, В. В. Клеменьтьев. – Челябинск, ЮУрГУ, 2004. – 344 с.
4. Ведрученко, В.Р. Альтернативные виды топлива для судовых дизелей / В.Р. Ведрученко, И.И. Малахов. – Омск : Омский институт водного

транспорта (филиал) ФБОУ ВПО «НГАВТ», 2012. – 172 с.

5. Фофанов, Г.А. Альтернативные виды топлива на подвижном составе железнодорожного транспорта / Труды ВНИИЖТа // Г.А. Фофанов, Д.Н. Григорович, А.С. Нестрахов. – М.: Научно-исследовательский ин-т ж.д. трансп., 2008. – 143 с.

6. Ведрученко, В.Р. Разработка приближенной математической модели связи процессов впрыска и сгорания топлива в дизельных энергетических установках локомотивов / В.Р. Ведрученко, В.В. Крайнов, Е. С. Лазарев // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – 2014. – № 4. – С.18 – 28.

7. Албаев, А. Р. Производство и применение биодизеля: справочное пособие / А. Р. Албаев, Ф. М. Гумеров, В. Г., Семенов и др. – М.: АПР и ППРО, 2006. – 80 с.

8. Алейников, Ю.П. Повышение энергоэкологических показателей дизелей железнодорожного транспорта применением синтетических спиртов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ю.П. Алейников. – М.: 1984. – 24 с.

9. Альтернативные виды топлива: URL: <http://www.altfuel.ru>.

10. Ведрученко, В. Р. Топливоиспользование в тепловозных двигателях. Системные методы исследований: учебное пособие / В. Р. Ведрученко. Омск: Омский ин-т инж. ж.-д. транспорта, 1990. – 89 с.

11. Ерофеев, В. Л. Использование перспективных топлив в судовых энергетических установках / В.Л. Ерофеев. – Л.: Судостроение, 1989. – 80 с.

12. Емельянов, В. Е. Альтернативные экологически чистые виды топлива для автомобилей: свойства, разновидности, применение / В.Е. Емельянов, И.Ф. Крылов. – М.: АСТ. Астрель, 2004. – 128 с.

13. Архангельский, В.М. Автомобильные двигатели / В.М. Архангельский, М.М. Вихерт, А.Н. Воинов, Ю.А. Степанов. – М.: Машиностроение, 1967. – 496 с.

14. Хандов, З.А. Судовые двигатели внутреннего сгорания (теория) / З.А. Хандов. М.: Транспорт, 1969. 304 с.

15. Мамедова, М. Д. Работа дизеля на сжиженном газе / М. Е. Мамедова. – М.: Машиностроение, 1980. 149 с.

16. Ведрученко, В. Р. Методика индцирования среднеоборотного судового дизеля / В. Р. Ведрученко // Передовой опыт и новая техника. ЦБ НТИ МРФ. Вып. 4. – М., 1981. – С. 37 – 41.

A DIESEL ENGINE OPERATION BY USING ALTERNATIVE FUELS

V. R. Vedruchenko, V. V. Krainov, E. S. Lazarev, P. V. Litvinov

Abstract. The short survey and analyze of diesel operation indexes working on liquid fuels is shown. The analytic and graphic interpretation of the indicator diagram, characteristics of fuel injection and heat release, harshness of working cycle are given. The in-

fluence of standard and alternative fuel types on diesel operation parameters is analyzed by experimenting on a high-speed diesel engine test bench. The results of diesel tests on diesel fuel and liquefied oil gas mixes are examined. The modelling results of diesel working on a mix of liquefied oil gas and standard diesel fuel are analyzed.

Keywords: indicator process, diesel fuel, alternative fuel, indicator diagram, fuel supply and heat release.

References

1. Lukanin, V. N. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Kniga 1. Teoriya rabochih processov / Uchebnik dlya vuzov // V. N. Lukanin, M. G. SHatrov, T. YU. Krichevskaya i dr. M.: Vyssh. shk., 2005. 479 s.

2. Lukanin, V. N. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Kniga 3. Komp'yuternyj praktikum. Modelirovaniye processov v DVS / Uchebnik dlya vuzov // V. N. Lukanin, M. G. SHatrov, T. YU. Krichevskaya i dr. M.: Vyssh. shk., 2005. 414 s.

3. Sharoglazov, B. A. Dvigateli vnutrennego sgoraniya: teoriya, modelirovaniye i raschet processov / B. A. SHaroglazov, M. F. Farafontov, V. V. Klemen'tev. CHelyabinsk, YUUrGU, 2004. 344 s.

4. Vedruchenko, V. R. Al'ternativnye vidy topliva dlya sudovyh dizelej / V. R. Vedruchenko, I. I. Malahov. Omsk, Omskij institut vodnogo transporta (filial) FBOU VPO «NGAVT», 2012. 172 s.

5. Fofanov, G. A. Al'ternativnye vidy topliva na podvizhnom sostave zheleznodorozhnogo transporta / Trudy VNIIZHTa // G. A. Fofanov, D. N. Grigorovich, A. S. Nestrachov. M.: Nauchno-issledovatel'skij in-t zh.d. transp., 2008. 143 s.

6. Vedruchenko, V. R. Razrabotka priblizhennoj matematicheskoy modeli svyazi processov vpryska i sgo-raniya topliva v dizel'nyh ehnergeticheskikh ustanovkah lokomotivov / V. R. Vedruchenko, V. V. Krajnov, E. S. Lazarev // Izvestiya Transsiba. Omskij gos. un-t putej soobshcheniya. Omsk. 2014. № 4. S.18 – 28.

7. Albaev, A. R. Proizvodstvo i primeneniye biodizelya: spravochnoe posobie / A. R. Al-baev, F. M. Gumerov, V. G., Semenov i dr. M.: APR i PPRO, 2006. 80 s.

8. Alejnikov, Yu. P. Povysheniye ehnergo-ehkologicheskikh pokazatelej dizelej zheleznodorozhnogo transporta primeneniem sinteticheskikh spirtov: avtoref. diss. kand. tekhn. nauk / YU. P. Alejnikov. M.: 1984. 24 s.

9. Al'ternativnye vidy topliva: URL: <http://www.altfuel.ru>.

10. Vedruchenko, V. R. Toplivoispol'zovanie v teplovoznyh dvigatelyah. Sistemnye me-tody issledovaniy: uchebnoe posobie / V. R. Vedruchenko. Omsk: Omskij in-t inzh. zh.-d. transporta, 1990. 89 s.

11. Erofeev, V. L. Ispol'zovanie perspektivnyh topliv v sudovyh ehnergeticheskikh ustanovkah / V. L. Erofeev. L.: Sudostroeniye, 1989. 80 s.

12. Emel'yanov, V. E. Al'ternativnye ehkologicheski chistye vidy topliva dlya avtomobilej: svojstva, raznovidnosti, primeneniye / V. E. Emel'yanov, I. F. Krylov. M.: ACT. Ast-rel', 2004. 128 s.

13. Arhangel'skij, V. M. Avtomobil'nye dvigateli / V. M. Arhangel'skij, M. M. Vihert, A. N. Voinov, YU. A. Stepanov. M.: Mashinostroenie, 1967. 496 s.

14. Handov, Z. A. Sudovye dvigateli vnutrennego sgoraniya (teoriya) / Z. A. Handov. M. Transport, 1969. 304 s.

15. Mamedova, M. D. Rabota dizelya na szhizhennom gaze / M. E. Mamedova. M.: Mashinostroenie, 1980. 149 s.

16. Vedruchenko, V. R. Metodika indicirovaniya sredneoborotnogo sudovogo dizelya / V. R. Vedruchenko // Peredovoj opyt i novaya tekhnika. SB NTI MRF. Vyp. 4. M., 1981. S. 37 – 41.

Ведрученко Виктор Родионович (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Теплоэнергетика ФГБОУ ВО ОмГУПС (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: vedruchenko@mail.ru).

Крайнов Василий Васильевич (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры Теплоэнергетика ОмГУПС (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: KrainovVV@omgups.ru).

Лазарев Евгений Сергеевич (Омск, Россия) – преподаватель кафедры Теплоэнергетика ФГБОУ ВО ОмГУПС (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: Incoe@yandex.ru).

Литвинов Павел Васильевич (Омск, Россия) – аспирант очной формы обучения кафедры Теплоэнергетика ФГБОУ ВО ОмГУПС (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: p_vasilich55@mail.ru).

Victor R. Vedruchenko (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Heat Energy, Omsk State Transport University (644046, Marks avenue, 35, Omsk, e-mail: vedruchenko@mail.ru).

Vasily V. Krainov (Omsk, Russian federation) –, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department Of Heat Energy, Omsk State Transport University (644046, Marks avenue, 35, Omsk, e-mail: KrainovVV@omgups.ru).

Yevgeny S. Lazarev (Omsk, Russian Federation) – Lector, Department of Heat Energy, Omsk State Transport University (644046, Marks avenue, 35, Omsk, e-mail Incoe@yandex.ru).

Pavel V. Litvinov (Omsk, Russian Federation) – post graduate student of the Heat Energy Department of the Omsk State Transport University (644046, Marks avenue, 35, Omsk, e-mail: p_vasilich55@mail.ru).

УДК 656.05

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ТЕРМИНА "ПЕРЕКРЕСТОК"

В.А. Городокин, З.В. Альметова, В.Д. Шепелев
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск, Россия

Аннотация. Статистические данные ГИБДД свидетельствуют о том, что самыми распространенными видами дорожно-транспортных происшествий стали столкновения транспортных средств, большинство из которых происходят на перекрестках дорог. Объективное расследование обстоятельств дорожно-транспортных происшествий и установление истинного виновника происшествия является основной задачей органов и лиц, проводящих исследование обстоятельств ДТП. Вместе с тем, проведение исследования обстоятельств происшествия неразрывно связано с однозначным пониманием того, где, в каком месте произошло дорожно-транспортное происшествие и кто из его участников пользовался преимущественным правом на движение. Решение поставленных вопросов, зачастую, затруднено в связи с недостаточно точными формулировками терминов, используемых в Правилах дорожного движения Российской Федерации. В частности этот недостаток касается термина «перекресток». В различной литературе, посвященной вопросам безопасности движения, приводятся примеры, позволяющие определить конфигурацию и границы перекрестка. Однако, подавляющее большинство приведенных примеров базируется на наиболее простой форме трех- или четырех стороннего перекрестка. В данной работе авторами проведен детальный анализ и сделан вывод о необходимости изменения существующего термина «перекресток».

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, перекресток, безопасность движения, правила дорожного движения, границы перекрестка.

Введение

Согласно статистическим данным ГИБДД, по итогам 2015 года снизились все основные показатели аварийности. Число погибших в дорожно-транспортных происшествиях уменьшилось на 14,7 %. Тем не менее, всего в 2015 году на российских дорогах погибли 23 114 человек. Общее количество ДТП уменьшилось на 8,2%, всего было зарегистрировано 184 тыс. ДТП. При этом, число раненых сократилось на 8,6%, а ранения на дорогах получили 231 197 человек. По вине водителей произошло 157 943 ДТП (-9,2%), в которых ранено 207 985 человек (-9,2%), погибло 19 011 человек (-16,9%). Самыми распространенными видами дорожно-транспортных происшествий стали столкновения транспортных средств (75 266 случаев), наезд на пешехода (56 918) и наезд на препятствие (11 842) [1].

Наиболее часто дорожно-транспортные происшествия (ДТП) происходят на узлах улично-дорожной сети, к которым в первую очередь относятся перекрестки дорог. Не вызывает сомнения тот факт, что объективное расследование обстоятельств ДТП и установление истинного виновника происшествия является основной задачей органов и лиц, проводящих исследование обстоятельств ДТП. Проведение исследования обстоятельств происшествия неразрывно связано с однозначным пониманием того, где, в каком месте ДТП и кто из его участников пользовался преимущественным правом на движение. Однако, решение поставленных вопросов, зачастую, затруднено в связи с недостаточно точными формулировками терминов, используемых в Правилах дорожного движения Российской Федерации (ПДД РФ).

Определение границ перекрестка

Так, согласно принятой в Российской Федерации терминологии, **«Перекресток»** - место пересечения, примыкания или разветвления дорог на одном уровне, ограниченное воображаемыми линиями, соединяющими соответственно противоположные, наиболее удаленные от центра перекрестка начала закруглений проезжих частей. Не считаются перекрестками выезды с прилегающих территорий».

Как следует из приведенного выше термина, под перекрестком понимается достаточно обширная территория, образованная пересекающимися, разветвляющимися или примыкающими проезжими частями. По сути, это та часть дороги, которая ограничена прямыми линиями, проходящими в зоне окончания и начала закруглений проезжих частей.

Вместе с тем, в практической деятельности в первую очередь требуется устанавливать не сами проезжие части и факт их пересечения, примыкания и разветвления, а границы этих форм узлов автомобильных дорог. К сожалению, в действующей редакции ПДД, равно, как во всех предыдущих редакциях, разъяснению термина «граница пересечения проезжих частей» или «граница пересекаемой проезжей части» не дано. При разборе указанных выше терминов следует указать на несовпадение существующих теоретических формулировок и классификации, данной в специальной технической литературе, посвященной дорожному проектированию, терминологии, используемой в ПДД. Так, согласно принятой в технической литературе классификации, «автомобильные дороги, образующие дорожную сеть страны, могут пересекаться между собой, примыкать друг к другу или разветвляться на два или несколько направлений» [2].

Отличие терминологии, используемой в ПДД, от применяемой в технической литературе состоит в том, что как пересечение, так и примыкание или разветвление, представляющих собой узел автомобильных дорог, именуются одним термином «пересечение» проезжих частей. С технической точки зрения, различают узлы автомобильных дорог в одном или в разных уровнях (двух, трех, четырех и более). Узлы, состоящие из автомобильных дорог, пролегающих в разных уровнях, называются «транспортными развязками» и, соответственно, «перекрестками», с точки зрения ПДД, не являются. В свою очередь, применительно к терминологии ПДД, узел автомобильных дорог, пролегающих в одном уровне, подпадает под термин «перекресток» [3].

В ПДД термин «перекресток» или производные этого слова употребляется 68 раз и, как это следует из приведенной выше классификации, «перекресток» является более широким понятием и, соответственно, охватывает такой узел, как «пересечение проезжих частей». Вывод о том, что в ПДД все узлы, представляющие собой пересечение, примыкание или разветвление, именуются одним термином «пересечение» проезжих частей, подтверждается формулировками различных требований ПДД, например, фрагментом п.12.4, согласно которому, «Остановка запрещается: ...на пересечении проезжих частей и ближе 5 м от края пересекаемой проезжей части, за исключением стороны напротив бокового проезда трехсторонних пересечений (перекрестков), имеющих

сплошную линию разметки или разделительную полосу...». Как видно из приведенного примера, речь идет об узле автомобильных дорог, представляющих собой или примыкание или разветвление, однако, как один, так и другой вариант названы «пересечением».

Вместе с тем, как указано выше, с точки зрения выполнения требований ПДД, наибольший интерес представляет не сам объект – пересечение проезжих частей, а его границы. В частности, определение границы проезжей части, на которую осуществляется въезд при пересечении, потребует для решения вопроса о соответствии или несоответствии действий водителя транспортного средства требованиям п.6.13 ПДД. Иными словами, ПДД требуют от водителя в первую очередь определить ближайшую границу перекрестка, затем соотнести с ней нанесенную стоп-линию, и, при отсутствии стоп-линии, следующим шагом определить ближайшую границу проезжей части, которую он намерен пересечь, или на которую выехать.

Дальнюю границу пересечения проезжих частей водитель должен установить с целью выполнения требований ч.1 п.8.6 ПДД, согласно которым «Поворот должен осуществляться таким образом, чтобы при выезде с пересечения проезжих частей транспортное средство не оказалось на стороне встречного движения».

В связи с вышеизложенным, возникает несколько вопросов:

1. Как водитель должен устанавливать границы пересечения проезжих частей?

2. Что является границей пересечения проезжих частей?

И, если, как было указано выше, в ПДД РФ существует термин «перекресток» и дается его понимание, то, что такое пересечение проезжих частей и, что является границей пересечения проезжих частей, в нормативно-правовом акте нет. При этом термин «перекресток» представляет собой несколько более развернутое понятие, чем то, которое дано в Конвенции о дорожном движении: «Intersection» means any level crossroad, junction or fork, including the open areas formed by such crossroads, junctions or forks», что означает «Перекресток» - любое пересечение, примыкание или разветвление дорог в одном уровне, включая территорию, образуемую такими пересечениями, примыканиями или разветвлениями» (перевод официального текста скорректирован авторами) [4]. Нельзя сказать, что приведенная формулировка в международном правовом документе в полной мере позволяет определить границы пере-

крестка. Во всяком случае, непонятно о какой территории и ее протяженности идет речь, которая охватывается термином и образована в результате пересечений, примыканий и разветвлений дорог.

Таким образом, не вызывает сомнения тот факт, что существующий термин «перекресток» должен быть изменен. Еще одним доводом в пользу того, что существующая формулировка не удовлетворяет современным конструктивным особенностям перекрестков, является внедрение на перекрестках направляющих островков и специальных полос, выполненных в обход светофорных объектов. Наличие указанных полос, места съезда на них и места слияния с основным потоком, выходят далеко за пределы начала или окончания закруглений проезжих частей. Сложная конфигурация перекрестка ведет к тому, что определение его границы или представляет значительную сложность, или технически невозможно [5].

Вместе с тем, принимая во внимание тот факт, что границы пересечения проезжих частей важны, однако, не могут выходить за границы перекрестка, а само пересечение проезжих частей является его составной частью, рассмотрим вопрос о том, имеет ли принципиальное значение определение границы перекрестка.

Рассмотрим, в каких случаях применяется термин «Перекресток»,

- при указании участникам движения на ориентир при переходе дороги;
- при указании на форму организации движения в зоне пересечения проезжих частей;
- для соотнесения места установки дорожных знаков и границы перекрестка;
- при определении места запрещения определенных действий;
- при регламентации определенных действий, в зоне пересечения проезжих частей
- при нанесении разметки в границах перекрестка;
- при ограничении зоны действия дорожных знаков;
- при указании на маршрут движения, в случае запрещения определенных действий на перекрестке.

При этом, нередко в ПДД одновременно применяются оба термина, например в п.13.2. «Запрещается выезжать на перекресток или пересечение проезжих частей, если образовался затор, который вынудит водителя остановиться, создав препятствие для движения транспортных средств в поперечном на-

правлении». Вместе с тем, в приведенной формулировке достаточно употребления одного термина - «пересечение проезжих частей». Выезд (правильнее говорить «въезд», т.к. согласно правилам русского языка, выехать можно откуда-то, а куда-то можно въехать) на перекресток в подавляющем числе случаев не препятствует движению транспортного потока в конфликтующем направлении. Помеха в данном случае может быть создана пешеходам, но это в основном будет зависеть от расположения пешеходного перехода относительно границ пересекаемой проезжей части и является темой отдельного обсуждения [6].

В другом случае формальная граница перекрестка не имеет какого-либо технического или правового значения, например, п.13.3. «Перекресток, где очередность движения определяется сигналами светофора или регулировщика, считается регулируемым. При желтом мигающем сигнале, неработающих светофорах или отсутствии регулировщика перекресток считается нерегулируемым, и водители обязаны руководствоваться правилами проезда нерегулируемых перекрестков и установленными на перекрестке знаками приоритета».

Еще больший вопрос вызывает требование п.13.7 ПДД, согласно которому «Водитель, въехавший на перекресток при разрешающем сигнале светофора, должен выехать в намеченном направлении независимо от сигналов светофора на выходе с перекрестка. Однако, если на перекрестке перед светофорами, расположенными на пути следования водителя, имеются стоп-линии (знаки 6.16), водитель обязан руководствоваться сигналами каждого светофора». Проблема заключается в том, что при достаточно сложной конфигурации перекрестка и значительной его протяженности, не исключен факт въезда в границы перекрестка на разрешающий сигнал светофора и достижение границ пересекаемой проезжей части (при высокой загрузке перекрестка) на запрещающий сигнал. С точки зрения здравого смысла и безопасности дорожного движения, наиболее целесообразно водителю остановить транспортное средство (если такая техническая возможность у него имеется) до границы пересекаемой проезжей части, а не осуществлять въезд на пересечение при запрещающем сигнале [7]. Однако, вопреки здравому смыслу, согласно действующим требованиям ПДД, водитель должен продолжить движение, чем, вероятнее всего, создаст и помеху, и опасность водителям транспортных

средств, начинающим движение на разрешающий сигнал светофора.

Не меньший вопрос вызывают и требования п.13.9 ПДД, согласно которым «На перекрестке неравнозначных дорог водитель транспортного средства, движущегося по второстепенной дороге, должен уступить дорогу транспортным средствам, приближающимся по главной, независимо от направления их дальнейшего движения». В данном случае проблема состоит в том, что разъяснение термина «второстепенная дорога», практически, отсутствует. Только в одном случае Правила дают возможность понять, что въезд на перекресток осуществляется с второстепенной дороги - когда примыкающая или пересекающая дорога является грунтовой, т.е. дорогой, на которой отсутствует вообще какое-либо усовершенствованное покрытие. Во всех других случаях, въезд производится просто на главную дорогу, понятие которой дано, однако ее обозначение на дороге, пересекающей или примыкающей к ней, не обозначается иным способом, как дорожными знаками 2.4 или 2.5. Отсутствие указанных знаков не позволяют водителю идентифицировать дорогу, которую он намерен пересечь, как главную, а соответственно, ту, по которой он движется, второстепенной [8].

Рассмотрим случаи, когда граница перекрестка имеет значение. Так, согласно требованиям п.6.13 ПДД «При запрещающем сигнале светофора (кроме реверсивного) или регулировщика водители должны остановиться перед стоп-линией (знаком 6.16), а при ее отсутствии:

- на перекрестке - перед пересекаемой проезжей частью (с учетом пункта 13.7 Правил), не создавая помех пешеходам;
- перед железнодорожным переездом - в соответствии с пунктом 15.4 Правил;
- в других местах - перед светофором или регулировщиком, не создавая помех транспортным средствам и пешеходам, движение которых разрешено».

В приведенной выше формулировке двойственность очевидна.

На перекрестке (рис.1), при отсутствии стоп-линии изображенная группа транспортных средств «Н» должна, выполняя требования п.6.13 ПДД, продвинуться в пределы перекрестка (A B C D E F K L) и остановиться перед линией (M N), являющейся предполагаемой границей пересекаемой проезжей части. По мнению авторов работы, указанный пункт Правил должен трактоваться следующим образом: «При запрещающем сигнале

светофора (кроме реверсивного) или регулировщика водители должны остановиться перед стоп-линией (знаком 6.16), а при ее отсутствии:

- на перекрестке – водитель должен остановиться перед пересекаемой проезжей частью (с учетом пункта 13.7 Правил), не создавая помех пешеходам;

- перед железнодорожным переездом – остановиться необходимо в соответствии с пунктом 15.4 Правил;

- в других местах – останавливаться следует перед светофором или регулировщиком, не создавая помех транспортным средствам и пешеходам, движение которых разрешено».

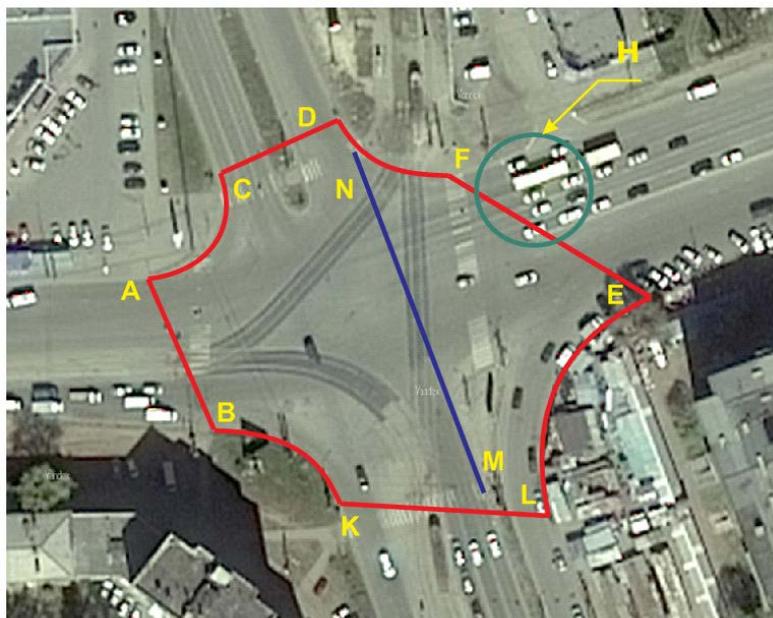


Рис. 1. Изображение места остановки транспортных средств, согласно требованиям п.6.13 ПДД, при запрещающем сигнале светофора и отсутствии стоп-линии: A B C D E F K L – границы перекрестка; M N – границы пересекаемой проезжей части; H – группа транспортных средств

При данной трактовке, учитывая тот факт, что стоп-линия отсутствует не на перекрестке (рис.1), а в другом месте, транспортные средства должны остановиться перед светофором, что, собственно, водителями указанной на схеме группы транспортных средств «Н» и сделан. Иными словами, водители указанной группы транспортных средств руководствовались не требованиями ПДД, а здравым смыслом [9].

Определенный интерес, с точки зрения определения границы перекрестка, представляют требования п.8.8 Правил, согласно которым «При повороте налево или развороте вне перекрестка водитель безрельсового транспортного средства обязан уступить дорогу встречным транспортным средствам и трамваю попутного направления. Если при развороте вне перекрестка ширина проезжей части недостаточна для выполнения маневра из крайнего левого положения, его допускается производить от правого края проезжей части (с правой обочины). При этом водитель

должен уступить дорогу попутным и встречным транспортным средствам».

Из приведенного выше текста следует, что при совершении маневра «разворот» в случаях, когда ширина проезжей части не позволяет выполнить его из крайнего левого положения, маневр допускается производить из иного положения, при этом необходимо уступать дорогу попутным и встречным транспортным средствам, не исключая трамвай. Если данное требование сравнить с требованиями п.8.7 Правил, согласно которым «Если транспортное средство из-за своих габаритов или по другим причинам не может выполнить поворот с соблюдением требований пункта 8.5 Правил, допускается отступать от них при условии обеспечения безопасности движения и если это не создаст помех другим транспортным средствам», то можно выявить ряд совпадений, позволяющих при некотором незначительном изменении и объединении формулировок признать несущественной разницу в обязанностях водителя ма-

неврирующего транспортного средства при совершении маневра «поворот» или разворот» в пределах перекрестка или вне его [10]. При данных обстоятельствах можно сделать вывод об отсутствии необходимости установления границы перекрестка.

Анализируя требования п.8.12 Правил, согласно которым «Движение транспортного средства задним ходом разрешается при условии, что этот маневр будет безопасен и не создаст помех другим участникам движения. При необходимости водитель должен прибегнуть к помощи других лиц. Движение задним ходом запрещается на перекрестках и в местах, где запрещен разворот согласно пункту 8.11 Правил», можно сделать вывод о некорректности введенного запрета. Вне всякого сомнения, двигаться через перекресток задним ходом следует запретить, но как быть в случае, если двигавшееся впереди транспортное средство остановилось в пределах перекрестка не в связи с необходимостью предоставления приоритета, а по иной причине (например, неисправность, не позволяющая продолжить движение, или столкновение с другим транспортным средством). При этом дистанция до остановившегося транспортного средства не позволяет произвести его объезд. Водителю необходимо продолжать стоять или допустимо совершить маневр, связанный первоначально с движением задним ходом и последующим объездом? Видимо, следует признать допустимым второй вариант, но как быть с запретом двигаться задним ходом в пределах перекрестка? Вероятнее всего, во-первых, следует изменить формулировку п.8.12 Правил и запретить движение задним ходом не на перекрестке, а с целью пересечения проезжих частей [11].

Следующий пункт, подвергаемый анализу **9.2 ПДД** «На дорогах с двусторонним движением, имеющих четыре или более полосы, запрещается выезжать для обгона или объезда на полосу, предназначенную для встречного движения. На таких дорогах повороты налево или развороты могут выполняться на перекрестках и в других местах, где это не запрещено Правилами, знаками и (или) разметкой». Более неудачную формулировку трудно представить. Написав фразу «...на перекрестках и в других местах, где это не запрещено Правилами, знаками и (или) разметкой», законодатель, по сути, допустил выполнение поворота и разворота «везде», где это не запрещено Правилами, знаками и (или) разметкой. Иными словами, на проезжих частях, имеющих ширину, позволяющую

двигаться по 4, 6 и 8 полосам в обоих направлениях, в случае, когда дорожная разметка плохо различима в силу физического износа или из-за наличия снега, грязи и т.п., водитель получает право на выполнение вне перекрестка маневров, как «поворот налево» с пересечением всех встречных полос, так и «разворот», который представляет не меньшую опасность. И стоит ли говорить о той помехе, а, зачастую, и об опасности, которую создает транспортное средство, остановившееся в крайней левой полосе на перегоне между перекрестками, на время ожидания водителем возможности совершить маневр, указанный выше. И все это допустимо, согласно действующим ПДД. При грамотной постановке требования, поворот налево или разворот на проезжих частях, указанной выше ширины, следует разрешить только на пересечении проезжих частей или в местах специально оборудованных и организованных для этой цели, и кроме этого, обозначенных соответствующим образом [12]. Таким образом, в анализируемом пункте Правил термин «перекресток» может быть или заменен на «пересечение проезжих частей», или в существующей формулировке потерял смысл и не имеет принципиального значения с точки зрения границ перекрестка.

Также теряет смысл граница перекрестка в требованиях п.13.9. Правил, согласно которым «На перекрестке неравнозначных дорог водитель транспортного средства, движущегося по второстепенной дороге, должен уступить дорогу транспортным средствам, приближающимся по главной, независимо от направления их дальнейшего движения. На таких перекрестках трамвай имеет преимущество перед безрельсовыми транспортными средствами, движущимися в попутном или встречном направлении по равнозначной дороге, независимо от направления его движения. В случае если перед перекрестком с круговым движением установлен знак 4.3 в сочетании со знаком 2.4 или 2.5, водитель транспортного средства, находящегося на перекрестке, пользуется преимуществом перед выезжающими на такой перекресток транспортными средствами».

Используется термин «перекресток» в разделе ПДД, касающийся дорожной разметки и дорожных знаков. При этом, аналогично, не имеет значения формальная граница перекрестка при нанесении дорожной разметки 1.7 (прерывистая линия с короткими штрихами и равными им промежутками) – обозначающая полосы движения в пределах перекрестка. В данном случае, учитывая тот факт,

что перекресток образован пересекающимися проезжими частями и кривыми, соединяющими эти проезжие части, разметка 1.7 должна наноситься на всем протяжении кривой, ограничивающей, в зависимости от направления поворота, правую или левую границу стороны проезжей части.

Также теряет смысл определение границ перекрестка и имеет только ориентирующее значение наносимая разметка 1.18 – указывающая разрешенные на перекрестке направления движения по полосам.

Таким образом, анализ применяемого в ПДД РФ термина «перекресток» показывает, что применение его в подавляющем числе случаев или носит ориентирующий характер или может быть сведено к понятию термина «пересечение проезжих частей». И тот и другой вариант сводят на нет необходимость определения границы перекрестка.

Выводы

Проведенный анализ термин «перекресток» показал, что принятые и используемые в ПДД формулировки требований, предъявляемых к водителям транспортных средств, изобилуют множеством погрешностей, неточностей и просто ошибок, что позволяет в некоторых случаях двояко интерпретировать соответствующие положения. Данное положение дел недопустимо, т.к. с одной стороны вводит в заблуждение участников дорожного движения, с другой, затрудняет или исключает возможность объективного исследования обстоятельств дорожно-транспортного происшествия. На основании проведенного исследования, предлагается принять термин «перекресток» в следующей формулировке: «перекресток» - территория, образованная в одном уровне пересекающимися, примыкающими или разветвляющимися проезжими частями, а также закруглениями, соединяющими указанные проезжие части. Принятие предложенной формулировки позволит устранить неопределенность в решении множества вопросов, возникающих при расследовании обстоятельств дорожно-транспортных происшествий, имевших место в пределах перекрестка, что в свою очередь позволит принять объективное решение о виновности того или иного участника происшествия.

Библиографический список

1. ГИБДД утверждает, что все показатели аварийности снизились. – Режим доступа: <http://www.zr.ru/content/news/845054-gibdd-utverzhaet-cto-vse-pokazateli-avarijnosti-snizilis/> (Дата обращения 20.10.2016).

2. Гохман, В.А. Пересечение и примыкания автомобильных дорог : учеб. пособие для вузов / В.А. Гохман и др. – М. : Высшая школа, 1977. – 310 с.

3. Правила дорожного движения Российской Федерации: по состоянию на 21.01.2015г. – М. : ООО ИДТР, 2015. – 64 с.

4. Конвенция о дорожном движении. Европейское соглашение, дополняющее Конвенцию о дорожном движении, открытую для подписания в Вене 8 ноября 1968 года (Женева 1 мая 1971 г.). – М. : Ассоциация международных автомобильных перевозчиков, 1994. – 53 с.

5. Кременец, Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский. – М. : Транспорт, 1981. – 252 с.

6. Городокин, В.А. О некоторых проблемах безопасности пешеходов / В.А. Городокин, З.В. Альметова // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2015. – № 1. – С. 231-237.

7. Суворов, Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП / Ю.Б. Суворов. – М. : Экзамен, 2003. – 208 с.

8. Городокин, В.А. Правовые, технические и виктимологические проблемы обеспечения безопасности на нерегулируемых пешеходных переходах / В.А. Городокин, А.В. Майоров. – Челябинск : Цицеро, 2012. – 130 с.

9. Селиванов, Н.А. Расследование дорожно-транспортных происшествий / Н.А. Селиванов, А.И. Дворкин, Б.Д. Завидов. – М. : Лига Разум, 1998. – 448 с.

10. Иларионова, В.А. Судебная автотехническая экспертиза / В.А. Иларионова. – М. : Судэкс, 2001. – 156 с.

11. Пучкин, В.А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: База данных. Экспертная техника. Методы решений / В.А. Пучкин – Ростов н/Д : ИПО ПИ ЮФУ, 2010. – 400 с.

12. Pogotovkina, N.S. Motorization in Russia: Challenges and solutions [Электронный ресурс] / N.S. Pogotovkina, Z.V. Almetova, Y.N. Gorchakov, S.A. Kosyakov, V.D. Kheday // International Journal of Applied Engineering Research / India Publications, 2015 – Режим доступа: <http://www.scopus.com/results>.

EXPERT ASSESSMENT OF THE TERM "CROSSROAD" AND THE DEFINITION OF ITS BOUNDARIES

V.A. Gorodokin, Z.B. Almetova, V. D. Shepelev

Abstract. Traffic police statistics show that the most common types of road accidents began hitting vehicles, most of which occur at crossroads of roads. An objective investigation of circumstances traffic incidents and identification the true culprit of the accident is the main task of the persons investigating of

the circumstances of the accident. However, the investigation into circumstances of incident is inextricably linked to a clear understanding where, in what place there was a traffic accident and who of the participants used a preferential right to movement. The solution of these issues is often hampered due to insufficiently precise wording of the terms used in the Rules of the road Russian Federation. In particular, this disadvantage concerns the term "crossroad." In the various literature devoted to the issues of traffic safety, examples are given that allow to determine the configuration and boundaries of the crossroad. However, the vast majority of the examples based on the simplest form of three - or four-way crossroad. In this work, the authors analyzed requirements and came to the conclusions that the necessity of changing the existing term "crossroad".lwe

Keywords: traffic accident, crossroad, traffic safety, rules of the road, the boundaries of the crossroad.

References

1. GIBDD utverzhaet, chto vse pokazateli avarijnosti snizilis' [The traffic police says that all the rates of accidents declined]. Available at: <http://www.zr.ru/content/news/845054-gibdd-utverzhaet-chto-vse-pokazateli-avarijnosti-snizilis/>.
2. V.A. Gohman i dr. *Peresechenie i primykaniya avtomobil'nyh dorog* [The intersection and junction of roads]. Moscow, Vysshaja. shkola, 1977. 310 p.
3. *Pravila dorozhnogo dvizhenija Rossijskoj Federacii: po sostojaniju na 21.01.2015 g* [Traffic rules of the Russian Federation: at 21.01.2015]. Moscow, OOO IDTR, 2015. 64 p.
4. *Konvencija o dorozhnom dvizhenii. Evropejskoe soglasenie, dopolnjajushhee Konvenciju o dorozhnom dvizhenii, otkrytuju dlja podpisaniya v Vene 8 nojabrja 1968 goda (Zheneva 1 maja 1971 goda)* [Convention on road traffic. European agreement supplementing the Convention on road traffic opened for signature at Vienna on 8 November 1968 (Geneva, 1 may 1971)]. Moscow, Associacija mezhdunarodnyh avtomobil'nyh perevozchikov, 1994. 53 p.
5. Kremenec Ju.A. *Tehnicheskie sredstva regulirovanija dorozhnogo dvizhenija* [Technical means of traffic regulation]. Moscow, Transport, 1981. 252 p.
6. Gorodokin V.A. *O nekotoryh problemah bezopasnosti peshehodov* [About some problems of pedestrian safety]. Modernizacija i nauchnye issledovanija v transportnom komplekse, 2015, no 1. pp. 231 - 237.
7. Suvorov Ju.B. *Sudebnaja dorozhno-transportnaja jekspertiza. Sudebno-jekspertnaja ocenka dejstvij voditelej i drugih lic, otvetstvennyh za obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija, na uchastkah DTP* [Court traffic expertise. Forensic assessment of the actions of drivers and other persons responsible for ensuring traffic safety on sections of road accident]. Moscow, Jekzamen, 2003. 208 p.
8. Gorodokin V.A. *Pravovye, tehnicheckie i viktimologičeskie problemy obespečenija bezopasnosti*

na nereguliruemym peshehodnym perehodah [Legal, technical and victimological problems of safety on unregulated pedestrian crossings]. Cheljabinsk, Cice-ro, 2012. 130 p.

9. Selivanov N.A. *Rassledovanie dorozhno-transportnyh proisshestvij* [The investigation of traffic accidents]. Moscow, Liga Razum, 1998. 448 p.

10. Ilarionova V.A. *Sudebnaja avtotehničeskaja jekspertiza* [Judicial autotechnical expertise]. Moscow, Sudjeks, 2001. 156 p.

11. Puchkin V.A. *Osnovy jekspertnogo analiza dorozhno-transportnyh proisshestvij: Baza dannyh. Jekspertnaja tehnika. Metody reshenij* [Basis of expert analysis of road accidents: the Database. Expert technique. Solutions]. Rostov na Donu, IPO PI JuFU, 2010. 400 p.

12. Pogotovkina N.S. *Motorization in Russia: Challenges and solutions* // International Journal of Applied Engineering Research, India Publications, 2015. Available at: <http://www.scopus.com/results>.

Городокин Владимир Анатольевич (г. Челябинск, Россия) - кандидат юридических наук, доцент, профессор кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» (454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, e-mail: gorodok_vlad@mail.ru).

Альметова Злата Викторовна (г. Челябинск, Россия) - кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» (454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, e-mail: zlata.almetova@yandex.ru).

Шепелев Владимир Дмитриевич (г. Челябинск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» (454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76, e-mail: shepelev1978@mail.ru).

Vladimir A. Gorodokin (Chelyabinsk, Russian Federation) – Ph. D. in Legal Sciences, Ass. Professor, Department Motor Transport, South Ural state University (national research university) (454080, Lenin av., 76, Chelyabinsk, Russian Federation, e-mail: gorodok_vlad@mail.ru).

Zlata V. Almetova (Chelyabinsk, Russian Federation) - Ph. D. in Technical Sciences, Department Motor Transport, South Ural state University (national research university)" (454080, Lenin av., 76, Chelyabinsk, Russian Federation, e-mail: zlata.almetova@yandex.ru).

Vladimir D. Shepelev (Chelyabinsk, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences of the Department Motor Transport, South Ural state University (national research university) (454080, Lenin av., 76, Chelyabinsk, Russian Federation, e-mail: shepelev1978@mail.ru).

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ РАБОТЫ ВОДИТЕЛЯ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

М. Ю. Манзин

Омский автобронетанковый инженерный институт, Россия, г. Омск

Аннотация. В статье разработана методика оценки информационного напряжения работы водителя гусеничной машины, в основу которой легла методика оценки информативности отдельного препятствия и участка пути в целом. Предлагаемая методика позволяет прогнозировать величину средней скорости движения гусеничной машины, обеспечиваемой способностями водителя обрабатывать и реализовать поступающую информацию о внешних условиях движения. Материалы статьи могут быть полезны научным и инженерно-техническим работникам в области исследования управляемости машин, занимающимся практическими вопросами испытаний и оценки эргономических свойств машин и, в частности, эргономики отделения управления.

Ключевые слова: моторное поле, плотность потока информации, участок пути, информативность препятствия, вероятность встречи помехи.

Введение

Исходя из функционального назначения водителя, как элемента системы «местность-человек-машина», условно его можно представить элементом системы массового обслуживания. По этой причине количество обслуженной информации ограничивается пропускной способностью конкретного человека. Для решения задачи оценки информационной нагруженности водителя необходимо использовать аппарат теории массового обслуживания. Пропускная способность системы массового обслуживания определяется количеством каналов, работоспособностью каналов и плотностью потока заявок для обслуживания [1].

Основными характеристиками систем массового обслуживания являются [7]:

- абсолютная пропускная способность, то есть среднее количество заявок, которое система должна обслужить в единицу времени;
- относительная пропускная способность, то есть среднее отношение обслуженных заявок к общему количеству поступивших заявок в единицу времени;
- среднее количество отказов в обслуживании заявок;
- среднее относительное время «простоя» системы из-за отсутствия заявок;
- средняя длина очереди заявок на обслуживание;
- среднее время обслуживания заявки;
- среднее время ожидания обслуживания заявки.

Задача исследования заключается в установлении зависимости между характеристиками системы и быстротой обслуживания заявок поступающей информации. Системы массового обслуживания могут быть с отказами и с ожиданием. В системах с отказами заявка, поступившая в момент, когда все каналы заняты, покидает систему необслуженной и в дальнейшем не обслуживается. В системах с ожиданием все поступившие на обслуживание заявки обслуживаются [2].

ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ РАБОТЫ ВОДИТЕЛЯ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

Для оценки влияния потока информации на динамику машины необходимо рассмотреть процесс формирования потока и вскрыть механизм влияния его на работу водителя. Последнее позволит наметить пути, уменьшающие вероятность отказа функционирования системы «местность-человек-машина».

Каждая помеха требует изменения характеристики закона движения ГМ, достигаемого воздействием на соответствующие органы управления. Помехой будем считать всякое препятствие встречающееся на пути движения ГМ, которая требует изменения характеристик закона движения машины, и обладает информативностью [8]. В процессе движения количество помех и их характеристики носят случайный характер, следовательно, количество обращений водителя к органам управления также будут носить случайный характер.

В процессе работы водитель совершает ошибки управления, которые обусловлены не достоверностью оценки условий движения и уровнем подготовки. При приближении к помехе водитель оценивает возможность ее преодоления. В зависимости от ее размеров и скорости машины он принимает решение о способе преодоления препятствия. Точность оценки помехи зависит от опыта вождения машин подобного типа. Наличие ошибок увеличивает количество информации.

Условия и воздействия, приводящие к срыву деятельности человека, определяют пределы функционирования системы «Человек-машина». В этом смысле исключение срыва деятельности водителя является одной из главных проблем, стоящих перед проектировщиками. Задачей инженерно-психологического проектирования современных машин является исключение возможности аварий и катастроф, которые неизбежны при срыве деятельности человека. В связи с этим при разработке машины необходимо установить допустимые пределы психофизиологических нагрузок, превышение которых ведет к срыву деятельности человека. Срыв деятельности человека характеризуется нулевой и даже отрицательной эффективностью. Он может наступать при повышении плотности потока информации допустимого предела. Поэтому необходимо иметь методику, позволяющую установить влияние условий движения на плотность потока информации поступающей водителю. При определенном сочетании внешних условий движения, состояния и скорости машины плотность потока информации достигает такой величины, что водитель не в состоянии ее обрабатывать. При превышении количества информации свыше допустимого предела появляется пропуск некоторого количества информации не обслуженной, а характеристики закона движения машины выходят за допустимые пределы. В этой ситуации водитель не может выполнять свои функции, и вынужден уменьшить скорость движения.

Реализация полученной информации оценивается интенсивностью обслуживания

$$\mu = \frac{1}{\tau_{он.ед}}, \quad (1)$$

где μ - интенсивность обслуживания информации;

$\tau_{он.ед}$ - время обслуживания одного препятствия.

Относительное время работы водителя, занятое непосредственно реализацией информации, определяется коэффициентом загруженности

$$\eta = \frac{\lambda}{\mu}. \quad (2)$$

Коэффициентом загруженности в свою очередь является относительное значение времени, занятого водителем непосредственным обслуживанием поступившей информации. Предельно допустимое значение коэффициента загруженности человека составляет $\eta = 0,75$ [3].

Условием успешного решения задачи управления движением машины является обязательное обслуживание всей информации. Следовательно, система должна допускать очередь помех на обслуживание. Среднее значение длины очереди оценивается уравнением

$$k = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}. \quad (3)$$

По психофизиологическим особенностям человека в очереди на обслуживание может быть не более трех помех [4].

Среднее время ожидания начала обработки информации в очереди определяется зависимостью вида

$$\tau_{ож} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (4)$$

Под временем ожидания понимается, то время, в течении которого поступившая информация должна быть обслужена. Степень согласованности плотности потока информации с возможностями водителя по ее обработке оценивается допустимым временем ожидания начала обработки

$$\tau_{ож.доп} \geq \tau_{пр.доп} - \tau_{он}, \quad (5)$$

где $\tau_{пр.доп}$ - предельное допустимое время обслуживания помех на участке пути, находящегося в поле зрения водителя.

Время $\tau_{пр.доп}$ - зависит от конструкции машины, чем характеризуется дальность видения помехи D_s и условия движения, то есть скоростью машины

$$\tau_{пр.доп} = \frac{D_s}{V}, \quad (6)$$

где V - скорость машины.

Условием отсутствия срыва управления машиной является $\tau_{ож.доп} \geq 0$. Исследо-

ваниями [5] установлено, что человек может работать без срывов при плотности потока информации 2-4 дв.ед/с. Используя это условие, получим допустимое количество информации, которое может быть обработано водителем на участке пути, находящегося в поле зрения

$$J_{D_s} = \frac{\lambda_{доп} D_s}{V} \quad (7)$$

Уравнение позволяет решить вопрос о величине допустимой скорости машины. С этой целью преобразуем уравнение к виду

$$[V] = \frac{\lambda_{доп} D_s}{J_{D_s}} \quad (8)$$

где J_{D_s} - количество информации о помехах с участка пути D_s .

Общее количество информации J_{D_s} при равномерном распределении помех движению по пути определяется зависимостью вида

$$J_{D_s} = J_{cp} \frac{\sum_1^m \sum_1^k a_i}{S} \cdot D_s \quad (9)$$

Время для опознавания помехи и принятие решения для преодоления препятствия определяется выражением

$$t_n = \frac{D_{sn}}{V_n} \quad (10)$$

Уравнение позволяет определить время для опознавания помехи и принятия решения для её преодоления, в зависимости от дальности видения с рабочего места водителя D_s и скорости движения машины V . Определим время для дальности видения $D_s = 25$ м, при различной скорости движения:

$$t_1 = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ с};$$

$$t_2 = \frac{25}{4} = 6,25 \text{ с};$$

$$t_3 = \frac{25}{6} = 4,17 \text{ с};$$

$$t_4 = \frac{25}{8} = 3,12 \text{ с};$$

$$t_5 = \frac{25}{10} = 2,5 \text{ с};$$

$$t_6 = \frac{25}{12} = 2,08 \text{ с}.$$

Аналогичным образом рассчитываем время для дальности видения $D_s = 50$ м, 75 м, 100 м. Результаты расчетов представлены в виде табл. 1.

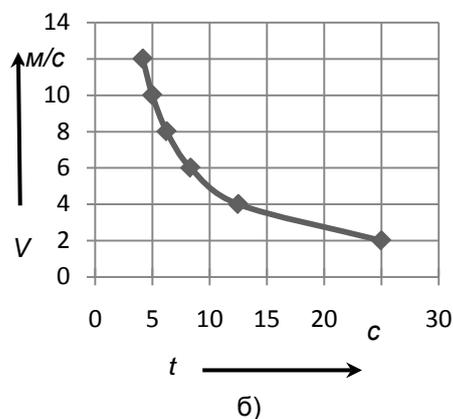
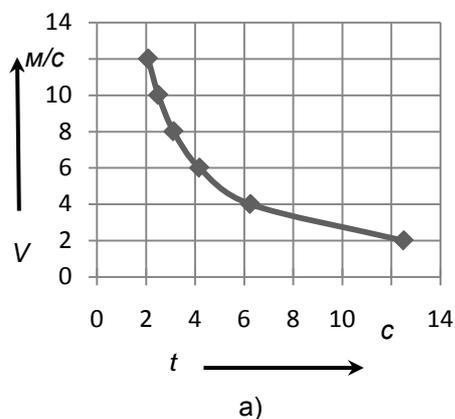
Таблица 1

Время для опознавания помехи и принятие решения для её преодоления

$D_s, \text{ м}$	Время для опознавания помехи и принятие решения для её преодоления, с при различной скорости, м/с					
	2	4	6	8	10	12
25	12,5	6,25	4,17	3,12	2,5	2,08
50	25	12,5	8,33	6,25	5	4,16
75	37,5	18,75	12,5	9,37	7,5	6,25
100	50	25	16,7	12,5	10	8,3

На основании табл. 1 строим графическую зависимость времени от дальности

видения с рабочего места водителя и скорости движения машины рис. 1.



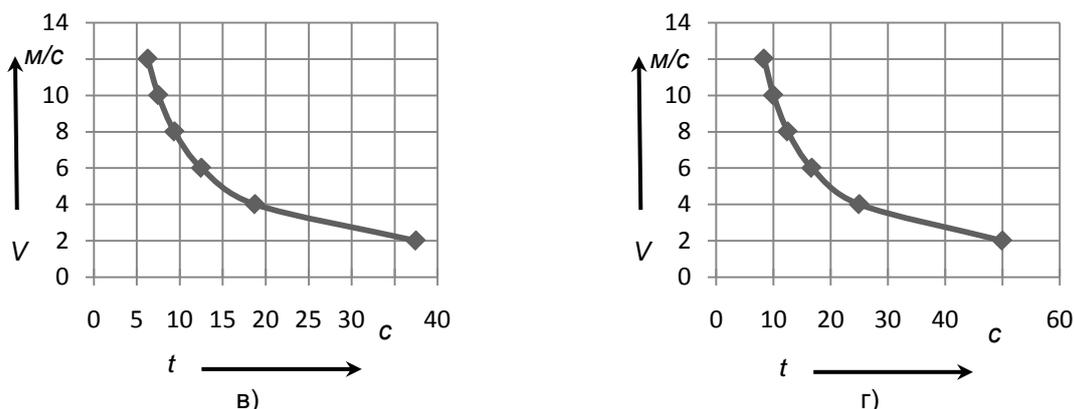


Рис. 1. Зависимость времени от дальности видения с рабочего места водителя: а) 25м, б) 50м, в) 75м, г) 100м и скорости движения машины

На основании рис. 1 видно, что с увеличением дальности видения у водителя появляется время, которое обеспечивает селекцию помех на пути движения, то есть выделение наиболее важной информации из совокупности поступаемых сигналов основанное на анализе их структурных различий.

Количество информации, получаемое водителем с участка пути дальность которого определяется характеристикой прибора наблюдения

$$J_{D_s} = J_{cp} \cdot \frac{Q}{S} \cdot D_s \quad (11)$$

Пользуясь уравнением определим количество информации для различной дальности видения, такой как 25 м, 50 м, 75 м, 100 м

$$J_{D_{s1}} = 8,45 \cdot \frac{260}{5000} \cdot 25 = 10,985 \text{ дв.ед};$$

$$J_{D_{s2}} = 8,45 \cdot \frac{260}{5000} \cdot 50 = 21,97 \text{ дв.ед};$$

$$J_{D_{s3}} = 8,45 \cdot \frac{260}{5000} \cdot 75 = 32,955 \text{ дв.ед};$$

$$J_{D_{s4}} = 8,45 \cdot \frac{260}{5000} \cdot 100 = 43,94 \text{ дв.ед}.$$

Плотность потока информации определяется зависимостью вида

$$\lambda_n = \frac{J_{D_{sn}}}{t_n} \quad (12)$$

$$\lambda_1 = \frac{10,985}{12,5} = 0,879 \text{ дв.ед};$$

$$\lambda_2 = \frac{10,985}{6,25} = 1,758 \text{ дв.ед};$$

$$\lambda_3 = \frac{10,985}{4,17} = 2,634 \text{ дв.ед};$$

$$\lambda_4 = \frac{10,985}{3,12} = 3,521 \text{ дв.ед};$$

$$\lambda_5 = \frac{10,985}{2,5} = 4,394 \text{ дв.ед};$$

$$\lambda_1 = \frac{10,985}{2,08} = 5,281 \text{ дв.ед}.$$

Принимая во внимание, что принятое распределение помех по пути равномерное, поэтому плотность потока информации не будет зависеть от дальности видения. На основании приведенных расчетов строим графическую зависимость, которая изображена на рис. 2.

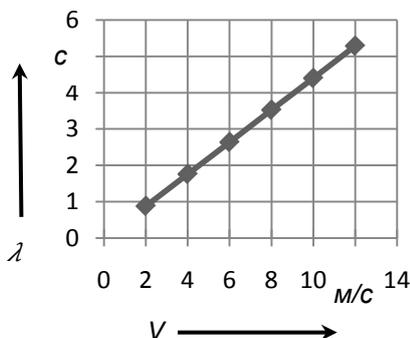


Рис. 2. Зависимость плотности потока информации от скорости движения машины

Задаваясь величиной скорости V , при известных D_s и $\lambda_{доп}$, можно оценить допустимое количество помех, которые требуют внимания водителя. С другой стороны, зная допустимое количество информации, можно сформулировать требования к профессиональной подготовке водителей и компоновке рабочих мест.

Исследованиями [6] определена информативность каждого препятствия и маршрута движения ГМ в целом, с помощью методики оценки информативности препятствия и маршрута движения. На основании определенных данных оценивается информационная напряженность водителя. Плотность потока информации получаемой водителем при управлении ГМ при различной скорости движения вычисляется следующим образом:

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 3}{5000} = 1,318 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 5}{5000} = 2,197 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 7}{5000} = 3,076 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 8}{5000} = 3,515 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 9}{5000} = 3,955 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 10}{5000} = 4,394 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 11}{5000} = 4,833 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 12}{5000} = 5,273 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{8,45 \cdot 260 \cdot 15}{5000} = 6,591 \text{ дв. ед}.$$

По приведенным выше расчетам строим график зависимости плотности потока информации от скорости движения для танка Т-72Б3, который изображен на рис. 3.

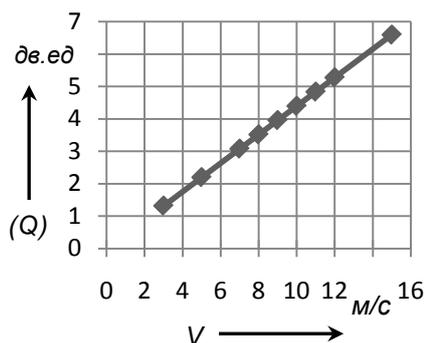


Рис. 3. Зависимость плотности потока информации от скорости движения танка Т-72Б3

В данных дорожных условиях движение танка Т-72Б3 возможно без пропуска информации, при допустимой величине ошибки подачи входного управления водителем, со средней скоростью до 9 м/с. Превышение данной скорости влечет за собой увеличение плотности потока информации и превышения порога, оптимальное число которого 4 двоичных единицы [5].

Влияние конструкции машины на плотность потока информации можно

оценить на примере выполнения этого же упражнения машиной БМП-3. Принципиальным отличием конструкции БМП-3 от танка Т-72Б3 заключается в том, что у БМП-3 отсутствует педаль сцепления. Следовательно, при построении алгоритма управления ГМ отсутствуют элементы включения и выключения сцепления. Характер и количество препятствий на маршруте с учетом их информативности для машины БМП-3 иллюстрирует табл. 2.

Таблица 2

Характер и количество препятствий на маршруте с учетом их информативности для БМП-3 в двоичных единицах

Наименование препятствия	Количество информации, бит.												Σ
	2	3	5	6	7	9	10	11	12	15	16	17	
Яма	80		9	2	3	11		1					106
Бугор	81	25											106
Холм								5			1		6
Поворот					14	1	2		1	2			20
Участок разгона			17					3			1	1	22
Вероятность встречи группы	Яма	0,31		0,03	0,007	0,011	0,04		0,004				
	Бугор	0,31	0,09										
	Холм								0,19			0,004	
	Поворот					0,05	0,004	0,007		0,004	0,007		
	Участок разгона			0,06					0,011			0,004	0,004

Аналогичным образом, как и для танка Т-72Б3 оценивается напряженность работы водителя БМП-3.

Плотность потока поступающей информации водителю БМП-3 равна:

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 3}{5000} = 1,139 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 5}{5000} = 1,898 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 7}{5000} = 2,657 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 8}{5000} = 3,037 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 9}{5000} = 3,416 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 10}{5000} = 3,796 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 11}{5000} = 4,176 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 12}{5000} = 4,555 \text{ дв. ед};$$

$$\lambda(Q) = \frac{7,3 \cdot 260 \cdot 15}{5000} = 5,694 \text{ дв. ед}.$$

По приведенным выше расчетам построим график зависимости плотности потока информации от скорости движения БМП-3, который изображен на рис. 4.

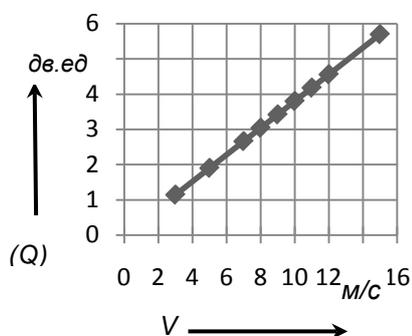


Рис. 4. Зависимость плотности потока информации от скорости движения БМП-3

Результаты расчета плотности потока информации сведены в табл. 3.

В табл. 3 приведен расчет показателей информационной нагруженности водителя в зависимости от скорости движения ГМ, согласно предлагаемой методике оценки информационной нагруженности работы водителя ГМ. Анализ данной таблицы показывает, что водитель может управлять движением машины, без пропуска необра-

ботанной информации в данных конкретных условиях при скорости движения для танка Т-72Б3 до 9 м/с, а для БМП-3 до 10 м/с. Увеличение скорости движения машины свыше указанного предела приведёт к появлению пропуска необслуженной информации и к неоптимальному функционированию системы в целом.

Таблица 3

Плотности потока информации на единицу времени

Параметр		Скорость движения, м/с									Допустимое значение
		3	5	7	8	9	10	11	12	15	
Плотность потока информации, дв.ед/с	Танк Т-72Б3	1,318	2,197	3,076	3,515	3,955	4,394	4,833	5,273	6,591	2-4
	БМП-3	1,139	1,898	2,657	3,037	3,416	3,796	4,176	4,555	5,694	

Заключение

Исследования зависимости плотности потока информации от скорости движения ГМ позволили сделать вывод о том, что движение танка Т-72Б3 в выбранных условиях движения и с допустимыми ошибками в определении величины входного управления возможно без пропуска информации со скоростью до 9 м/с. Влияние конструкции машины на плотность потока информации и среднюю скорость движения машины, можно оценить на примере БМП-3. Сокращение органов управления позволяет двигаться этой машине в тех же дорожно-грунтовых условиях со скоростью до 10 м/с.

Полученные результаты расчета плотности потока информации получаемую водителем во время управления ГМ позволяет определить дальнейшее совершенствование её конструкции. Это позволит уменьшить информационную нагрузку водителя. Для этого необходимо:

- обеспечить водителя получением информации об условиях движения в полном объеме и с достаточным упреждением к началу исполнения;
- сократить плотность потока информации, обрабатываемой водителем до величины не более 4 дв.ед/с., путем перераспределения функций управления движением машины между водителем и автоматизированной системой;
- обеспечить водителю максимальное время для задания характеристик закона движения, путем увеличения дальности видения с рабочего места.

Библиографический список

1. Цибулевский, И.Е. Человек как звено следящей системы / И.Е. Цибулевский. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 288с.
2. Ахутин, В.М. Инженерная психология в военном деле / В.М. Ахутин, Г.М. Зараковский, Б.А. Королев и др. ; под ред. Б.Ф. Ломова. – М. : Воениздат, 1983. – 224 с.
3. Ломов, Б.Ф. Справочник по инженерной психологии / Б.Ф. Ломов. – М. : Машиностроение, 1982. – 368 с.
4. Ломов, Б. Ф. Человек в системах управления / Б. Ф. Ломов. – Л. : 1968. – 48с.
5. Ломов, Б. Ф. Человек и техника (очерки инженерной психологии) / Б. Ф. Ломов – М. : 1966. – 463 с.
6. Васильев, В.В. Методика оценки информативности маршрута движения / В.В. Васильев, М.Ю. Манзин // Вестник СибАДИ – 2016. – № 4 (50). – С. 48-53.
7. Шеридан, Т.Б. Системы человек–машина / Т.Б. Шеридан, У.Р. Феррел. – М. : Машиностроение, 1980. – 400 с.
8. Шаврин, С.П. Пути сокращения времени освоения скоростных возможностей новой бронетанковой техники в войсках : дис. ... канд. техн. наук / Шаврин С.П. – М. : ВА БТВ, 1981. – 354 с.

ESTIMATION METHODS OF INFORMATION INTENSITY OF THE TRACKLAYING VEHICLE DRIVER'S WORK

M. Yu. Manzin

The article considers the estimation technique of information intensity of the tracklaying vehicle driver's work. It is based on the estimation technique of the information content of both an isolated irregularity and a track section as a whole. This technique allows predicting the value of the average speed of the tracklay-

ing vehicle provided with driver's abilities to process and implement the incoming information on the ambient traffic conditions. The article can be useful for researchers, engineers and technicians regarding vehicle handling trial, who deal with practical aspects of tests and evaluation of ergonomic vehicle properties and, in particular, ergonomics of the driver's compartment.

Keywords: a body field, information density, a track section, obstacle information content, obstruction probability.

References

1. Tsibulevskiy I.E. Chelovek kak zveno sledyashchey sistemy / Pod red. Tsibulevskogo I.E. – M.: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1981. – 288 s.
2. Ahutin V.M. Inzhenernaya psihologiya v voennom dele / V. M. Ahutin, G. M. Zarakovskiy, B.A. Korolevi dr.; Pod red. B.F. Lomova. – M.: Voenizdat, 1983. – 224 s.
3. Lomov B.F. Spravochnik po inzhenerney psihologii / Pod red. B.F. Lomova. – M.: Mashinostroenie, 1982. – 368 s.
4. Lomov B.F. Chelovek v sistemah upravleniya / B.F. Lomov. – L., 1968. – 48 s.
5. Lomov B.F. Chelovek i tehnika (ocherki inzhenerney psihologii) / B.F. Lomov – M., 1966. – 463 s.
6. Vasil'ev V.V. Metodika otsenki informativnosti marshruta dvizheniya / V.V. Vasil'ev, M. Yu. Manzin // Vestnik SibADI – 2016. №4 (50). – S. 48-53.
7. Sheridan T.B. Sistemy chelovek-mashina / T.B. Sheridan, U.R. Ferrel. - M.: Mashinostroenie, 1980. - 400 s.
8. Shavrin S.P. Puti sokrascheniya vremeni osvoeniya skorostnykh vozmozhnostey novoy bronetankovoy tehniki v voyskakh: Dis. Kand. Tehn. Nauk. - M.: VA BTV, 1981. - 354 s.

Манзин Максим Юрьевич (Россия, г. Омск) - адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/д, ymmanzini55@mail.ru).

Manzin Maxim Yur'evich (Russia, Omsk) - Postgraduate Student of Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g, ymmanzini55@mail.ru).

РАЗДЕЛ III

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 72.01.

ПРОСТРАНСТВО КАК КЛЮЧЕВАЯ КАТЕГОРИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ТЕОРИИ

Ю.Р. Горелова
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. *Статья посвящена анализу пространственных представлений с позиций междисциплинарного подхода. Наряду с рассмотрением воззрений теоретиков архитектуры, автор раскрывает вклад в осознание сущностных характеристик пространства представителей таких областей знания как география, психология, искусствоведение, философия, культурология. Рассмотрение пространства с позиций различных научных направлений и школ позволяет расширить возможности его изучения.*

Ключевые слова: *теория архитектуры, категории, пространство, структура и восприятие пространства.*

Введение

Категория пространства является одной из фундаментальных научных категорий не только в рамках архитектурной теории, но и в таких областях знаний как философия, культурология, география и др. Таким образом, самой своей сутью данная категория определяет приоритетность ее исследования в рамках междисциплинарной парадигмы. К настоящему моменту учеными различных научных направлений накоплен значительный материал, раскрывающий те или иные грани представлений о пространстве вообще и об архитектурном пространстве в частности.

Настоящая публикация имеет своей целью кратко охарактеризовать основные вехи развития представлений о сущности и основных характеристиках пространства. Новизна определяется приоритетным использованием установки на междисциплинарность исследования и привлечение автором материалов не только из области теории архитектуры, но также из других научных областей, так или иначе затрагивающих область пространственных представлений.

В философии категория пространства является одной из фундаментальных, по которой достижение консенсуса проблематично, в силу существования двух фундаментальных философских установок – идеалистической и материалистической. Так, например, соглас-

но Канту, пространство – априорная форма нашей чувственности, согласно марксистским представлениям, пространство – форма существования материи.

Глубокие традиции осмысления пространства, соотнесения пространства реального и идеального были заложены еще трудами античных мыслителей, в частности, Платоном и Аристотелем. Средневековые мыслители также не обошли данный вопрос своим вниманием, достаточно вспомнить хотя бы название знаменитого труда Августина Блаженного «О граде Божьем», где город как Место, пространство (град Божий – сакральное, а град земной – профанное) выступает в качестве метафоры по отношению к природе самого бытия. Пространство и время, проблемы возможности их познания были неотъемлемой частью немецкой классической философии Канта и Гегеля. Серьезный интерес к проблемам пространства и пространственности проявился в трудах сторонников феноменологического подхода, основы которого заложили работы Э. Гуссерля. Категория пространства выступала объектом научного интереса таких философов как М. Хайдеггер, М. Фуко, М. Мерло-Понти, Г. Башляр и др.

При этом нельзя не согласиться с мнением А.В. Иконникова, что пространственные представления трудны для рефлексии. Не случайно, в архитектуре, тысячелетиями за-

нимавшейся устройством пространства, оно долго не становилось предметом специального осмысления. До середины XVIII в. само слово «пространство» не упоминалось ни в одном трактате по архитектуре. Лишь в XIX в. слово «пространство» стало употребляться в смысле трехмерной реальности германоязычными эстетиками.

Категория «пространство» в воззрениях теоретиков искусствоведения и архитектуры первой половины XX вв.

На рубеже XIX-XX вв. «пространство» становится одним из основополагающих понятий в теории архитектуры. В конце XIX в. начала складываться формальная школа искусствоведения. В качестве основных представителей данного направления можно отметить Адольфа Гильдебранда и Генриха Вельфлина.

Сторонники данного направления, исходили из тезиса о том, что научное изучение искусства должно ориентироваться не на содержание произведения, а на анализ его формы. В этот период в Германии и Австрии в рамках формальной эстетики выделяются такие характеристики как пространство, линия, свет, цвет. Генрих Вельфлин [1] выделил несколько основных категорий, применимых при анализе произведений всех подвидов пространственных искусств: линейное – живописное; плоское – глубинное; замкнутое – открытое; ясное – неясное; простое – сложное, множественное – единичное. Таким образом, впервые выделяется проблема архитектурного пространства как обособленный аспект. Рассматривались общие принципы организации архитектурного пространства с одной стороны и принципы его восприятия с другой.

В первых десятилетиях XX в. большой вклад в разработку представлений о пространстве и форме вносят труды и деятельность преподавателей школы Баухауза. В частности Ласло Мохой Надь большое внимание уделял категории пространства. Разрабатывал «пространственные ощущения», проблемы восприятия архитектурной среды. В. Гроппиус обращал активное внимание на элемент времени и движения в пространстве. Пространство связывалось с категорией времени. Он обращал внимание на тот факт, что смена точки зрения меняет прежнюю пространственную картину восприятия. Траектория движения изменяет угол зрения, в связи с чем, по его мнению, проектировщик должен учитывать некое множество возможных перспектив.

Ганс Янтсен в 1927 г. предложил понятие «структура пространства», а Эрвин Панофский в своей работе «Перспектива как символическая форма» исследовал то, как способ виденья, отвечающий новому типу мировосприятия, влиял на изменения архитектурного пространства.

По мнению А.В. Иконникова, середина 1920-х гг. «стала ключевым, критическим временем для развития концепций архитектурного пространства. К этому времени кристаллизовались идеи «новой архитектуры», ассимилировавшие приемы художественного авангарда... Проблема пространства (архитектурного пространства, которое, строго говоря, рассматривалось как пространство художественное, чистое воплощение «художественной воли») вышла на первый план» [2, с.45]. Уже в первом издании Большой советской энциклопедии (БСЭ, 1926) в статье «Архитектура» говорится об организации пространства. Сам же А.В. Иконников, подготовивший аналогичную статью для третьего издания БСЭ (1969-1978) уже акцентирует внимание на категории «пространство», об этом же свидетельствуют и сами названия его ключевых статей и монографических исследований.

В 1930–1950-е активно проблемы пространства разрабатывались в России Н.А. Ландовским, В.Ф. Кринским, А.Г. Габрическим. Основными элементами архитектуры признавались пространство, форма и конструкция, второстепенными – масса, цвет, пропорции, объем, вес, динамика, ритм и др. Сущностные характеристики пространства рассматривались наряду с такими понятиями как объем, поверхность, форма, величина, положение, масса и др. Кроме этого, особое внимание уделялось изучению условий восприятия пространственных форм. В.Ф. Кринский в своих трудах обращал внимание на целостность пространственного образа, непрерывность пространственных впечатлений человека. Он считал архитектурную среду целостной пространственной средой, в которой живет, трудится и пребывает человек. А.Г. Габрический считал, что пространство и время являются категориями реальности, а не априорными формами восприятия. Кроме того, А.Г. Габрического интересовали проблемы художественного восприятия и творчества (в том числе архитектурного) с психоаналитической точки зрения.

Проблемы структурирования и восприятия пространства в трудах ученых второй половины XX вв.

Еще в 1940-е гг., когда Европа и Россия переживали события Второй мировой войны, Зигфрид Гидион в США впервые опубликовал книгу «Пространство, время, архитектура», которая стала одним из самых популярных сочинений архитекторов XX в. и впоследствии была переведена на русский язык и издана в СССР [3].

В конце 1940-х гг. австрийский историк искусства Дагобер Фрай использовал для описания пространственных структур понятия «путь» и «цель». По его мнению, «вся архитектура является структурированием пространства посредством цели и пути» [2, с.52]. Позднее Кевин Линч [4] расширил набор основных структурирующих элементов пространства, выделив пять основных универсальных элементов городского окружения: пути, границы, районы, узлы, ориентиры.

Устойчивые схемы восприятия пространства рассматривались и в работах К. Норнберг-Шульца [5], согласно которому пространство может определяться как: «раздельное – составное», «широкое – узкое»; оно обладает целостностью, в нем можно выделить центр и периферию, пути, районы, границы, места, ориентиры. По мнению Н. Шульца, реальное пространство, модифицированное культурными символами и системой человеческих ценностей образует пространство экзистенциальное. Масштабными уровнями пространства, по Шульцу, выступают география, ландшафт, город, дом, вещь.

В СССР в 1970-е – пространственно-временные характеристики восприятия городской среды с путей движения (магистралей и пешеходных дорог) исследовала Е.Л. Беляева [6]. Роль площадей как особо значимых пространств в городской среде исследовал В.М. Немчинов, отмечавший, что «... площадь города... имеет несколько измерений. Начнем с буквального физического видения городской площади. Это неприватизируемое и неотчуждаемое пространство. На нем не просто пересекаются и скрещиваются улицы, ведущие из разных кварталов. На нем фокусируется ядро сил, соревнующихся в гражданской направленности на множественность» [7, с.234].

Начиная со второй половины 1970-х гг. в исследованиях в области теории искусства в целом и теории архитектуры, в частности, происходит обогащение и тематики исследований и палитры методологических парадигм. Начиная с данного периода наблюдается поворот в сторону средового подхода и принципа междисциплинарности.

Значительный вклад в развитие представлений о сущностных характеристиках и структуре обносят работы российских теоретиков архитектуры, таких как уже упоминаемый нами выше А.В. Иконников [2], А.Э. Гутнов [8]. В последующие 1980-1990-е гг. исследования продолжаются А.А. Высоковским [9], Г.З. Кагановым [10], А.Г. Раппапортом [11] и др.

По мнению А.В. Иконникова, следует различать несколько уровней (срезов) понятия пространства, и связанных с ними нескольких моделей пространства [2, с.51].

Первый уровень - пространство реальное (физическое), существующая как объективная данность (или кантовская «вещь в себе»). Второй уровень – пространство концептуальное – мысленная модель, системно объединяющая «объективные» данные о пространстве. Третий уровень – перцептивное пространство – пространство в восприятии человека, отраженное его органами чувств. Соответственно, существует две принципиально отличных модели исследования реального пространства конкретного места. Первая модель - мысленная (в частности математическая модель), связывающая в систему объективные данные о пространстве. Эта модель чаще всего служит для фиксации объекта на чертежах проекта и для перенесения задуманного образа в природу. Вторая модель предполагает отражение реального пространства органами чувств. Отражение оформляется в некое интегральное представление, в котором чувственная информация упорядочивается на основе опыта общества и личности. В перцептивном пространстве произведения архитектуры выступают как художественные образы.

Кроме того, современными исследователями в области теории архитектуры выделяются еще такие варианты восприятия категории «пространство» как «пространство – вместительность», «пространство – структура» и «пространство – образ». Как вместительность пространство подразумевает саму возможность существования чего-то где-то, в этом смысле пространство – резервуар в котором могут разместиться предметы и протекать некие процессы, основная характеристика – объем. Дополнительно к этому выделяются еще «пространства – коммуникаторы» и «пространства – изоляторы». Пространства – коммуникаторы осуществляют принципы связи, пространства – изоляторы, напротив, играют роль границы, разрыва. Как структура, пространство характеризует связи и отношения между телами и событиями. С образами

пространства как с его метафорическими и ассоциативными описаниями и представлениями о нем связаны такие языки художественной формы как графика, фотография, кинематография [5].

Е.Г. Лапшина, ссылаясь на исследования А.Г. Раппапорта [12], выделяет такие виды пространственных концепций в архитектуре как морфологические, феноменологические и символические. Морфологические концепции включают форму естественнонаучного и математического описания пространства. Они манипулируют прежде всего количественными категориями, независимыми от восприятия субъектов. Феноменологические концепции же, напротив, опираются на оценку и восприятие пространства. Символические – акцентируют внимание исследователей на значении пространственных форм. Отмечается, что морфология архитектурного пространства связана с описанием параметрических свойств пространственных форм. И в данном случае мы имеем дело с анализом конструктивных и функционально-планировочных структур. Феноменология – связана с проблемами восприятия архитектурного пространства. В рамках символических концепций пространство рассматривается как символическая форма, которой присущи такие характеристики как ассоциативность и многозначность. Развитие данной посылки приводит к заключению о том, что любая пространственная (архитектурная) форма может иметь целый спектр значений и по-разному прочитываться в различных социальных и культурных контекстах.

Интересный опыт анализа пространственных характеристик городской культуры накоплен в рамках географических наук, в частности, в области когнитивной географии, аксиологической географии, географии городов, представленный трудами Г.М. Лаппо [13], И.И. Митина [14] и др.

В рамках культурной или так называемой гуманитарной географии, представленной трудами Ю.А. Веденина [15], Д.Н. Замятина [16], В.Л. Каганского [17], В.Н. Калущкого [18], Р.Ф. Туровского [19] и других, рассматривались, прежде всего, образные, семиотические характеристики пространства. Обозначая предмет гуманитарной географии, Д.Н. Замятин обращает внимание на то, что данная область знания «...активно использует понятия, теории, знания, накопленные и сформированные гуманитарной половиной существующей географической науки... Наряду с географическими образами, в понятийную базу гуманитарной географии входят осново-

полагающие понятия культурного ландшафта, региональной (пространственной, локальной) идентичности, пространственного мифа» [16, с.10].

По мнению Д.Н. Замятина, «...любой город, местность, культурный ландшафт может рассматриваться... как хранилище потенциальных образов/карт, актуализируемых по мере потребности теми или иными людьми, коллективами, социальными группами» [16, с.56]. Географические образы городов в своей совокупности относятся к сфере метагеографии, которую характеризуют такие черты, как, во-первых, известная автономия по отношению реальной географии, топографии и планировке города; во-вторых, возможность развития по собственным законам и порождение знаков и символов, не характерных для реального географического пространства, возможность создания метагеографии несуществующих (вымышленных) городов.

По мнению Г.З. Каганова, «в сознании любого обывателя любой среды обязательно существует образ этой среды. Без него невозможно адекватное средовое поведение... Такой средовой образ составляет неотъемлемую часть самого обитания в среде и потому возникает непреднамеренно и изменяется вместе с изменением среды и обитателя. Понятно, что такой образ остается противоречивым, всегда незавершенным и почти не получает внешнего выражения в специальных знаковых средствах, но объективно выражается в стратегиях поведения» [20]. По-нашему же мнению, некоторые грани этого смутно осознаваемого большинством горожан образа находят свое яркое выражение в произведениях искусства, в изобразительном искусстве, художественной прозе и поэзии.

В рамках теории архитектуры также в последнее время наметился поворот в сторону семиотического осознания сущности архитектурного пространства. В данном случае можно отметить научный вклад Е.И. Россинской [21], П. Пеллегрини [22], А.А. Барабанова [23].

Следует вспомнить и о том, что мощным вкладом в развитие представлений о сущности пространства и об особенностях его восприятия, стали исследования психологов, в частности представителей таких направлений как бихевиоризм и гештальтпсихология.

Бихевиоризм (поведенческая психология) как направление сформировался в начале XX в. Странники данной исследовательской традиции настаивали на том, что реально существуют только элементарные сенсорные психические реакции, а все, что не подлежит

объективной регистрации (в том числе мысли человека), - не подлежит изучению. В гештальтпсихологии категория «gestalt» – образ, становится ключевой. Ввод данной категории в научный оборот связан с исследованиями М. Вертхаймера, В. Келлера и К. Коффки. Именно в рамках данного направления получило развитие представление о целостном образе как основе восприятия [24]. Впоследствии развитие представлений о способах восприятия пространства и механизмах образования образов привело к образованию обширного блока научно-исследовательской литературы по данной проблематике. В этой связи можно упомянуть труды Р. Арнхейма [25], Дж. Голда [26], А.Д. Логвиненко [27], В.Ф. Петренко [28] и др.

В рамках данного направления следует выделить еще ряд исследований, акцентирующих внимание на экологии зрительного восприятия. В данном случае можно отметить работы Дж. Гиббсона [29], многие тезисы которого развиты и в трудах отечественных исследователей, в частности в трудах доктора биологических наук В.А. Филина [30].

Активно проблемы образных характеристик пространства обсуждаются в искусствоведческих и культурологических исследованиях. В данном случае следует отметить вклад таких крупнейших теоретиков культуры как М.М. Бахтин [31], Ю.М. Лотман [32]. Можно в этой связи отметить также вклад современных исследователей В.В. Абашеева [33], Д.Л. Спивака [34], Т.П. Фокиной [35], Ю.Р. Гореловой [36] и др. На грани проблемных полей философии и культурологии проблематика пространства рассматривалась в трудах Г.В. Горновой [37] и В.Ф. Чиркова [38].

Заключение

Таким образом, в понимании пространства как такового, и архитектурного пространства в частности, намечаются основные грани, модальности его существования (проявленности), а именно аспект физический (реальное пространство), аспект перцептивный (пространство воспринимаемое), аспект ментальный – образы пространства, существующие в индивидуальном и групповом сознании, аспект концептуальный (умозрительное пространство абстрактных моделей и понятий). Кроме того, современными исследователями отмечается способность пространства быть вмещителем для различных объектов и процессов, отмечается, что пространство всегда структурировано и зонировано. Следует подчеркнуть, что современная культура, имеющая преимущественно аудиовизуальный характер провоцирует исследова-

тельский интерес к образным характеристикам пространства, так как именно посредством категории «образ» возможно соединение мира материальных вещей и явлений с миром идей, «образ» выступает закономерным результатом саморефлексии, переживания себя в окружающем мире. Кроме того, категория «образ» позволяет высветить культурную обусловленность моделей восприятия пространства. При формировании образа происходит соотнесение внешне воспринимаемой картинки (облика пространства) с системой уже существующих в сознании человека культурно и социально обусловленных стереотипов восприятия и мышления. Процесс формирования образа всегда связан с концентрацией, сгущением определенных представлений. Пространственный образ представляет собой систему наиболее ярких и мощных по выразительности знаков, символов, представлений и характеристик, отражающих существенные черты того или иного пространства.

Библиографический список

1. Вельфлин, Генрих. Основные понятия истории искусств: проблема эволюции стиля в новом искусстве / Генрих Вельфлин; пер. с нем. А.А. Франковского; вступ. ст. Р. Пельше. – М. : В. Шевчук, 2009. – 289 с.: ил.
2. Иконников, А. В. Пространство и форма в архитектуре и градостроительстве : монография / А. В. Иконников. – М. : URSS, 2006 – 349 с.
3. Гидеон, Зигфрид Пространство, время, архитектура / Зигфрид Гидеон ; сокр. пер. с нем. М.В. Леонене, И.Л. Черня. - 3-е изд. – М. : Стройиздат, 1984. – 455 с.
4. Линч, Кевин Образ города / Кевин Линч ; пер. с англ. Глазычев В.Л.; ред. А.В. Иконников. – М. : Стройиздат, 1982.- 328 с.
5. Лапшина, Е.Г. Анализ пространственных концепций в архитектуре XX в. / Е.Г. Лапшина // Архитектон: известия вузов. - № 45. Март 2014. Электронный ресурс. Режим доступа: [http://archvuz.ru/2014_1/2, свободный \(05.10.2016\)](http://archvuz.ru/2014_1/2, свободный (05.10.2016))
6. Беляева, Е.Л. Архитектурно-пространственная среда города как объект зрительного восприятия / Е.Л. Беляева. – М. : Стройиздат, 1977. – 126 с.
7. Немчинов В.М. Метафизика города / В.М. Немчинов // Город как социокультурное явление исторического процесса : сб. ст. / отв. ред. и авт. введ. Э. В. Сайко. – М. : Наука, 1995. – С.234-240.
8. Гутнов, А.Э. Город и люди. Избранные труды / А.Э. Гутнов. – М. : Ладья, 1993. – 320 с.
9. Высоковский, А.А. Точка отсчета городского пространства / А.А. Высоковский // Человек и город: Пространства, формы, смысл: Междунар.

- конгр., 27-30 июля 1995, Санкт-Петербург. – Екатеринбург и др. : Архитектон, 1998. – С. 85-89.
10. Каганов, Г.З. Санкт-Петербург: образы пространства. / Г.З. Каганов. – М. : Индрик, 1995. – 223 с. : ил.
11. Раппапорт, А.Г. Теория архитектуры и теория проектирования / А.Г. Раппапорт // Зодчество. Сборник Союза архитекторов СССР. - 2 (21). – М. : Стройиздат, 1978. – С. 34-38.
12. Раппапорт, А.Г. проблема пространства в современных архитектурных теоретических концепциях: обзор. – М. : ЦНИИТИА, 1979. – 74 с.
13. Лаппо, Г.М. География городов / Г. М. Лаппо. – М. : Гуманитар. изд. центр "ВЛАДОС", 1997. – 478 с. : ил.
14. Митин, И.И. Комплексные географические характеристики. Множественные реальности мест и семиозис пространственных мифов / И.И. Митин. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 157с. : ил.
15. Веденин, Ю.А. Очерки по географии искусства / Ю. А. Веденин; Рос. НИИ культур. и природ. наследия. - СПб. : Дмитрий Буланин, 1997. - 224 с. : ил.
16. Замятнин, Д.Н. Культура и пространство: Моделирование географических образов / Д.Н. Замятнин. – М. : Знак, 2006. – 488 с.
17. Каганский, В.Л. Культурный ландшафт и советское обитаемое пространство / В.Л. Каганский. - М. : Новое литературное обозрение, 2001. – 576 с.
18. Калуцков, В.Н. Проблемы исследования культурного ландшафта / В.Н. Калуцков // Вестник МГУ. Серия «География». – №4. – С.16-21.
19. Туровский, Р.Ф. Культурная география: теоретические основания / Р.Ф. Туровский // Культурная география / науч. ред. Ю.А. Веденин, Р.Ф. Туровский. – М. : Институт наследия, 2001. – С. 10–94.
20. Каганов, Г.З. К вопросу об образе среды / Г.З. Каганов // Городская среда. Сборник материалов всесоюзной научной конференции ВНИИТАГ и СА СССР. – М., 1989. – Ч.1. – С.17.
21. Семиотика и язык архитектуры : сб. науч. трудов / под ред. Е.И. Россинской. – М., 1991. – 180 с.
22. Пеллегрини, Пьер Смысл пространства / Пьер Пеллегрини // Семиотика пространства : сб. науч. тр. Международной ассоциации семиотики пространства / под ред. А. А. Барабанова. – Екатеринбург, 1999. – С. 69-92.
23. Барабанов, А.А. Чтение города / А.А. Барабанов // Семиотика пространства. Сборник трудов Международной ассоциации семиотики пространства / под ред. А.А. Барабанова. – Екатеринбург: Архитектон, 1999. – С.325-355.
24. Янковская, Ю.С. Архитектурно-средовой объект: образ и морфология: учебное пособие для студентов архитектурных и дизайнерских специальностей / Ю.С. Янковская. – Екатеринбург : Архитектон, 2012. - 233с. : ил., цв.
25. Арнхейм, Рудольф Новые очерки по психологии искусства / Рудольф Арнхейм ; пер. с англ.; науч. ред. и вступ. ст. В. П. Шестакова. – М. : Прометей, 1994. – 352 с. : ил.
26. Голд, Джон Психология и география / Джон Голд; пер. с англ. и введ. ст. С. В. Федулова. - М. : Прогресс, 1990. – 302с. : ил.
27. Логвиненко А.Д. Чувственные основы восприятия пространства / А.Д. Логвиненко. – М. : МГУ, 1985. – 223 с.
28. Петренко, В.Ф. Введение в экспериментальную психосемантику: исследование форм репрезентации в обыденном сознании / В. Ф. Петренко. – М. : Изд-во МГУ, 1983. – 176 с. : ил.
29. Гиббсон, Джон Экологический подход к зрительному восприятию / Джон Гиббсон: пер. с англ. / общ. ред. А.Д. Логвиненко. – М. : Прогресс, 1988. – 464 с.
30. Филин, В.А. Видеоэкология. Что для глаз хорошо и что плохо / В.А. Филин. – М. : ТАСС-реклама, 1997. – 320с.
31. Бахтин, М.М. Вопросы литературы и эстетики: Исследования разных лет / М.М. Бахтин. – М. : Худож. лит., 1975. – 502 с.
32. Лотман, Ю.М. Внутри мыслящих миров / Ю.М. Лотман. – СПб. : Азбука, 2014. - 411с.
33. Абашев, В.В. Пермь как текст: Пермь в русской культуре и лит. XX в. / В.В. Абашев. – Пермь : Изд-во Перм. ун-та, 2000. – 399 с.
34. Спивак, Д.Л. Метафизике Петербурга. Французская цивилизация / Д.Л. Спивак. – СПб. : Алетейя, 2005. – 528 с.
35. Фокина, Т.П. Метафизика Саратова / Т.П. Фокина // Пространственность развития и метафизика Саратова : сборник научных статей. – Саратов, 2001. – С.128-141.
36. Горелова, Ю.Р. Архитектурная среда города: образные характеристики, генезис и динамика (на материалах г. Омска) : учебное пособие / Ю. Р. Горелова. – Омск: СибАДИ, 2013. – 328 с., цв. ил.
37. Горнова, Г.В. Философия города : монография / Г.В. Горнова. – М. : Форум : НФРА-М, 2014. – 342 с.
38. Чирков В.Ф. Дом в локусе бытия / В.Ф. Чирков. – 2-е изд-е. – Омск : Лео, 2006. – 276 с.

SPACE AS A KEY CATEGORY OF ARCHITECTURAL THEORY

Y.R. Gorelova

Abstract. This article analyzes the spatial representations from the standpoint of an interdisciplinary approach. Along with the views of theorists of architecture, the author reveals the contribution to the realization of the essential characteristics of the space representatives of such fields of knowledge as geography, psychology, art history, philosophy, and cultural studies. Consideration of space from the standpoint of various scientific disciplines and allows schools to empower its study.

Keywords: theory of architecture category space.

References

1. Welfflin, Heinrich basic concepts of art history: the problem of the evolution of the style in new art /

- Heinrich Wölfflin; per. with it. AA Frankivsk; introd. Art. R. Pel'she. - M.: V. Shevchuk, 2009. - 289 p. : silt.
2. Ikonnikov AV space and form in architecture and urban planning: [monograph] / AV Ikonnikov. - M.: URSS, 2006 - 349 p.
 3. Gideon Siegfried Space, time and architecture / Siegfried Gideon; abbr. per. with it. MV Leonene, IL Cernea. - 3rd Ed. - M.: Stroyizdat, 1984. - 455 p.
 4. Lynch, Kevin image of the city / Kevin Lynch; per. from English.: Glazichev VL.; Ed. Ikonnikov AV.: M.: Stroyizdat, 1982.- 328 p.
 5. Lapshina, E.G Analysis of spatial concepts in the architecture of XX century. / EG Lapshin // Architect: Higher Education. - 45. March 2014. The number of electronic resources. Access: Free: http://archvuz.ru/2014_1/2 (05.10.2016)
 6. Belyaeva, EL Architecturally-spatial environment of the city as an object of visual perception [Text] / EL Belyaeva. - M.: Stroyizdat, 1977. - 126 p.
 7. V. Nemchinov city / VM Metaphysics Nemchinov // city as a socio-cultural phenomenon of the historical process. Coll. Art. / Ed. Ed. and region. introduced. EV Saiko. - M.: Nauka, 1995. - S.234-240.
 8. Gutnov, AE The city and the people. Selected Works / AE Gutnov. - M.: Rook, 1993. - 320 p.
 9. Vysokovsky, AA The starting point of urban space / AA Vysokovsky // Man and city: space, form, meaning: Intern. Congre., 27-30 July 1995, St. Petersburg. - Yekaterinburg, and others: Architect, 1998. - P. 85-89..
 10. Kaganov, GZ St. Petersburg: space images. / GZ Hagan. M.: Indrikis, 1995. - 223 p. : Ill.
 11. Rappaport, AG The theory and the theory of architecture design / AG Rappaport // Architecture. Collection of the Union of Architects. - 2 (21). - M.: Stroyizdat, 1978. - C.34-38.
 12. Rappaport, AG the problem of space in the modern architectural theoretical concepts: a review. - M.: CTRI, 1979. - 74 p.
 13. Lappo, GM Geography Cities / GM Lappo. - M.: humanities. ed. center "VLADOS", 1997. - 478 p. : silt.
 14. Mitin, II Complex geographical characteristics. Multiple locations and reality semiosis of spatial myths / II Mitin. - Smolensk: Ecumene, 2004. - 157c.: silt.
 15. Vedenin, Yu.A.Ocherki geography art / YA Vedenin; Ros. SRI crops. and natures. heritage. - SPb. Dmitry Bulanin, 1997. - 224 p. : Ill.
 16. Zamyatin, DN Culture and Space: Modeling geographical images / DN Zamyatin. - M.: Badge, 2006. - 488 p.
 17. Kagan, VL Cultural landscape and the Soviet habitable space / VL Kagan. - M.: New Literary Review, 2001. - 576 p.
 18. Kalutskov, VN Problems of research of the cultural landscape / VN Kalutskov // Vestnik MGU. "Geography" series. - №4. - S.16-21.
 19. Turovsky, RF Cultural geography: theoretical foundations / RF Turovsky // Cultural Geography / Sci. Ed. YA Vedenin, RF Turovsky. - M.: Institute of Heritage, 2001. - S.10-94.
 20. Kaganov, GZ On the question of the form of medium / GZ Hagan // Urban Environment. Collected materials of All-Union Scientific Conference VNIITAG and CA SSR. - M., 1989. - Part 1. - P.17.
 21. Semiotics and architecture Language: Coll. scientific. Proceedings / Ed. EI Rossinsky. - M., 1991. - 180 p.
 22. Pellegrino, meaning space Pierre / Pierre Pellegrino // Semiotics space. Coll. scientific. tr. International Association of semiotics space / Ed. AA Barabanov. - Ekaterinburg, 1999. - P. 69-92.
 23. Drums, AA town Reading / AA Drums // Semiotics space. Proceedings of the works of the International Association of semiotics space / Ed. AA Barabanov. - Ekaterinburg: Architect, 1999 - S.325-355.
 24. Jankowski, YS Architecture-environmental object: an image and morphology: a textbook for students of architectural and design specialties / YS Jankowska. - Ekaterinburg: Architect, 2012. - 233s. : Silt, color..
 25. Arnheim, Rudolf New essays on the psychology of art / Rudolf Arnheim; per. with English.; scientific. Ed. and introd. Art. VP Shestakov. - M.: Prometheus, 1994. - 352 p. : Ill.
 26. Gold, Psychology and Geography John / John Gold; per. from English. and commissioning. Art. SV Fedulova. - M.: Progress, 1990. - 302c. : Ill.
 27. Logvinenko AD Sensory perception of space foundations / AD Logvinenko. - M.: Moscow State University, 1985.- 223 p.
 28. Petrenko, VF Introduction to experimental psychosemantics: study of the forms of representation in everyday consciousness / VF Petrenko. - M.: MGU, 1983. - 176 p. : Ill.
 29. Gibson, John ecological approach to visual perception / John Gibson: Per. from English. / Common. Ed. HELL. Logvinenko. - M.: Progress, 1988. - 464 p.
 30. Filin, VA Videoekologiya. That eye is good and bad / VA Owl. - M.: Tass advertisement, 1997. - 320C.
 31. Bakhtin, MM Questions of literature and aesthetics: Studies of different years / MM Bakhtin. - M.: artist. lit., 1975. - 502, p.
 32. Lotman, YM Inside minded worlds / Lotman. - St. Petersburg: Azbuka, 2014. - 411s.
 33. Abashev, VV Perm as a text: Perm in the Russian culture and literature. XX century. / VV Abashev. - Perm: Publishing house of Perm. University Press, 2000. - 399 p.
 34. Spivak DL Metaphysics Petersburg. French civilization / DL Spivak. - SPb.: Aletheia, 2005. - 528 p.
 35. Fokina TP Metaphysics Saratov / TP Fokina // spatial development and metaphysics Saratov. Collection of scientific articles. - Saratov, 2001. - S.128-141.
 36. Gorelov, YR The architectural environment of the city: figurative characteristics, genesis and dynamics (on materials of Omsk): Textbook / Yu P. Gorelov. - Omsk: SibADI, 2013. - 328, col., yl.
 37. Gornova, GV The philosophy of the city: [monograph] / GV Gornova. - Moscow: Forum: NFRA-M, 2014. - 342 p.
 38. Chirkov VF House locus of existence / VF Chirkov; 2nd ed th. - Omsk: "Leo", 2006.- 276 p.

Горелова Юлия Робертовна (Омск, Россия) – канд. исторических наук, доцент кафедры Архитектурно-конструктивное проектирование ФГБОУ ВО Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (644008, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: gorelovaj@mail.ru).

Gorelova Julia (Omsk, Russian Federation) – candidate of historical Sciences, associate Professor department of architectural and structural design, Siberian state automobile and highway academy (644008, Omsk, Mira av., 5, e-mail: kaf_igof@sibadi.org).

УДК 69.05

ПЛАНИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ПОСТАВОК МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

О.В. Демиденко¹, Н.Е. Алексеев²

¹ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия г. Омск,

²ЧУОО ВО «ОмГА», Россия, г. Омск

Аннотация. В организационно-технологических документах вопросы транспортного обеспечения материальными ресурсами объектов строительства рассматриваются без достаточного обоснования. В статье задача планирования объема поставок согласованного с внутренними возможностями строительной организации и с внешними условиями формулируется в виде математической модели линейного программирования. Излагаются принципы планирования, формализуются внешние и внутренние ограничения на выбор плана. Разработанная авторами модель планирования позволит повысить организационный уровень управления строительными потоками, обеспечит непрерывность и равномерность производства работ и потребления материалов, изделий, конструкций.

Ключевые слова: строительный поток, транспортно-технологический процесс, производство строительно-монтажных работ, планирование и управление, организация и технология строительства

Введение

Строительное производство представляет собой сложную материально-производственную и информационно-управляющую систему, деятельность которой направлена на преобразование ресурсов и переработку информации с целью возведения зданий и сооружений. [1]. Транспортное обеспечение - неотъемлемая часть строительного производства.

Как показывают исследования, существует организационная взаимосвязь транспортного и строительного процессов, которая в значительной степени влияет на эффективность строительного производства. Для выполнения строительно-монтажных работ требуется много видов материалов, изделий, конструкций от различных поставщиков. Непрерывность работы является важнейшим условием при проектировании строительных потоков, которая достигается своевременной доставкой материалов, изделий, конструкций на объекты возведения. Основанием для определения объема поставок служат планируемые на соответствующий период объемы

строительно-монтажных работ, выполняемые собственными силами строительных организаций. [2].

В организационных системах эффективность управления определяется в основном количественными показателями информационного обеспечения. Его задачей является выбор рационального соотношения элементов в системе и правильное установление их целей, а также четкая временная и пространственная регламентация деятельности каждого элемента. Это осуществляется при выполнении плановых расчетов в организационно-технологическом проектировании, т.е. в период инженерной подготовки строительства.

Организационно-технологическому проектированию принадлежит важное место в системе инженерной подготовки строительства. Однако в проектной документации (проектах организации строительства и проектах производства работ) не учитывается взаимосвязь процессов планирования деятельности строительной организации с транспортно-технологическими процессами. В проектах

организации строительства и производства работ вопросы транспортного обеспечения материальными ресурсами объектов строительства рассматриваются в общем виде без достаточного обоснования. При существующих методах анализа проектных решений недостаточно внимания уделяется вопросам определения объема поставок, что приводит к принятию неверных управленческих решений [3].

Модель планирования поставок строительных материалов, изделий, конструкций

Выработка плана является сложной процедурой, в ходе которой строительное предприятие вступает во взаимоотношения с многими организациями, которые необходимо учитывать. Важным условием выполнения взаимных обязательств является соответствие планируемого объема перевозок грузов плану строительства и производства строительных материалов, а также провозным возможностям автохозяйств. Информационно-управляющая система строительной организации реализует функции управления предприятием, формирует предложения по плану. На стадии выработки предложений информационно-управляющая система опирается на знание соответствующих внутренних возможностей строительной организации, данные прогнозирования внешних условий. Чем более полно учтены указанные факторы, тем более обоснованными считаются эти предложения и, соответственно, будут приняты без существенных коррекций.

Наиболее эффективным и современным подходом к реализации такого обоснования является использование математических моделей. Модели, применяемые для решения задач этого уровня должны учитывать не только внутренние свойства предприятия, являться моделями его производственной системы, но и учитывать с доступной полнотой свойства внешней среды.[4]. В виду ограничения полноты информации на уровне предприятия, методика планирования должна предусматривать возможность коррекции плановых предложений, пересчета их по уточненным данным.

План строительной организации включает большое количество показателей, все они являются производными от основных: заданий по объемам реализации строительно-монтажных работ, подлежащих выполнению, и планов поставок строительных материалов, изделий, конструкций, получаемых извне.[5]. Поставка материальных ресурсов осуществляется посредством реализации

транспортно-технологических процессов. При этом существенно не только обеспечить необходимым объемом поставок планируемые затраты на длительный период времени, но и определить характер их распределения во времени, т. к. неравномерность поставок может повлиять на снижение эффективности деятельности строительной организации.[6]. Транспортно-технологический процесс представляет собой систему, целью которой обеспечение непрерывной работы строительных потоков с минимальными затратами. В соответствии с поставленной перед системой целью транспортно-технологический процесс составляют следующие технологические операции: погрузка, разгрузка, транспортировка и потребление. В выполнении этого комплекса операций участвуют заводы-поставщики, комплектующие, транспортные и строительные организации.

Пусть r_p - объем реализации p -го вида строительных работ, q_i - объем поставок i -го строительного материала, изделия, конструкции в плановом периоде. Тогда можно утверждать, что задача планирования будет решена, если установлены значения векторов

$$r = (r_p, p \in P_{out}), q = (q_i, i \in P_{in}).$$

Выбор r и q определяется принятым принципом планирования. Наиболее распространенным на практике является принцип планирования от достигнутого уровня. При этом предполагается известным достигнутый в предшествующем плановом периоде уровень реализации строительной продукции r^0 , а в качестве плана реализации на текущий период предлагается принять тот же по структуре, но увеличенный с заданным темпом роста θ . Сам темп роста обычно также принимается на основе пролонгации ранее достигавшихся темпов. Тем самым формула построения плана r принимает простой вид

$$r = (1 + \theta)r^0, \theta > 0. \quad (1)$$

Обычно этот принцип применяется не ко всем видам строительных работ, а лишь к важнейшим из них. Объем производства по другим видам строительных работ либо не планируется, либо задается достаточно произвольно. Объем необходимых поставок рассчитывается исходя из определенного объема производства строительно-монтажных работ по средним нормативным коэффициен-

там затрат, выработки механизмов и транспортных средств.

Основные недостатки принципа планирования от достигнутого уровня следующие: новый план повторяет возможно несовершенную структуру прошлого плана, может оказаться неосуществимым в силу внутренних обстоятельств (недостаточность производственных ресурсов), так и в силу внешних (отсутствие спроса на строительную продукцию или невозможность получения требуемого объема поставок исходных ресурсов).

Поэтому возникает необходимость в новом подходе, известном под названием принципа оптимального планирования, под которым понимается целая группа методов. Все они характеризуются стремлением выбрать план, наилучшим образом согласованный с внутренними возможностями предприятия и с внешними условиями, при этом прогноз и тех и других на плановый период осуществляется с помощью математических моделей.

Качество (эффективность) плана описывается функцией $F(r, q)$ плановых объемов реализации и поставок строительных материалов, изделий и конструкций. Оптимальным считается план, который обеспечивает наибольшее значение $F(r, q)$. [7]. В качестве целевой функции может использоваться объем реализации, доход, прибыль и другие показатели. Выбор конкретного показателя является дискуссионным. В экономической литературе, как правило, отдается предпочтение показателю прибыли. Прибыль является наиболее четким измерителем эффективности деятельности предприятия.

Из качественной формулировки принципа оптимального планирования ясно, что этот подход подразумевает не только построение наилучшего по качеству плана, но и строгое соблюдение ограничений на выбор плана, связанных с прогнозом условий функционирования строительной организации.

Формализуем эти ограничения, разделяя внешние и внутренние условия.

Учет внешних условий зависит от конкретной ситуации, в которой работает строительная организация. Выделим из них следующие:

Объемы поставок строительных материалов, изделий, конструкций ограничены сверху:

$$q \leq \bar{q}, \quad (2)$$

где $\bar{q} = (\bar{q}_i, i \in P_{in})$ – вектор ограничений, состоящий из компонент, равных предельным объемам поставок i – строительного материала.

Величины \bar{q} могут устанавливаться непосредственно предприятиями-поставщиками или подразделениями материально-технического снабжения на основе анализа возможностей поставщиков. [8].

Планируемые объемы реализации всех или некоторых строительных работ (объектов строительства) ограничены сверху и снизу:

$$\underline{r} \leq r \leq \bar{r}, \quad (3)$$

где $\underline{r} = (\underline{r}_i, i \in P_{out})$, $\bar{r} = (\bar{r}_i, i \in P_{out})$ – векторы с компонентами, равными предельным уровням снижения или повышения объемов строительства.

Величины \underline{r} и \bar{r} , как правило, задаются исходя из непосредственного учета потребностей территории в данном объекте строительства, а также результатов деятельности строительной организации в предшествующем периоде. Необходимость согласования планов предприятий не допускает резких изменений уровня выпускаемой продукции. Поэтому строительной организации при осуществлении даже предварительного планирования необходимо учитывать это обстоятельство, вводя соответствующие ограничения. Для строительных организаций, работающих для удовлетворения выделенной группы потребителей постановка ограничений должна явиться следствием суммирования заявок потребителей или прямого прогнозирования спроса.

Учет внутренних условий формально более сложен и должен опираться на ту или иную математическую модель производственной системы. Выбор подходящей модели является сложной проблемой. Поскольку задача планирования является "внешней" задачей, касающейся объемов исходных и конечных продуктов, удобнее работать с моделью, где фигурируют только эти составляющие, а промежуточные из рассмотрения исключены. [9].

При планировании на базовый период переходящими запасами можно пренебречь и считать, что объем строительного производства b , совпадает с реализацией r , а объем потребляемых строительных материалов, изделий, конструкций a с объемом поставок q [7]:

$$q_i = a_i; i \in P_{in}; r_p = b_p; p \in P_{out}. \quad (4)$$

Проблема заключается в выяснении взаимосвязи между объемами поставок и производства строительно-монтажных работ и какие допустимы объемы строительства в силу ограниченности возможностей производственной системы.

Рассмотрим производство как «черный ящик» для непосредственного установления связи между «входами» и «выходами». Все функционирование строительного производства в плановом периоде рассматривается как единая операция по преобразованию исходных строительных материалов, изделий, конструкций в объекты возведения.

Если обозначить через $b = (b_p, p \in P_{out})$ - вектор объемов строительного производства и считать, что эта операция управляется непосредственно его заданием, то желаемая модель должна иметь вид

$$a_i = a_i(b), i \in P_{in}, \quad (5)$$

при этом дополнительно должна быть задана область допустимых объемов строительного производства.

Используя гипотезу линейности, предполагаем, что

$$a_i(b) = \sum_{p \in P_{out}} a_{ip} b_p, i \in P_{in}, \quad (6)$$

где a_{ip} - расход потребляемых строительных материалов, изделий, конструкций на единицу производства p -го вида строительных работ.

Возможности производства строительно-монтажных работ определяются суммарными ресурсами времени, в течение которого можно использовать производственные звенья (рабочих строительных бригад и строительную технику).

Пусть μ_{kp} - производительность производственного звена k -го типа, $k \in K$, при производстве p -го вида строительных работ, а T_k - общий ресурс времени производственных звеньев в плановом периоде. Тогда объем производства строительно-монтажных работ $b_p, p \in P_{out}$, возможен только если выполнены условия:

$$\sum_{p \in P_{out}} \frac{1}{\mu_{kp}} b_p \leq T_k, k \in K. \quad (7)$$

Эти условия вместе с требованием неотрицательности объема строительства:

$$b_p \geq 0, p \in P_{out}, \quad (8)$$

задают в явной форме допустимую область.

Построенная модель очень удобна для решения вопроса о выборе плана, но во многих случаях неадекватность модели очевидна, например, когда работы осуществляются с применением различных технологий с заведением различными коэффициентами расхода строительных материалов, изделий, конструкций или когда выпуск одного строительного продукта обязательно сопровождается выпуском какого-либо другого.

В таких случаях авторы предлагают следующий, более общий подход.

Будем рассматривать функционирование системы как процесс осуществления конечного множества J различных операций, называемых технологическими способами. Каждая операция $j, j \in J, \dots$, связана с затратами исходных строительных материалов, изделий, конструкций, объемом строительного производства и использованием внутренних ресурсов системы. Пусть x_j - управление j -м технологическим способом, называемым интенсивностью, и для каждого значения $x_j \geq 0$ можно вычислить объемы строительного

производства $b_{pj}(x_j), p \in P_{out}$, и затрат исходных строительных материалов, изделий, конструкций $a_{ij}(x_j), i \in P_{in}$, в данном способе, а также требуемое время использования k -го типа агрегатов системы $l_{kj}(x_j), k \in K$ [10].

В предположении независимости реализации способов объемы исходных материалов, изделий, конструкций и объемы строительного производства суммируются:

$$a_i(x) = \sum_{j \in J} a_{ij}(x_j), i \in P_{in},$$

$$b_p(x) = \sum_{j \in J} b_{pj}(x_j), p \in P_{out}. \quad (9)$$

Таким образом, выбор плана строительного производства и затрат строительных

материалов, изделий, конструкций сводится к выбору вектора $x = (x_j)$ интенсивностей технологических способов, ограниченному ресурсами времени агрегатов производственной системы

$$\sum_{j \in PJ} l_{kj}(x_j) \leq T_k, k \in K, \quad (10)$$

и, возможно, другими условиями (в частности, условием не отрицательности). Область задаваемую всеми этими ограничениями, обозначим X . Если технологический способ внутренне не сбалансирован, т.е. объемы промежуточных продуктов, затрачиваемых в ходе производства, не компенсируются выпуском в нем же, в число ограничений должны быть введены условия по балансам промежуточных продуктов.

В матричной форме (9) и (10) принимает вид

$$a_i(x) = Ax, b(x) = Bx, Lx \leq \beta T, \quad (11)$$

где

$$\begin{aligned} & a_i \underline{\Delta} (a_i), b \underline{\Delta} (b_p), \\ & A \underline{\Delta} \{a_{ij}\}, B \underline{\Delta} \{b_{pj}\}, L \underline{\Delta} \{l_{kj}\} \\ & \beta \underline{\Delta} (\beta_k), \beta_k T \underline{\Delta} \Gamma_k \end{aligned}$$

Очевидно, что модель, использующая понятие технологического способа, переходит в исходную, если принять

$$b_{pj} = \begin{cases} 1, & p = j \\ 0, & p \neq j \end{cases} \quad (12)$$

т.е. считать, что каждый способ связан с выпуском только одного продукта, а его интенсивность определяется выпуском этого продукта. Разработанная авторами модель лишена указанных выше недостатков исходной.

Заключение

Разработанная авторами модель универсальна, предназначена для планирования объема поставок для выполнения строительных работ с использованием любых технологических способов. Основные принципы планирования строительных потоков предусматривают неразрывную связь с транспортно-технологическим процессом поставки материалов, изделий, конструкций. Выполнение этих принципов планирования позволит повысить организационный уровень управления

строительными потоками, обеспечит непрерывность и равномерность производства работ и потребления материалов, изделий, конструкций.

Таким образом, разработанная методика позволяет моделировать состояние производственной системы в изучаемом периоде времени и оптимизировать управленческие решения путем выбора наиболее рациональной стратегии.

Библиографический список

1. Финансовые аспекты предпринимательства в новой экономике : монография / под общ. ред. О.Ю. Патласова. – Омск : НОУ ВПО ОмГА, 2013. – 300 с.
2. Сироткин, Н.А. Теоретические основы управления строительным производством : уч. пособие / Н.А. Сироткин, С.Э. Ольховиков. – М.-Берлин : Директ-Медиа. 2016. – 141 с.
3. Демиденко, О.В. Модель функционирования строительных потоков / О.В. Демиденко, В.А. Казаков, С.М. Кузнецов, Н.Е. Алексеев // Вестник СибАДИ. – 2016. – №2(48). – С. 89-95.
4. Гусаков, А.А. Организационно-технологическая надёжность строительства / А.А.Гусаков, С.А. Веремеенко, А.В.Гинзбург и др. - М.: Внешторг-издат, 1994.-472 с.
5. Организация и методы транспортного строительства : монография / В.Я. Ткаченко, С.Э. Ольховиков, и др. – Новосибирск : СГУПС, 2007. – 317 с.
6. Исаков, А.Л. Оптимизация работы комплекса машин / А.Л.Исаков, К.С. Кузнецова, С.М. Кузнецов // Экономика ж. д.. – 2013. – № 1. – С. 85 – 91.
7. Первозванский, А.А. Математические модели в управлении производством / А.А. Первозванский. – М. : Наука. 1995. – 616 с.
8. Демиденко, О.В. Совершенствование обоснования очередности строительства зданий и сооружений/ О.В. Демиденко, С.М. Кузнецов // Вестник СибАДИ. – 2015. – №5. – С. 66-72.
9. Александров, А.Н. Организационно-технологическая надёжность экскаваторных комплектов / А.Н. Александров, К.С. Кузнецова // Механизация строительства. – 2010. – № 12. – С. 24 – 28.
10. Кузнецов, С.М. Проектирование надёжности транспортно-технологического процесса в строительстве / С.М. Кузнецов, О.В. Демиденко, Н.Е. Алексеев // Вестник СибАДИ. – 2015. – №3. – С. 51-56.

PLANNING VOLUME SUPPLY MATERIAL RESOURCES IN CONSTRUCTION

O.V. Demidenko, N.E. Alekseev

Annotation. The organizational and technological issues of the transport documents provide material resources construction projects considered without

sufficient justification. In the article the task of planning the volume of deliveries agreed with the construction company's internal capabilities and external conditions is formulated in the form of a mathematical model of linear programming. The principles of planning, the concept of the quality of the plan, formalized internal and external constraints on the choice plan. Model developed by the authors plan will improve the level of organization of construction management flows, ensure the continuity and uniformity of the work of production and consumption of materials, products and structures.

Keywords: building flow, transport process, the production of construction and installation work, planning and management, organization and building technology

References

1. The financial aspects of the business in the new economy: a monograph. / Pod Society. Ed. O.J. Patlasova. - Omsk: NOU VPO OmGAU, 2013. - 300 p.
2. Sirotkin, N.A. Theoretical construction of production management basics: Uch.posobie / N.A.Sirotkin, S.E.Olhovikov. - Moscow-Berlin: Direct Media. 2016. - 141 p.
3. Demidenko, O.V. Model building functioning streams / O.V. Demidenko, V.A. Kazakov, S.M. Kuznetsov, N.E. Alekseev // Herald SibADI. - 2016, - №2 (48) .- p.89-95.
4. Gusakov, A.A/ Organizational-technological reliability of building / A.A.Gusakov, S.A. Veremeyenko, A.V.Ginzburg et al. -M.: Vneshtorg-izdat, 1994.-472 p.
5. The organization and methods of transport construction: monograph / V.J. Tkachenko, S.E. Olkhovikov, and others-Novosibirsk SGUPS, 2007.-317 p.
6. Isakov, A.L. Optimization of complex machines / A.L.Isakov, K.S.Kuznetsova, S.M.Kuznetsov // Economics railway transport -2013. № 1. -p. 85 - 91.
7. Pervozvanskii, A.A. Mathematical models in production management / A.A. Pervozvanskiy.- M: Science. 1995. - 616 p.
8. Demidenko, O.V. Improvement study of priority construction of buildings / O.V. Demidenko, S.M. Kuznetsov // Herald SibADI. 2015, №5. - p. 66-72.
9. Alexandrov, A.N. Organizational-technological reliability of excavation sets / A.N. Aleksandrov, K.S. Kuznetsova // Mechanization construction. -2010. -№ 12. p. 24 - 28.
10. Kuznetsov, SM Designing reliable transport and process in the construction / SM Kuznetsov, OV Demidenko, NE Alekseev // Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway Academy. 2015. №3. S.51-56.

Демиденко Ольга Владимировна (Омск, Россия) – канд.техн. наук, доцент кафедры Организация и технология строительства ФГБОУ ВО Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (644080, г.Омск, пр.Мира, 5, e-mail: dovanddms@yandex.ru), доцент кафедры Коммерции, маркетинга и рекламы ЧУОО ВО Омская гуманитарная академия (644115, г. Омск, ул. 4-я Челюскинцев, 2а, e-mail: dovanddms@yandex.ru).

Алексеев Николай Евгеньевич (Омск, Россия) – канд. экон. наук, доцент кафедры Общая экономика и право ФГБОУ ВО Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (644080, г.Омск, пр.Мира, 5, e-mail: oeip@mail.ru), доцент кафедры Коммерции, маркетинга и рекламы ЧУОО ВО Омская гуманитарная академия (644115, г. Омск, ул. 4-я Челюскинцев, 2а, e-mail: oeip@mail.ru).

Demidenko Olga (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical Sciences, Associate Professor of Organization and technology of construction Siberian state automobile and highway academy (644008, Omsk, Mira av., 5, e-mail: dovanddms@yandex.ru), assistant professor of commerce, marketing and advertising Omsk Humanitarian Academy (644115, Omsk, st. 4th Chelyuskintsev 2a, e-mail: dovanddms@yandex.ru).

Alekseev Nikolai (Omsk, Russian Federation) – candidate of economic Sciences, Associate Professor of General Economics and Law Siberian state automobile and highway academy (644008, Omsk, Mira av., 5, e-mail: oeip@mail.ru), assistant professor of commerce, marketing and advertising Omsk Humanitarian Academy (644115, Omsk, st. 4th Chelyuskintsev 2a, e-mail: oeip@mail.ru).

УДК 625.7

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ КАК СИСТЕМЫ

Ю.В. Краснощёков
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. В статье анализируются преимущества методологии системного подхода при исследовании, проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений. На основе общей теории систем получена обобщенная модель автомобильных дорог в виде совокупности основных принципов: структурности, функционирования, надежности и эффективности. При этом использована гипотеза соответствия общесистемных принципов и принципов проектирования дорог и их сети. Сделан вывод о возможности применения полученной модели при проектировании сети дорог на разных уровнях развития с учетом изменяющихся условий.

Ключевые слова: автомобильные дороги, системный подход, общая теория систем, проектирование автомобильных дорог, сети автомобильных дорог.

Введение

Важнейшим условием функционирования экономических систем современных государств является развитие сети автомобильных дорог. Недостаточные темпы расширения автодорожной сети, низкое качество дорожного строительства, неравномерное обеспечение дорогами различных регионов страны – все эти факторы существенно снижают эффективность российской экономики и негативным образом влияют на потенциал ее дальнейшего развития [1].

Исходя из сказанного, любые объекты в области дорожного строительства рекомендуется рассматривать с системных позиций. В инженерной деятельности к системному подходу зачастую обращаются интуитивно, поэтому объективно оценить его эффективность не всегда удается. Результаты значительно улучшаются, если целенаправленно использовать принципы и закономерности системной методологии.

В наиболее общем понятии система – это упорядоченная совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, образующих единое функциональное целое, предназначенное для решения определенных задач. Считается, что системный подход способствует адекватной постановке проблем и выработке эффективной стратегии их изучения [2].

Системный подход и общая теория систем являются основой системного анализа, к процедурам и методам которого обращаются при решении проблем в условиях неопределенности и отсутствии строгой количественной оценки. На этой основе можно получить

теоретическую модель, без которой выполнить научное исследование вообще невозможно. Особенно полезна системная модель при исследовании иерархических систем и процессов развития, когда объект исследования может усложняться и возникает необходимость многократного пересмотра обычных математических моделей.

На примере автомобильных дорог покажем, что собой представляет и как работает системная модель исследования объектов строительства в процессе развития.

Принципиальная модель автомобильных дорог

Автомобильные дороги – это иерархические системы, специфика которых в том, что они являются элементами более сложных систем (сети), а они сами и их элементы можно рассматривать в качестве систем другого уровня. Согласно иерархическому принципу сеть автомобильных дорог, наряду с железнодорожной, водной и воздушной сетями, является элементом более общей транспортной сети. Обеспечивая связи населенных пунктов и хозяйственных объектов с железнодорожными станциями, портами, аэропортами, терминалами автомобильные дороги создают возможность взаимодействия отдельных видов транспорта в едином транспортном процессе. На всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог (планирование, моделирование, проектирование, строительство и эксплуатация) следует применять системный подход – общее направление, в основе которого лежит исследование объектов как систем.

Чтобы разобраться с особенностями системного подхода, обратимся к методологическому инструментарию общей теории систем, основные принципы которой применимы к любым системам. Значение общей теории систем неопределимо для решения проблем развития, так как она вооружает исследователя общей (принципиальной) моделью в виде совокупности принципов, характеризующих основные стороны и свойства системы и чёткой дедуктивно-диалектической логикой.

Наиболее общими принципами для любых систем являются [3]:

- принцип структурности (возможность описания системы в виде структуры с устойчивыми связями), характеризующий состав, свойства элементов и внутреннее строение системы;

- принцип целостности (отличие свойств и функций целого от свойств и функций частей целого – элементов, подсистем), характеризующий общесистемные, интегральные свойства, поведение системы;

- принцип взаимозависимости системы и среды (проявление и формирование свойств системы в процессе взаимодействия с внешней средой), характеризующий внешние свойства, качество системы;

- принцип множественности описания каждой системы (потребность построения множества различных моделей, каждая из которых описывает лишь определённый аспект системы).

Общие принципы взаимосвязаны и при объединении образуют обобщённую, принципиальную модель, которую можно представить в виде схемы (рис. 1).

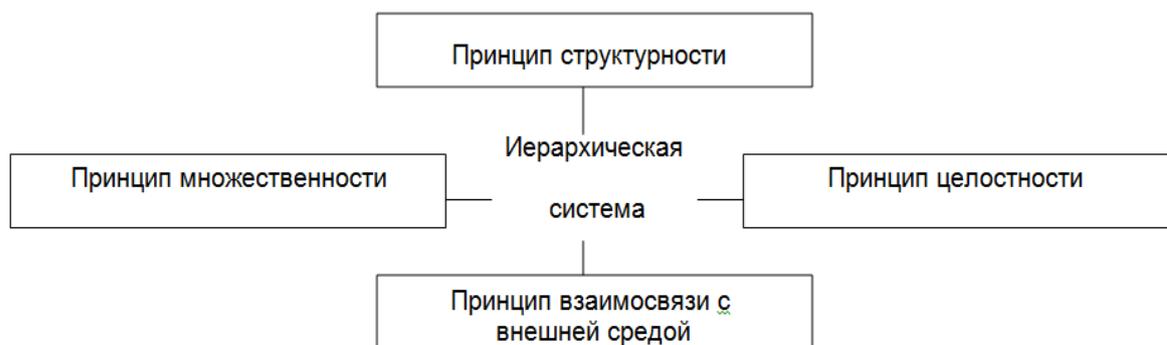


Рис. 1. Принципиальная схема иерархической системы

Использование принципов общей теории систем даёт возможность конкретизировать модель исследования на основе общих требований к дорогам [4]. Для построения системной модели автомобильных дорог использован метод логического перехода от общего

знания к частному, от общей системы к конкретной [5].

В качестве основной предпосылки принята гипотеза соответствия общесистемных принципов и принципов проектирования дорог и их сети (рис. 2).



Рис. 2. Принципиальная модель дорожных систем

Подобная модель разработана для конструктивных систем зданий и сооружений [6, 9].

Очевидно, что общесистемный принцип структурности полностью соответствует принципу, характеризующему внутреннее

строение автомобильных дорог и их сети. Как структурное образование любая система рассматривается в виде целостного объекта, который допускает различные варианты декомпозиции (членения на составные части – элементы и подсистемы). Из общей теории систем известно, что не всякое членение позволяет получить простые и достаточно доступные для изучения части. Эффективность решения этой задачи зависит от числа связей (соединений), объединяющих выделяемый элемент с остальными частями. С выявления необходимых и устойчивых узловых связей начинается познание системы, поэтому принцип структурности следует признать первичным при исследовании дорожных систем.

Понятие связи, объединяющей основные элементы в единое целое, играет важную роль не только при исходном расчленении объекта изучения, но и в процессе его воспроизведения в целостной теоретической модели и в реальном виде. В сети автомобильных дорог существуют связи, которые определяют взаимодействие дорог между собой и с элементами пересечений (переездами, переправами, населенными пунктами и т.п.). Здесь речь идет не только о конструктивных решениях соединений, но и технологических, экологических, эстетических, логистических и других особенностях взаимодействия отдельных дорог.

Принцип целостности общей теории систем объединяет основные требования к функциональным свойствам, поведению системы, обусловленному взаимодействием элементов. Применительно к дорожным системам действие принципа функционирования проявляется в том, что в результате взаимодействия элементов сеть дорог приобретает специфические (системные) свойства, отличающиеся в той или иной степени от свойств отдельных элементов. Например, в результате простоя автомобильного транспорта на 135 железнодорожных переездах автомобильных дорог федерального значения (51 % от общего количества) интенсивность движения на подходах к ним превышает 7 тысяч автомобилей в сутки [1]. Это ведет к значительным экономическим потерям и повышенному загрязнению окружающей среды.

Любая система должна быть способна к функционированию в той или иной среде (рельеф, климат и т.п.), в результате чего происходит их взаимодействие. Взаимозависимость системы со средой наиболее наглядно проявляется в оценке надежности автомобильных дорог, поэтому принцип взаимозависимости системы со средой следует

отождествлять с принципом надежности. Надежность и эффективность сети автомобильных дорог принципиально зависит от внешних факторов: типа расселения, распределения промышленности, транспортной подвижности и т.д.

Наконец, принцип множественности общих систем можно отождествить с принципом эффективности, так как именно в многообразии вариантов мы находим наиболее приемлемое, оптимальное решение.

Системное исследование начинается с определения целого (системы) и частей (элементов), анализа их связей и формирования структурной модели в виде некоторой схемы, которую целесообразно сопроводить описанием (анализом) системы по составу и структуре с разными комбинациями членения целого на части.

Простейшей моделью функционирования дорожной системы является описание механизма взаимодействия элементов. Знание такого механизма позволяет исследователю сформулировать требования к поведению, работе системы в различных условиях и обосновать расчетные схемы. В первую очередь, функциональные требования связывают с назначением дорог. Но зачастую такой подход условен, так как в общем случае все дороги многофункциональны. Теория систем располагает следующим доказательством: для реализации системой любой его функции необходимо, чтобы хоть один элемент реализовал эту функцию.

Комплексное представление о дорожной системе можно получить из структурно-функционального анализа, способа системного исследования объектов как структурно-расчлененной целостности, в которой каждый элемент имеет определенное функциональное назначение. Особенно полезен такой метод при моделировании дорожных сетей.

К исследованию надежности, направленной на обеспечение безопасности дорог, приступают после выбора структурной и расчетной моделей с учетом взаимодействия с внешней средой. Основными свойствами надежности являются безотказность и долговечность, которые достигаются обоснованными запасами.

Поскольку под надежностью понимается, прежде всего, надежность функционирования, то и основные модели надежности связаны с расчетными схемами, численными экспериментами и статистическим моделированием.

Практически все задачи по обеспечению надёжности систем могут быть решены методами теории надёжности [7].

Для реализации принципа надёжности применяют особые модели надёжности в ви-

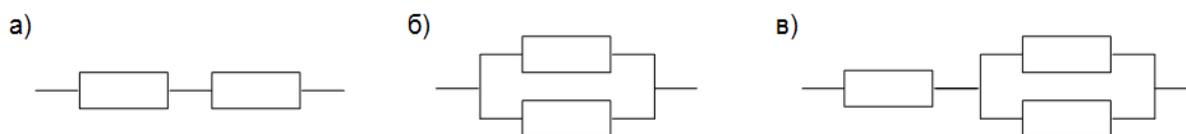


Рис. 3. Структурные схемы надёжности

В структурных моделях отражаются не все свойства элементов, да и членения на элементы зачастую условны. Главная цель таких моделей заключается в выявлении связей и степени влияния элементов на надёжность системы. Структурные схемы применимы не только для статических моделей, отражающих состояние системы в определенный момент времени, но и при оценке уровня надёжности с учетом фактора времени (динамические модели). Учет времени совершенно необходим для решения задач развития систем.

Эффективность – это степень выполнения требований (технических, экономических) или достижения цели. В общем случае исходным пунктом исследования эффективности является цель исследования. Операция по достижению цели включает стратегию, средства и объект исследования, а также способ измерения эффективности.

Различают три критерия эффективности: пригодности, оптимальности и адаптивности. Применительно к сетям автомобильных дорог в быстрорастущих мегаполисах и агломерациях вокруг них особое значение приобретает принцип адаптивности, так как нередко выясняется, что выстроенная ранее, казалось бы, оптимальная и хорошо продуманная сеть дорог, зачастую оказывается совершенно неразумной в свете изменившейся ситуации.

С системных позиций целесообразно использовать критерии, позволяющие проводить комплексную оценку решений с учётом временного фактора, например, в виде соотношения полезного эффекта сети дорог при использовании её по назначению и затрат на создание и применение.

При сравнительной экономической оценке решений обычно используют критерий сравнительной эффективности вариантов, например, в виде целевой функции

$$\sum_{i=1}^I C_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де структурных схем (рис. 3) с последовательным (а), параллельным (б) или смешанным (в) соединением элементов.

где C_i – стоимость i -го варианта в единицу времени с учетом рисков на всевозможные отказы.

Кроме решения сравнительных или оптимизационных задач принцип эффективности предполагает выполнение требований в направлениях [8]:

- улучшения технико-эксплуатационных параметров и характеристик (надёжности функционирования, срока службы);
- применения прогрессивных материалов и технологий;
- применения средств исследования, проектирования и эксплуатации (усовершенствования методов расчёта, автоматизации проектирования, моделирования).

Реализацией принципа эффективности завершается цикл проектирования сети автомобильных дорог для конкретных условий.

В связи с изменяющимися условиями функционирования, появлением новых материалов, механизмов и технологий возникает потребность изменения ранее принятых решений и совершенствования их. Однако и на более высоком уровне остается справедливой принципиальная модель сети автомобильных дорог. Поэтому модель развития (планирования) сети автомобильных дорог может быть представлена в виде последовательной реализации циклов проектирования с учетом изменяющихся условий (рис. 2).

Заключение

При исследовании и проектировании автомобильных дорог можно применять обобщенную модель в виде последовательности операций по реализации основных принципов системного подхода. Особенностью применения системного подхода к иерархическим системам, к которым относятся дороги, является не только знание элементов, составляющих систему, но и роли (функции) конкретной дороги, которую она выполняет в качестве элемента более сложной системы (сети). Это особенно важно учитывать при ре-

шении проблем планирования и развития сети автомобильных дорог.

Библиографический список

1. О перспективах развития сети автомобильных дорог на территории Российской Федерации / Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, Аналитическое управление Apparata Совета Федерации // Аналитический вестник. – 2015. – № 3 (556). – 64 с.
2. Дитрих, Я. Проектирование и конструирование. Системный подход / Я. Дитрих. – М.: Мир, 1981. – 456 с.
3. Садовский, В.Н. Основания общей теории систем. Логико-методологический анализ / В.Н. Садовский. – М.: Наука, 1974. – 280 с.
4. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. – М., 2013. – 135 с.
5. Исаханов, Г. В. Основы научных исследований в строительстве / Г. В. Исаханов. – Киев: Вища школа, 1985. – 208 с.
6. Краснощеков, Ю. В. Научные основы исследований взаимодействия элементов железобетонных конструкций / Ю. В. Краснощеков. – Омск: СибАДИ, 1997. – 276 с.
7. Болотин, В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений / В.В. Болотин. – М.: Стройиздат, 1981. – 351 с.
8. Диксон, Д. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений / Д. Диксон. – М.: Мир, 1969. – 440 с.
9. Краснощеков, Ю. В. Исследование конструктивных систем. Системный подход / Ю. В. Краснощеков. - Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2014. - 164 с.

ROADS AS A SYSTEM

Yu.V. Krasnoshchekov

Abstract. The article analyzes the advantages of the methodology of the system approach in the study, design, construction and operation of facilities. On the basis of the general theory of systems obtained generalized model of roads in the form of a set-sti basic principles: structural, performance, reliability and effectively-sti. This hypothesis is used system-wide compliance with the principles and the Half-dressing design of roads and their networks. The conclusion about the possibility of using the obtained models in

the design of the road network at different levels of development in response to changing conditions.

Keywords: roads, systemic approach, general systems theory, design of roads, road network.

References

1. O perspektivah razvitiya seti avtomobil'nyh dorog na territorii Rossijskoj Federacii / Sovet Federacii Federal'nogo Sobraniya Rossijskoj Federacii. Analiticheskoe upravlenie Apparata Soveta Federacii // Analiticheskij vestnik. – 2015. – №3(556). – 64 s.
2. Ditrih, YA. Proektirovanie i konstruirovaniye. Sistemnyj podhod / YA. Ditrih. – M.: Mir, 1981. – 456 s.
3. Sadovskij, V.N. Osnovaniya obshchej teorii sistem. Logiko-metodologicheskij analiz / V.N. Sadovskij. – M.: Nauka, 1974. – 280 s.
4. SP 34.13330.2012 Avtomobil'nye dorogi. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.05.02-85*. – M.: 2013. – 135 s.
5. Isahanov, G.V. Osnovy nauchnyh issledovanij v stroitel'stve / G.V. Isahanov. – Kiev: Vishcha shkola, 1985. – 208 s.
6. Krasnoshchekov, YU.V. Nauchnye osnovy issledovanij vzaimodejstviya ehlementov zhelezobetonyh konstrukcij / YU.V. Krasnoshchekov. – Omsk: SibADI, 1997. – 276 s.
7. Bolotin, V.V. Metody teorii veroyatnostej i teorii nadezhnosti v raschetah sooruzhenij / V.V. Bo-lotin. – M.: Strojizdat, 1981. – 351 s.
8. Dikson, D. Proektirovanie sistem: izobretatel'stvo, analiz i prinyatie reshenij / D. Dikson. – M.: Mir, 1969. – 440 s.
9. Krasnoshchekov, YU.V. Issledovanie konstruktivnyh sistem. Sistemnyj podhod / YU.V. Krasnoshchekov. Palmarium Academic Publishing, 2014. - 164 s.

Краснощеков Юрий Васильевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kras1942@mail.ru).

Yuri V. Krasnoshchekov (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of building structures, Omsk «SibADI» (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: kras1942@mail.ru).

УДК 625.7/8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОЛОШЛАКОВОЙ СМЕСИ

А.А. Лунёв, В.В. Сиротюк, Н.И. Барац
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. В статье рассматриваются результаты лабораторных испытаний золошлаковой смеси (ЗШС) из отвала Омской ТЭЦ-4, работающей на Экибастузском угле. В ходе проведённых исследований определены прочностные характеристики этого техногенного грунта в зависимости от степени уплотнения и влажности.

Оценена его пригодность в качестве грунтового материала для возведения насыпей земляного полотна автомобильных дорог, а также как основания зданий и сооружений. Установлены эмпирические зависимости свойств золошлака от влажности и плотности скелета грунта. Сопоставлены прочностные показатели ЗШС и природных грунтов нашего региона.

Ключевые слова: золошлаковая смесь, лабораторные испытания, прочностные характеристики, параметры для математического моделирования.

Введение

Одной из актуальных проблем строительной отрасли является нехватка природных строительных материалов во многих регионах РФ. В пригороде Омска, как и в других мегаполисах, имеются существенные трудности с изысканием кондиционных грунтов для планировочных работ на строительных площадках и возведения насыпей земляного полотна автомобильных дорог. Территории, выделяемые под карьеры, часто представляют собой участки с переувлажнёнными глинистыми грунтами, использование которых вызывает повышение энерго- и трудозатрат при строительстве и увеличивает его стоимость. В связи с этим подрядчики вынуждены использовать песчаные грунты, добываемые в русле р. Иртыш, дальность транспортировки и отпускная цена которых существенно сказывается на стоимости строительства. Кроме того, это негативно отражается на вопросах экологии.

Одним из возможных путей решения проблемы расширения сырьевой базы грунтовых строительных материалов и эффективной утилизации побочных продуктов теплоэнергетики является использование - золошлаковых смесей (ЗШС) из отвалов ТЭЦ.

В Омске действуют три крупных отвала: ТЭЦ-2, ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5. Суммарно на них накоплено около 65 млн. т золошлаковых отходов [1]. Поскольку в золоотвалах ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5 (работающих на каменном угле Экибастузского угольного бассейна) накоплена основная часть ЗШС, наши исследования сосредоточены на техногенном грунте из этих отвалов.

Ранее мы изучили особенности водно-теплового режима насыпей из ЗШС [2]. Главным препятствием на сегодняшний день, ограничивающим использование ЗШС в строительстве, является недостаточная изученность их физико-механических свойств и, следовательно, величины расчётных параметров для проектирования инженерных сооружений.

Для обоснования возможности применения ЗШС в строительстве необходимо определить их физико-механические параметры, сравнить с параметрами природных грунтов, используемых в регионе. На базе полученных данных планируется разработать математические модели, позволяющие обоснованно назначать прочностные показатели этого техногенного грунта при проектировании насыпей для вертикальной планировки под строительные площадки и земляного полотна автомобильных дорог.

Методика эксперимента

В рамках исследования была подготовлена программа испытаний, которая представляла собой ряд однофакторных экспериментов. Выбор условий экспериментов, отражал наиболее вероятные состояния насыпей в процессе их возведения и эксплуатации на протяжении жизненного цикла. Программа исследований приведена в табл. 1.

Перед изготовлением образцов определялась величина максимальной плотности сухого грунта и оптимальная влажность ЗШС в соответствие с требованиями ГОСТ 22733 [3].

Таблица 1

Программа испытаний

Номер серии	Изменяемый параметр ЗШС	Интервал изменения	Значение прочих параметров	Цель серии испытаний
1	Коэффициент уплотнения	0,9 - 1,05	Оптимальная влажность	Определить закономерности изменения механических свойств ЗШС в зависимости от степени уплотнения и увлажнения
2	Влажность	12–33%	Коэффициент уплотнения 0,95	

Перед формовкой образцов были построены корреляционные зависимости между величиной уплотняющей работы, приложенной к грунту, и коэффициентом уплотнения, что позволяло изготавливать образцы требуемой плотности и влажности в ходе дальнейших испытаний.

Исследование прочностных характеристик ЗШС осуществляли на приборах прямого среза ПСГ-3М, в соответствии с методикой ГОСТ 12248 [4]. Образцы ЗШС формировали в большом приборе стандартного уплотнения, согласно методике [3], варьируя степень уплотнения числом ударов гири. После уплотнения форма взвешивалась для уточне-

ния коэффициента уплотнения. В случае достижения требуемого значения плотности в ЗШС вдавливали кольцо для испытаний на прямой срез в приборе ПСГ-3М.

Испытания проводили при консолидированно-дренированном (медленном) срезе с вертикальным нагружением образцов. Значения нормального напряжения принимали по [4] как для пылеватых песков и супесей.

Обсуждение результатов экспериментов

Результаты определения плотности скелета ЗШС при разной влажности при уплотнении представлены на рис. 1.

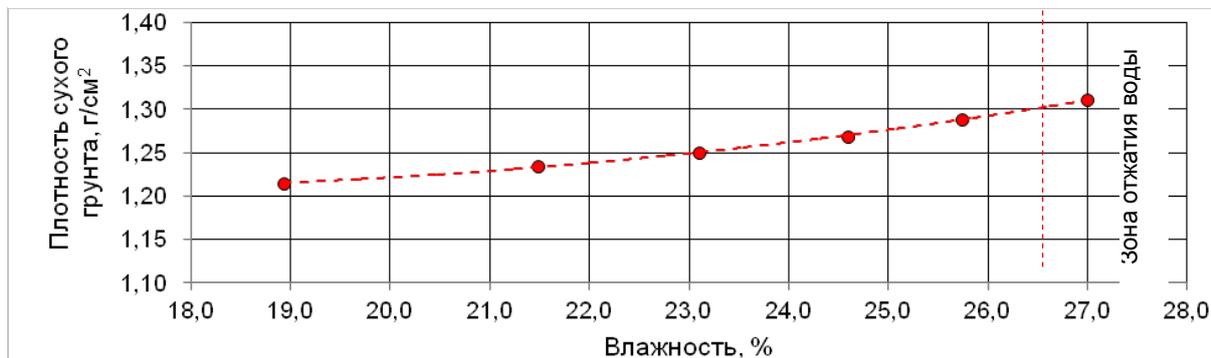


Рис. 1. Зависимость максимальной плотности сухого грунта от влажности

График стандартного уплотнения для ЗШС часто не имеет экстремума, характерного для глинистых грунтов. Причём изменение плотности не превышает 10 % при значительном изменении влажности. Поэтому понятие оптимальной влажности для этого техногенного грунта назначают по предельному значению плотности до зоны отжатия воды.

Величина оптимальной влажности для ЗШС в два и более раза превышает аналогичный показатель для пылеватых песков и лёгких супесей, хотя гранулометрический состав этих природных и техногенных грунтов имеют близкие значения. Аномально высокие значения водопоглощения ЗШС объясняются особенностями их микроструктуры.

В отличие от большинства природных дисперсных материалов золошлаки не могут ха-

рактеризоваться только гранулометрическим составом. Вследствие термических преобразований частицы, проходящих в факеле котлоагрегатов этап пиропластического состояния с выделением сложной газообразной фазы, обладают значительной микропористостью (рис. 2, микрофотографии предоставлены ООО «Институт прикладной экологии и гигиены»).

Удельная поверхность ЗШС, определённая по стандартной методике воздухопроницаемости, изменяется в пределах от 0,8 до 2,5 тыс. см²/г в зависимости от места отбора. Наличие открытой и закрытой микропористости является причиной того, что величина действительной удельной поверхности зольных частиц (определённая по методике низкотемпературной адсорбции азота или десорбции аргона) достигает до 50 тыс. см²/г.

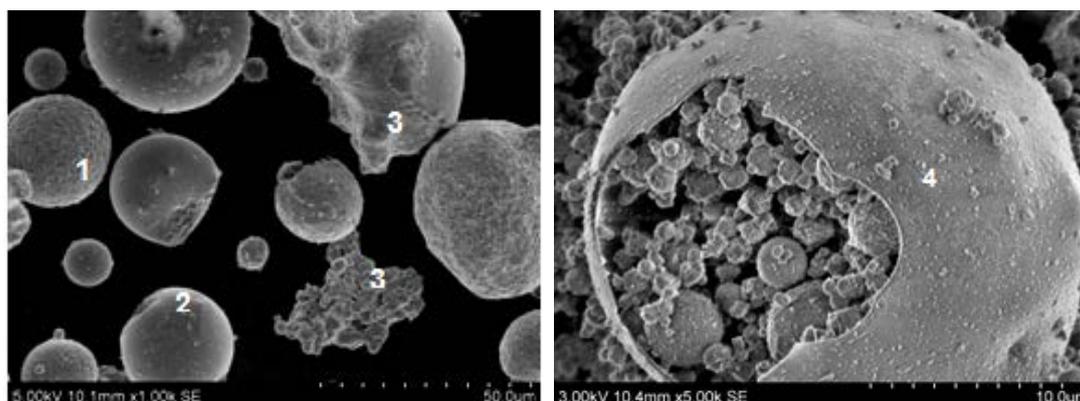


Рис. 2. Основные морфологические элементы золы: сферы с шероховатой бугристой поверхностью (1); с гладкой остеклованной поверхностью (2); обломки частиц и агрегаты неправильной формы (3); плеросфера с нарушенной оболочкой (4)

Значительная величина удельной поверхности высокодисперсных зольных частиц является основной причиной аномально высокой водоудерживающей способности всех золошлаков. Эта же причина объясняет сравнительно малую величину насыпной плотности ЗШС, которая обычно изменяется от 0,8 до 1,3 г/см³. Хотя истинная плотность стекловидного вещества зольных частиц может достигать величины от 2,5 до 3,2 г/см³.

Разделение сопротивления грунтов сдвигу на внутреннее трение и сцепление имеет в значительной степени условный характер. В процессе сдвига нельзя в чистом виде выделить элементы, связанные с деформацией водных плёнок, преодолением сил молекулярного взаимодействия, взаимной заклинки и механического зацепления частиц. Следовательно, не всегда возможно установить точные математические зависимости изменения этих параметров.

Угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c , МПа, вычисляли, проводя прямую наилучшего приближения к экспериментальным точкам по методу наименьших квадратов, согласно ГОСТ 12248.

На рисунке 3 представлены результаты определения угла внутреннего трения и удельного сцепления образцов ЗШС в зависимости от коэффициента уплотнения.

Интервалы коэффициента уплотнения для этого цикла испытаний назначены от величины 0,9 – минимально уплотнённый грунт, характерный для начала процесса уплотнения, до 1,05 – переуплотнённый грунт.

Из графиков (см. рис. 3) следует, что плотность ЗШС оказывает существенное влияние на прочностные характеристики этого техно-

генного грунта. С ростом плотности частицы всё более сближаются, соответственно растёт и число контактов, защемлений и глубина заклинки отдельных частиц. С увеличением величины нормальной нагрузки трение будет выше, т.к. больше таких заклинок. Сцепление падает при увеличении коэффициента уплотнения от 1,0 до 1,05. Предположительно это объясняется разрушением крупных пористых агрегатов ЗШС, происходящим в процессе уплотнения (рисунок 4). Поскольку частицы ЗШС имеют пористую структуру и угловатую форму с большим количеством неровностей, их сцепление во многом обеспечено взаимным зацеплением частиц. Поэтому при приложении повышенной уплотняющей работы, возникающие контактные напряжения разрушают эти зацепления и соответственно уменьшают эту составляющую сопротивления сдвигу, сохраняя в тоже время сцепление, вызванное взаимодействием водных плёнок частиц [5, 6].

Испытания ЗШС с разной влажностью проводили при коэффициенте уплотнения 0,95, что, как правило, соответствует бытовой плотности грунтов в нашем регионе. В тоже время влажность земляного полотна может изменяться в течение жизненного цикла в широких пределах, для которых и было проведено исследование. Максимальное значение влажности 33 % соответствует полному водонасыщению ЗШС при нормальном давлении 100 кПа.

На рис. 5 представлены результаты определения прочностных характеристик ЗШС в зависимости от её влажности.

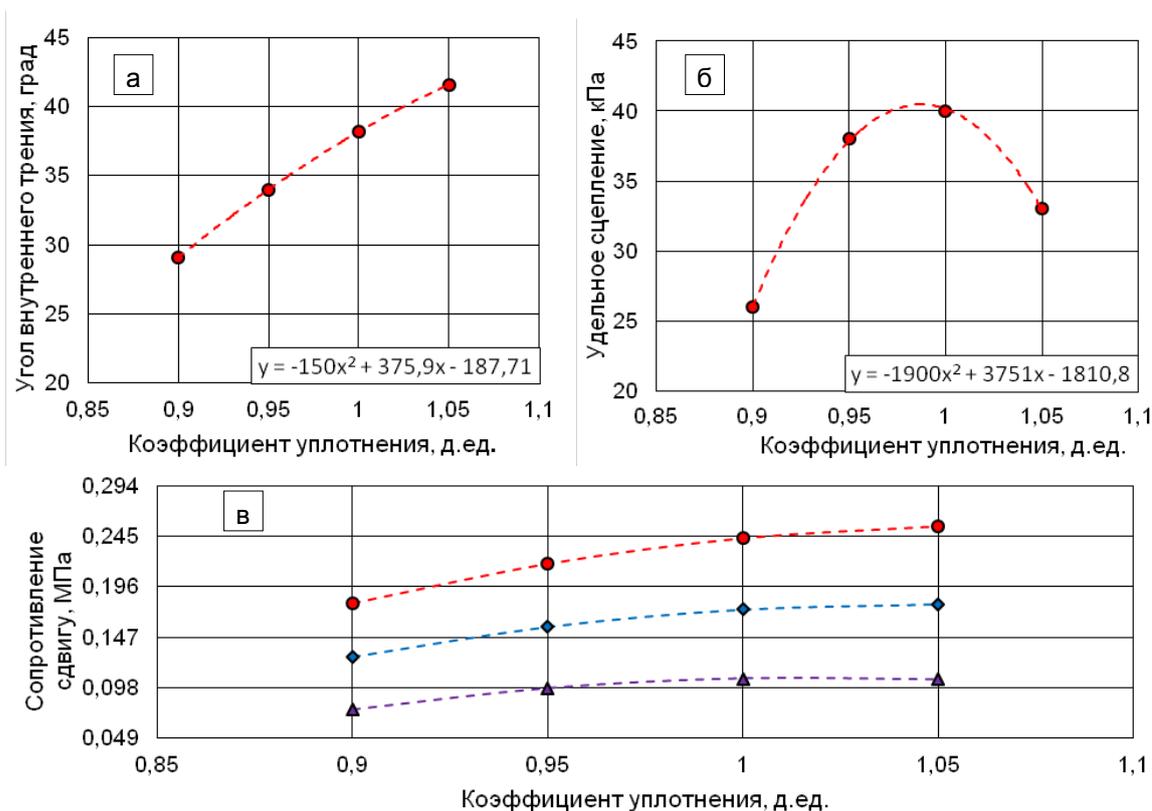


Рис. 3. Зависимости угла внутреннего трения (а), удельного сцепления (б) и сопротивления сдвигу(в) от коэффициента уплотнения. Сопротивление сдвигу при напряжениях:
 ◆ – 100 кПа; ▲ – 200 кПа; ● – 300 кПа

При многократном испытании образцов с разной влажностью были получены нестандартные зависимости угла внутреннего трения. Подобная форма зависимости может указывать на присутствие эффекта капиллярной связности в золошлаковых смесях [7]. В целом же, установлено, что срезающие напряжения необходимые для разрушения образца, возрастают с ростом влажности вплоть до оптимального его значения. С появлением избыточного увлажнения сопротивление сдвигу начинает падать.

Рост сцепления при низкой влажности, по-видимому, связан с усилением взаимодействия водных плёнок, удерживающая сила которых и объясняет рост сцепления при одинаковой степени уплотнения. После появления избытка влажности (20,5 %) происходило

уменьшение сцепления, что соотносится с результатами опытов Н.Н. Маслова для пылеватых грунтов с избыточной влажностью [8].

После определения прочностных параметров ЗШС было проведено их сравнение с природными грунтами, преобладающими в районе г. Омска. Сводные данные по параметрам грунтов представлены в таблице 2 [9].

Можно отметить, что ЗШС представляет собой техногенный грунт, не уступающий по прочностным характеристикам природным грунтам в условиях их естественного сложения. Более того, он превосходит по сопротивлению сдвигу большую часть представленных природных отложений. Следовательно, его применение в строительной отрасли целесообразно ввиду вполне приемлемой несущей способности.

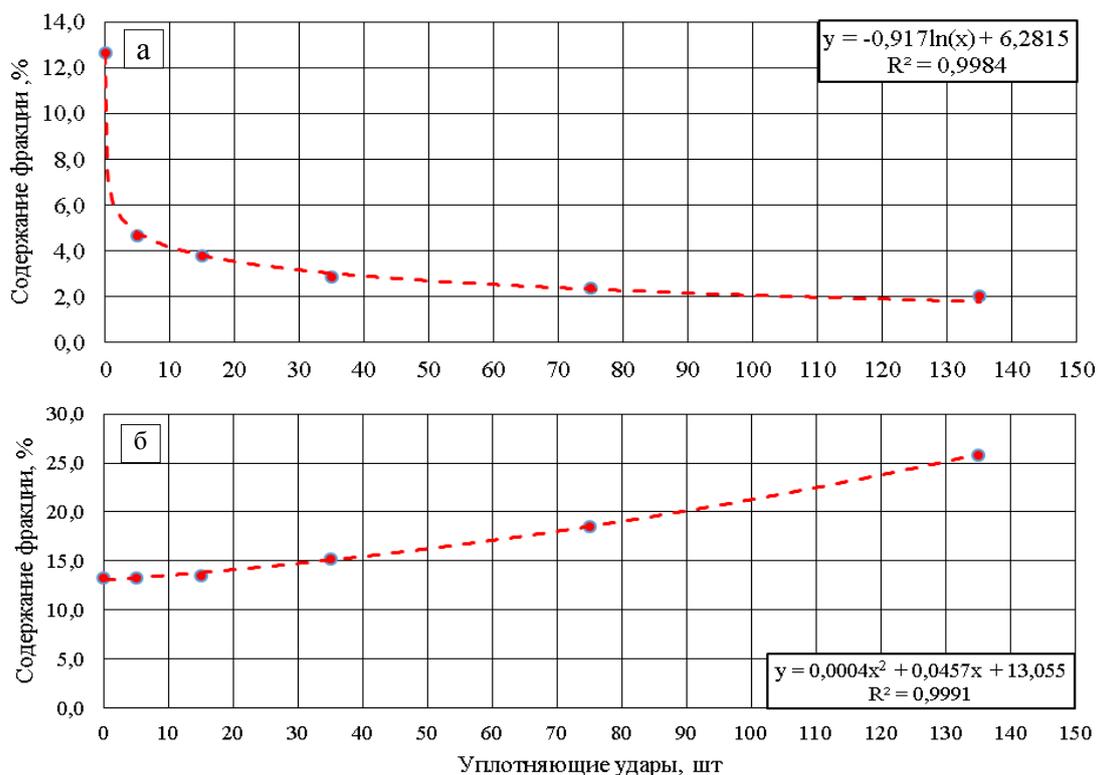


Рис. 4. Изменение содержания фракции размером свыше 0,25 мм (а) и менее 0,1 мм (в) в ЗШС в зависимости от уплотняющих ударов

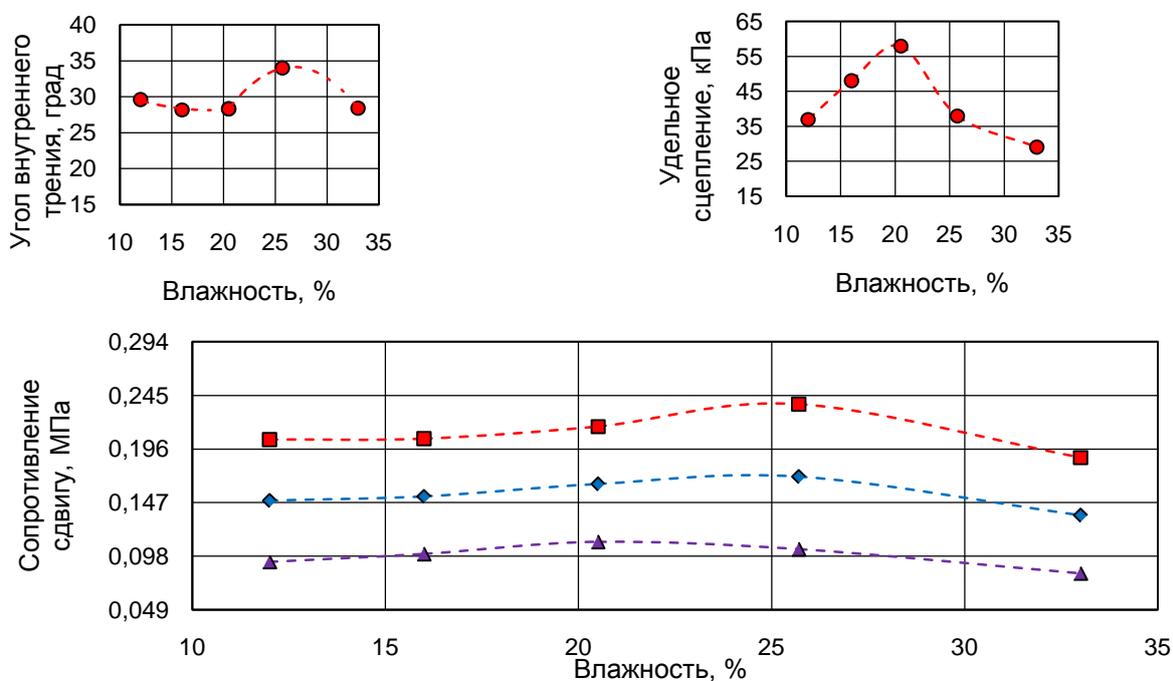


Рис. 5. Зависимости угла внутреннего трения (а), сцепления (б) и сопротивления сдвигу(в) от влажности. Сопrotивление сдвигу при напряжениях: -100 кПа; -200 кПа; -300 кПа

Созданию специальных математических моделей для прогнозирования деформаций и разрушений земляных сооружений из ЗШС пока не уделялось достаточного внимания, хотя актуальность этой проблемы становится всё более очевидной.

Выбор такой модели в существенной степени зависит от сферы применения материала. Так, например, для оценки устойчивости насыпей автомобильных дорог достаточно применения модели с условием прочности

Mohr-Coulomb или Drucker-Prager (DP отличается от МС более гладкой аппроксимацией поверхности текучести), поскольку в этих расчётах в основном рассматривается предельное состояние сооружения [10]. В случае же рассмотрения массива ЗШС как основания зданий и сооружений к ним рациональнее применять модель линейно упрочняющегося грунта Hardening soil, учитывающую пластические деформации в допредельном состоянии [11].

Таблица 2

Прочностные показатели неоген-четвертичных отложений г. Омска

Геолого-генетический комплекс	Современные аллювиальные отложения			
	Глина	Суглинок	Супесь	Песок
Вид Грунта				
Угол внутреннего трения, град.	17	20	26	33
Сцепление, кПа	39	2	6	0
Геолого-генетический комплекс	Верхнечетвертичные аллювиальные отложения первой террасы Иртыша			
Вид Грунта	Суглинок	Супесь		Песок
Угол внутреннего трения, град.	22	30		27
Сцепление, кПа	26	11		0
Геолого-генетический комплекс	Верхнечетвертичные и современные аллювиальные отложения второй террасы Иртыша			
Вид Грунта	Глина	Суглинок	Супесь	Песок
Угол внутреннего трения, град.	16	24	32	
Сцепление, кПа	53	27	13	
Геолого-генетический комплекс	Верхнечетвертичные и современные субареальные лессовые отложения			
Вид Грунта	Суглинок			
Угол внутреннего трения, град.	22 (16-28)			
Сцепление, кПа	25,7 (10-50)			
Геолого-генетический комплекс	Аллювиально-озерные верхнеплиоцен-нижнечетвертичные отложения			
Вид Грунта	Глина		Суглинок	
Угол внутреннего трения, град.	16 (9-25)		20 (10-26)	
Сцепление, кПа	63 (21-92)		37 (14-61)	
Геолого-генетический комплекс	Озерные и озерно-аллювиальные			
Вид Грунта	Глина			
Угол внутреннего трения, град.	14 (6-23)			
Сцепление, кПа	70 (35-118)			
<i>Примечание.</i> В скобках указаны интервалы возможного разброса значений, полученные в рамках исследования, без скобок средневзвешенные расчётные значения.				

Задачей данного исследования явилось определение расчётных прочностных параметров ЗШС при разной степени уплотнения и влажности для моделирования:

- насыпей земляного полотна с использованием модели Mohr-Coulomb;
- оснований зданий и сооружений в виде массива с применением модели Hardening soil.

Прочностными параметрами этих моделей являются эффективный угол внутреннего трения (ϕ), определяемый из консолидированно-дренированных (КД) испытаний. Удельное сцепление (c), определённое также в рамках КД испытаний и угол дилатансии (ψ). Для приближённых определений угла дилатансии используют выражение: $\psi \approx \phi - 30^\circ$. При величинах ϕ меньше 30° угол дилатансии приравнивают нулю [12].

В данном исследовании в первом приближении определены прочностные параметры ЗШС, необходимые для моделирования (табл. 3).

Таблица 3

Прочностные характеристики золошлаковой смеси ТЭЦ-4 г. Омска

Влияющий фактор	Коэффициент уплотнения				Влажность, %				
	0,9	0,95	1,00	1,05	12	16	20,5	25,7	33
Значение фактора	0,9	0,95	1,00	1,05	12	16	20,5	25,7	33
Угол внутреннего трения, град	<u>29,1</u> 26,4	<u>34,0</u> 29,8	<u>38,2</u> 35,8	<u>41,6</u> 40,4	<u>29,6</u> 27,7	<u>28,2</u> 26,5	<u>28,3</u> 26,1	<u>34,0</u> 29,8	<u>28,4</u> 24,9
Удельное сцепление, кПа	<u>26</u> 24	<u>38</u> 33	<u>40</u> 37	<u>33</u> 32	<u>37</u> 35	<u>48</u> 45	<u>58</u> 54	<u>38</u> 33	<u>29</u> 26
Угол дилатансии, град	0	4	8,2	10,2	0	0	0	4	0

Примечание. Над чертой нормативное значение параметра, под чертой расчетное с учетом обработки методами математической статистики по ГОСТ 20522 [13].

Выводы

1. Оценка графика стандартного уплотнения показала отсутствие максимумов на кривой, характерное для грунтов.

2. По показателям механических свойств и закономерностям их изменения ЗШС не относится к несвязным грунтам, как считалось ранее, а в большей мере соответствует пылеватым пескам и супесям.

3. Рост плотности скелета ЗШС вызывает повышение прочности массива, однако только до достижения максимальной плотности сухого грунта (коэффициента уплотнения 1,0). При дальнейшем уплотнении прироста прочности не наблюдается, следовательно, переуплотнение золошлаковой смеси не целесообразно.

4. Сопротивление сдвигу ЗШС максимально при влажности близкой к оптимальной, и даже при влажности, соответствующей максимальной влагоёмкости, сохраняется на высоком уровне.

5. Полученные параметры показывают, что прочность ЗШС не ниже, чем у природных грунтов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-48-550508 р_а).

Научные исследования по теме «Экспериментальные исследования прочностных характеристик золошлаковой смеси» выполнены за счет средств бюджета Омской области

Библиографический список

1. Бирюков, В.В. Энергопроизводство и утилизация золошлаковых отходов / В.В. Бирюков, С.Е. Метелев, В.В. Сиротюк, В.Р. Шевцов // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета. – 2008. – №2(23) – С. 221-229.

2. Иванов, Е.В. Обоснование применения золошлаковых смесей для строительства земляного полотна с учетом водно-теплового режима: дис... канд. техн. наук: 26.02.15: защищена 26.02.2015: утв. 01.07.2015 / Иванов Е.В. – Омск, 2015. – 165 с.

3. ГОСТ 22733-2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. –

Введ. 2003-07-01. – М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 16 с.

4. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – Введ. 2012-01-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 88 с.

5. Бабков, В. Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов : учебник для вузов / В.Ф. Бабков, А.В. Герберт-Гейбович. - М. : Высшая школа, 1964. – 365 с.

6. Мелентьев, В.А. Золошлаковые материалы и золоотвалы / В.А. Мелентьев, В.Г. Пантелеев, Э.Л. Лобник. – М. : Энергия, 1978. – 295 с.

7. Грунтоведение / В.Т. Трофимов, В.А. Королев, Е.А. Вознесенский, Г.А. Голодковская, Ю.К. Васильчук, Р.С. Зиангиров ; под ред. В.Т. Трофимова. – 6-е изд., переработ. и доп. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.

8. Маслов, Н.Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии : учебник для вузов / Н.Н. Маслов. – М. : Высшая школа, 1968. – 626 с.

9. Барац, Н.И. Инженерно-геологические условия г. Омска и их изменение в результате деятельности человека: дис. ... канд. г-м. наук / Барац Н.И. – М., 1974.

10. Голубев, А.И. Выбор модели грунта и её параметров в расчётах геотехнических объектов / А.И.Голубев, А.В.Селецкий // Труды международной конференции по геотехнике "Геотехнические проблемы мегаполисов (GEOMOS 2010). 2010. том 4. С. 1727-1732.

11. Мельников, Б.Е. Сравнительный анализ результатов моделирования упругопластического деформирования на основе критериев Мора-Кулона и Друкера-Прагера / Б.Е. Мельников, С.А. Ле-Захаров, А.С. Семёнов // XLI Неделя науки СПбГПУ : материалы международной научно-практической конференции. – СПб., 2012. – Ч. 1 – С. 91-93.

12. Строкова, Л. А. Определение параметров для численного моделирования поведения грунтов // Известия ТПУ [Электронный ресурс]. – Электрон журн. - 2008. - Т. 313, №1. – Режим доступа: <http://izvestiya.tpu.ru/ru/archive/old/article.html?id=188044&journalId=176237>

13. ГОСТ 20522-2012. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. – Введ. 2013-07-01. – М. : Стандартинформ, 2013. – 16 с.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE STRENGTH CHARACTERISTIC OF ASH AND SLAG MIXTURES

A.A. Lunev, V.V. Sirtyuk, N.I. Barac

Аннотация. In the article discusses the results of laboratory tests coal ash and slag mixture from the ash pound of Omsk's TPP-4, working on the Ekibastuz coal. In the course of these studies identified the strength characteristics of this man-induced soil depending on the degree of compaction and moisture content.

Suitability as a soil material for the construction embankments, subgrade of roads, and as the Foundation of buildings and structures was evaluated. The empirical dependence of the properties of ash and slag mixture from moisture and maximum dry density were obtained. Comparison of strength characteristics of ash and natural soil from our region was also carried out

Keywords: ash and slag mixture, laboratory test, strength characteristics, parameters for the mathematical modeling.

References

1. Biryukov V.V., Metelev S.E., Sirotyuk V.V., Shevtsov V.R., Energoprodukcija i utilizatsiya zoloshlakovykh otkhodov [Power generation and recycling ash waste] Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo trgovno-ekonomicheskogo universiteta, 2008, vol. 23, no. 2, pp 221-229.
 2. Ivanov, E.V. Obosnovanie primenenija zoloshlakovykh smesej dlja stroitel'stva zemljanogo polotna s uchetom vodno-teplovogo rezhima [Rationale for the use of ash-and-slag mixtures for construction of subgrade with the water-heat regime]. Omsk, 2015. – 165 p.
 5. Babkov V. F. Osnovy gruntovedenija i mehaniki gruntov [Fundamentals of soil science and soil mechanics]. Moscow, Vysshaja shkola, 1964. 365 p.
 6. Melent'ev V.A. Zoloshlakovye materialy i zolootvaly [Ash material and ash dumps]. Moscow, Jenerdija, 1978. 295 p.
 7. Trofimov V.T., Korolev V.A., Voznesenskij E.A., Golodkovskaja G.A., Vasil'chuk Ju.K., Ziangirov R.S. Gruntovedenie [Pedology]. Moscow, MGU, 2005. 1024 p.
 8. Maslov N.N. Osnovy mehaniki gruntov i inzhenernoj geologii [Fundamentals of soil mechanics and engineering geology]. Moscow, Vysshaja shkola, 1968. 626 p.
 9. Barac N.I. Inzhenerno-geologicheskie uslovija g.Omska i ih izmenenie v rezul'tate dejatel'nosti cheloveka [Engineering-geological conditions of the city of Omsk and their change as a result of human activities]. Moskva, 1974. 000 s.
 10. Golubev A.I., Seleckij A.V. Vybor modeli grunta i ejo parametrov v raschjotah geotekhnicheskikh ob'ektov [The choice of soil model and its parameters in the calculation of geotechnical objects]. Trudy mezhdunarodnoj konferencii po geotekhnike "Geotekhnicheskie problemy megapolisov (GEOMOS 2010), 2010. part 4, pp 1727-1732.
 11. Mel'nikov B.E., Le-Zaharov S.A., Semjonov S.A. Sravnitel'nyj analiz rezul'tatov modelirovanija uprugoplasticheskogo de-formirovanija na osnove kriteriev Mora-Kulona i Drukera-Pragera [Comparative analysis of simulation results of elastic-plastic deformation based on the criteria Mohr-Coulomb and Drucker-Prager]. XLI Nedelja nauki SPbGPU. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, 2012, no 1, pp 91-93.
 12. Stokova L.A. Opredelenie parametrov dlja chislennogo modelirovanija povedenija gruntov [Determination of parameters for numerical simulation of soils behavior] Izvestiya TPU, 2008, vol. 313, no. 1, pp 64-68.
 13. GOST 20522-2012. Grunty. Metody statisticheskoj obrabotki rezul'tatov ispytanij [Soils. Methods of statistical treatment of test results].– Moscow, Standartinform, 2013. 16 p.
- Лунёв Александр Александрович (Омск, Россия) – аспирант кафедры Проектирование дорог ФГБОУ ВО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (644008, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: lunev.al.al@gmail.com).*
- Сиротюк Виктор Владимирович (Омск, Россия) – д-р техн. наук, профессор кафедры Проектирование дорог ФГБОУ ВО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (644008, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sirvv@ya.ru).*
- Барац Надежда Ивановна (Омск, Россия) – канд. г-м. наук, доцент кафедры «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (644008, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kaf_igof@sibadi.org).*
- Lunev Aleksandr (Omsk, Russian Federation) – Postgraduate student of Department roads design, Siberian state automobile and highway academy (644008, Omsk, Mira av., 5, e-mail lunev.al.al@gmail.com).*
- Sirotyuk Victor (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department roads design, Siberian state automobile and highway academy (644008, Omsk, Mira av., 5, e-mail: sirvv@ya.ru).*
- Barac Nadezda (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical Sciences, associate Professor department of structural mechanics and geotechnology, Siberian state automobile and highway academy (644008, Omsk, Mira av., 5, e-mail: kaf_igof@sibadi.org).*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРНЫХ И ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПРИМЕРЕ ПЕНОБЕТОНА НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ВЯЖУЩЕГО

Н.В. Павленко¹, П.П. Пастушков², А.Н. Хархардин³, Е.В. Войтович³
¹НИИ механики МГУ, Россия, г. Москва; ²НИИСФ РААСН, Россия, г. Москва;
³БГТУ им. В.Г. Шухова, Россия, г. Белгород

Аннотация. В работе представлены результаты исследований тепловлажностных характеристик пенобетона на основе бесцементного наноструктурированного вяжущего и их сопоставление с результатами для ближайших аналогов. Проведен сравнительный анализ полученных значений паропроницаемости, сорбционной влажности, показателей капиллярного всасывания и теплопроводности (в сухом состоянии и при условиях эксплуатации). Рассмотрено влияние структуры ячеистых композитов на свойства материала и технологические особенности упрочнения пенобетона.

Ключевые слова: ячеистые бетоны, наноструктурированное вяжущее, бесцементное вяжущее, тепловлажностные характеристики, паропроницаемость, сорбционная влажность, капиллярное всасывание, теплопроводность.

Введение

В настоящее время в связи с высокой востребованностью эффективных теплоизоляционных материалов, актуальным является разработка современных строительных композитов с улучшенными теплофизическими характеристиками.

Для создания ячеистого бетона с оптимальными тепловлажностными характеристиками необходимо учесть ряд технологических особенностей и особенностей формирования поровой структуры данного композита. Ячеистые системы, как и все дисперсные системы, являются термодинамически неустойчивыми. Их образование сопровождается повышением свободной энергии, избыточная энергия вызывает самопроизвольные процессы, которые ведут к уменьшению дисперсности и разрушению пены. При формировании высокочастотных ячеистых систем пустоты, формируемые при активации водных растворов ПАВ, превращаются в многогранные (полиэдрические) ячейки, а жидкие прослойки – в пленки толщиной несколько десятков нанометров. Такие пленки образуют пространственный каркас, обладающий некоторой упругостью и прочностью, а пены (в том числе и минерализованные), соответственно, имеют свойства структурированных систем. После процесса минерализации смеси, т.е. ведения вяжущего компонента в систему, толщина описываемых пленок определяется характеристиками минерализатора, такими как – дисперсность, реотехнологические

свойства, особенности взаимодействия минерализатора и ПАВ и рядом других. Минерализованные пеномассы должны обладать достаточными упруго-пластичными характеристиками для сохранения стабильной, равнообъемной смеси во времени. При создании эффективного теплоизоляционного материала толщина межпоровой перегородки должна быть минимальна, при этом для достижения оптимальных эксплуатационных характеристик – обладать высокой плотностью и водостойкостью. По совокупности характеристик перспективным видом вяжущего для получения ячеистых композитов является наноструктурированное вяжущее на основе кремнеземистого и алюмосиликатного сырья [1–4].

Как правило, увлажнение строительных материалов в процессе эксплуатации зданий происходит за счет нескольких механизмов: паропроницаемость, сорбция водяного пара, капиллярное всасывание. Влажностное состояние ограждающей конструкции изменяется в зависимости от структуры и свойств материала, микроклимата в помещении и климатических условий района строительства. Это, в последствии, приводит к изменению теплосащитных свойств ограждающих конструкций.

Экспериментальные исследования

Паропроницаемость – способность материала пропускать или задерживать пар в результате разности парциального давления водяного пара при одинаковом атмосферном давлении по обеим сторонам материала. Ко-

эффицент паропроницаемости характеризуется величиной сопротивления прониканию. Усредненные значения данного показателя, с целью сопоставления, представлены для материалов марки по плотности D500: пенобетон на основе наноструктурированного вяжущего,

пенобетон на основе цемента и газобетон автоклавного твердения (таблица 1). При определении паропроницаемости использовались образцы прямоугольного сечения толщиной 20 мм [5].

Таблица 1

Значения паропроницаемости

Тип ячеистого бетона	Сопротивление паропрониканию, R_n , м ² ·ч·Па/мг	Паропроницаемость, μ, мг/(м·ч·Па)
Пенобетон на основе НВ	0,110	0,180
Пенобетон на основе цементного вяжущего	0,100	0,200
Автоклавный газобетон	0,240	0,105

Применение пенобетона на основе НВ в составе ограждающей конструкции в качестве теплоизоляционного и конструктивно-теплоизоляционного материала не будет препятствовать удалению строительной влаги из конструктивного слоя и являться преградой для удаления пара из помещения при эксплуатации. В процессе эксплуатации в ограждающей конструкции будет установлен квазистационарный влажностный режим, что оказывает положительное влияние на теплозащитные характеристики и долговечность конструкции.

Сорбция водяного пара строительных изделий используется при рассмотрении вопросов, связанных с влажностным состоянием материалов в конструкциях. Характери-

стикой сорбционной влажности служит отношение массы влаги, поглощенной материалом из воздуха, к массе сухого материала, выраженное в процентах. Усредненные результаты экспериментальных исследований сорбции водяного пара аналогичными образцами различных типов ячеистых бетонов марки по плотности D500 при относительной влажности воздуха 80 % и 97 % представлены в таблице 2. Эксперименты проводились в НИИСФ РААСН [6,7]. Полученные данные необходимы для расчетов влажностного режима ограждающих конструкций по ГОСТ 32494-2013 «Здания и сооружения. Метод математического моделирования температурно-влажностного режима ограждающих конструкций».

Таблица 2

Значения сорбционной влажности

Тип ячеистого бетона	Сорбционная влажность, %, по массе, при температуре (20±2) °С и относительной влажности воздуха, %	
	80	97
Пенобетон на основе НВ	1,05	4,7
Пенобетон на основе цементного вяжущего	4,3	14
Автоклавный газобетон	1,23	4,25

Полученные данные свидетельствуют о том, что сорбционные характеристики пенобетона на основе НВ сопоставимы с автоклавным газобетоном и ниже, чем у пенобетона на основе цементного вяжущего, что объяснимо особенностями ячеистой структуры (таблица 2). Материалы сорбируют водяные пары из воздуха и удерживают их на своей поверхности. Чем мельче поры, тем больше общая площадь поверхности (при условии равной общей пористости и одинакового вещественного состава) и, следовательно-

но, сорбция выше. Сорбционная влажность пенобетона на основе НВ ниже данного показателя для пенобетона на основе цементного вяжущего. Это объяснимо уровнем шероховатости межпорового пространства. Незначительное сорбирование влаги из воздуха для пенобетона на основе НВ позволяет прогнозировать стабильность теплоизоляционных свойств материала в процессе эксплуатации.

Для ячеистых материалов на основе вяжущего кремнеземистого и алюмосиликатного состава, к которым относится НВ, теорети-

чески установлена и экспериментально подтверждена эффективность применения упрочнения путем химического активирования контактных связей УХАКС [8]. Этот метод заключается в воздействии (выдержка, орошение) щелочного раствора алюмосиликатов на готовый материал, что способствует залечиванию трещин и дефектов внутрипорового пространства и как следствие низкой сорбционной влажности.

Эффективность применение данного метода упрочнения для пенобетона на основе НВ также подтверждена при исследовании капиллярного всасывания воды материалом, что позволят определить наличие протяженных капилляров в структуре ячеистых бетонов и тем самым спрогнозировать кинетику процесса упрочнения материала.

Проведены исследования капиллярного всасывания воды образцами не упрочненного пенобетона. Исследования проводились по методике ГОСТ Р 56505-2015 «Материалы строительные. Методы определения показателей капиллярного всасывания воды». Используемая методика основана на обобщенном законе капиллярного всасывания:

$$M = Kz^n, \quad (1)$$

где M – количество воды, поглощенное 1 м^2 поверхности образца от начала проведения испытания до очередного взвешивания, $\text{г}/\text{м}^2$;

K – коэффициент капиллярного всасывания, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}^n)$;

z – промежуток времени от начала проведения испытания до очередного взвешивания, ч.

Обобщенный закон позволяет более точно описывать процесс капиллярного всасывания воды строительными материалами, чем стандартный закон «корня квадратного от времени».

Эксперименты проводились на трех образцах в виде призм квадратного сечения. Размеры образцов составляли: высота – 100 мм, поперечное сечение – 50x50 мм.

Зависимость массы жидкости, всосанной единицей поверхности образца, от корня квадратного из времени образцов пенобетона, представлена на рис. 1.

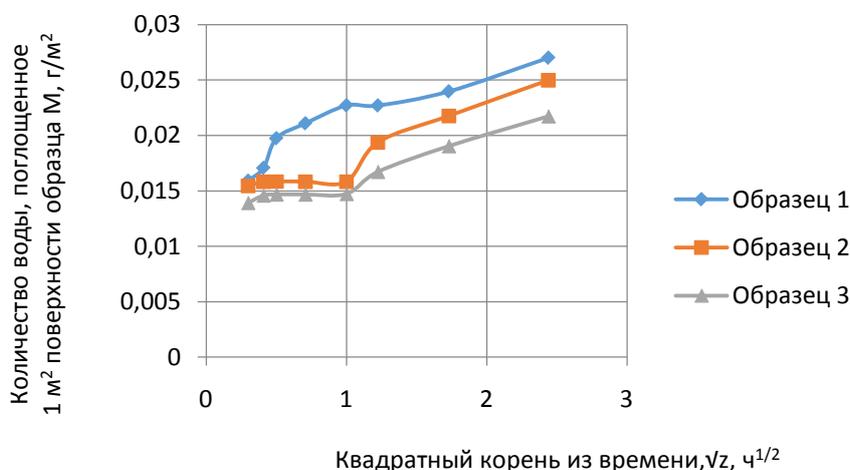


Рис. 1. Капиллярное всасывание воды пенобетоном по закону «корня квадратного от времени»

Как видно по графикам усредненный закон «квадратного корня из времени» для данного материала не работает, т.к. не выполнена линейная зависимость, поэтому применение обобщенного закона капиллярного всасывания в данном случае необходимо.

Для определения значений K и n уравнение (1) логарифмируют:

$$\ln M = \ln K + n \ln z, \quad (2)$$

Строят график в логарифмических координатах $\ln M - \ln z$.

Коэффициент капиллярного всасывания K определяют, исходя из равенства $\ln M = \ln K$ при $z = 1$. Для определения показателя степени n в уравнении капиллярного всасывания (1) экспериментальные точки на графике в логарифмических координатах аппроксимируют прямой линией. Угловым коэффициентом функции линейной аппроксимации является значением показателя степени n .

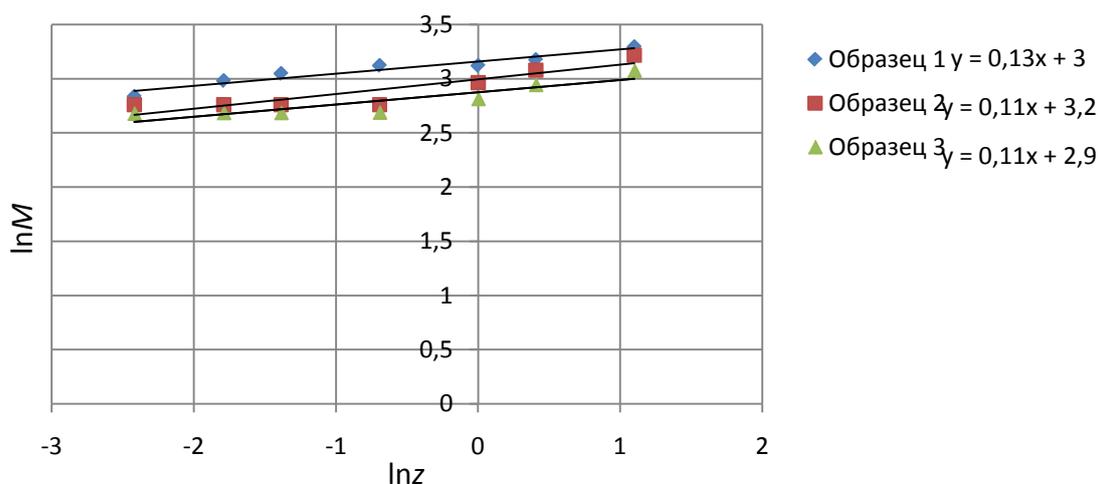


Рис. 2. Дополнительное построение в логарифмических координатах для описания капиллярное всасывание воды пенобетоном на основе НВ

Значения искомых показателей для испытанных образцов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения капиллярного всасывания

Образец	Коэффициент капиллярного всасывания $K, г/(м^2 \cdot ч^n)$	Показатель степени в уравнении капиллярного всасывания n
1	3,1	0,13
2	3,0	0,11
3	2,8	0,11
Среднее значение	3,0	0,12

Следовательно, закон, по которому происходит процесс капиллярного всасывания в испытанном материале, описывается уравнением

$$M = 3z^{0,12} \quad (3)$$

Данное уравнение применимо при расчетах влажностного режима ограждающих конструкций зданий.

Для пенобетона на основе НВ характерны средние значения капиллярного всасывания, соответствующие значениям ячеистых бетонов выбранной плотности, что является оптимальным для реализации эффективного процесса упрочнения методом УХАКС. Минимальные значения данного показателя свидетельствовали бы о невозможности проведения операции по упрочнению, а высокие – о нарушении структуры материала, избыточном содержании протяженных капилляров (капиллярной пористости), что способствовало бы ухудшению теплоизоляционных свойств.

Были проведены исследования теплопроводности различных типов ячеистого бетона. Испытания проводились на образцах размерами 0,25x0,25x0,05 (м) на приборе ПИТ-2 при средней температуре 25°C, при перепаде температур 25°C (разница температур измерительного нагревателя и нижнего нагревателя прибора: $t_{изм.н.} = 37,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{нижн.н.} = 12,5 \text{ } ^\circ\text{C}$) согласно методике ГОСТ 7076-99. Средние значения (по результатам испытаний на 5 образцах для каждого типа ячеистого бетона марки D500) теплопроводности в сухом и влажном состоянии представлены в табл. 4.

Разработанный материал может применяться в различных климатических зонах с различными показателями влажности. Известно, что теплопроводность зависит от влажности материала. Во время эксплуатации ограждающей конструкции в материале устанавливается определенная влажность, значение которой возможно назначить в зависимости от условий эксплуатации (А или Б). В рамках работы проведен расчет теплопроводности при эксплуатации по формуле [9]:

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda \cdot w_3 = \lambda_0 \left(1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot w_3 \right) = \lambda_0 (1 + \eta \cdot w_3), \quad (4)$$

где λ_0 – теплопроводность материала в сухом состоянии, Вт/(м·°С);

$\Delta\lambda$ – приращение теплопроводности на 1% влажности, Вт/(м·°С·%);

w_3 – эксплуатационная влажность материала по массе, %;

η – коэффициент теплотехнического качества, 1/%.

Для расчета приращения теплопроводности были измерены теплопроводности

различных типов ячеистого бетона в сухом состоянии и увлажненных до влажности 5 % и рассчитано изменение показателя теплопроводности на 1 % влажности.

По проведенным исследованиям был рассчитан коэффициент теплотехнического качества для ячеистых бетонов $\eta = \Delta\lambda / \lambda_0$. Полученные данные по теплопроводности приведены в таблице 4.

Для всех сравниваемых материалов расчетная влажность для зоны А принята 4 %, для зоны Б – 5 % по ГОСТ 31359-2007.

Таблица 4

Результаты исследований теплопроводности

Тип ячеистого бетона	Коэффициент теплотехнического качества	Теплопроводность, Вт/(м·°С)			
		В сухом состоянии, λ_0	Приращение на 1% влажности, $\Delta\lambda$, Вт/(м·°С·%)	Расчетные значения при условиях эксплуатации А и Б	
				λ_A	λ_B
Пенобетон на основе НВ	0,12	0,112	0,014	0,166	0,180
Пенобетон на основе цементного вяжущего	0,11	0,12	0,014	0,176	190
Автоклавный газобетон	0,05	0,135	0,007	0,163	0,170

Анализируя полученные данные для различных типов ячеистых бетонов можно сделать вывод, что пенобетоны на основе НВ обладают лучшими теплоизоляционными свойствами в сравнении с пенобетоном на основе цементного вяжущего как в сухом состоянии, так и при условиях эксплуатации А и Б, а так же лучшими показателями в сухом состоянии и близкими при условии эксплуатации А и Б в сравнении с автоклавным газобетоном.

Выводы

С учетом выбора нестандартного типа вяжущего были детально исследованы тепловлажностные характеристики образцов пенобетона на примере изделий марки по плотности D500, как наиболее востребованных на строительном рынке. При сравнительном анализе полученных значений паропроницаемости, сорбционной влажности, показателей капиллярного всасывания и теплопроводности (в сухом состоянии и при условиях эксплуатации), показано, что пенобетон на основе НВ обладает улучшенными теплотехническими характеристиками по сравнению с пенобетоном на основе цементного вяжущего и примерно одинаковыми свойствами с автоклавным газобетоном такой же плотности.

Проведенные исследования тепловлажностных характеристик позволили доказать целесообразность упрочнения пенобетонов методом УХАКС.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ мол_нр №16-38-50079.

Библиографический список

1. Павленко, Н.В. Эффективность применения наноструктурированного вяжущего при получении ячеистых композитов / Н.В. Павленко, В.В. Строкова, А.В. Череватова, И.В. Жерновский, В.В. Нелюбова, М.Н. Капуста // Строительные материалы. – 2012. – № 6. – С. 10-12.
2. Строкова, В.В. Оценка эффективности применения наноструктурированного вяжущего при получении легковесных ячеистых композитов / В.В. Строкова, А.В. Череватова, Н.В. Павленко, Е.В. Мирошников, Н.А. Шаповалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 4.
3. Нелюбова, В.В. Наноструктурированное вяжущее и строительные материалы на его основе / В.В. Нелюбова, Н.В. Павленко, Ф.Е. Жерновой, А.В. Череватова, В.В. Строкова // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управле-

ния и строительного факультета. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГУТУ, 2012. – С. 159–161.

4. Павленко, Н.В. Особенности получения рациональной поровой структуры пенобетона на основе наноструктурированного вяжущего / Н.В. Павленко, А.В. Череватова, В.В. Строчкова // Строительные материалы. – 2009. – № 10. – С. 33-36.

5. Гагарин, В.Г. Методика определения суммарного сопротивления паропрооницанию наружных отделочных слоев фасадных теплоизоляционных композиционных систем с наружными штукатурными слоями / В.Г. Гагарин, П.П. Пастушков // Вестник МГСУ. – 2012. – № 11. – С. 140–143.

6. Гагарин, В.Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий : дис. ... д-ра техн. наук / Гагарин В.Г. – М., 2000. – 396 с.

7. Пастушков, П.П. Расчетное определение эксплуатационной влажности автоклавного газобетона марок D300-600 / П.П. Пастушков // Технологии бетонов. – 2016. – № 3-4. – С. 20-23.

8. Гащенко, Э.О. Упрочнение безобжиговых материалов посредством химического активирования контактных связей / Э.О. Гащенко, А.В. Череватова, Н.В. Павленко // Строительные материалы. – 2007. – № 8. – С. 32-33.

9. Пастушков, П.П. Влияние влажностного режима ограждающих конструкций с наружными штукатурными слоями на энергоэффективность теплоизоляционных материалов : дис. ... канд. техн. наук / Пастушков П.П. – М., 2013. – 169 с.

STUDY OF RELATIONSHIP OF STRUCTURAL AND STEAM CURING CHARACTERISTICS IN NANOSTRUCTURED BINDER BASED FOAM CONCRETE

N.V. Pavlenko, P.P. Pastushkov, A.N. Kharkhar-din, E.V. Voitovich

Аннотация. In the paper the results of steam curing characteristics in nanostructured binder based foam concrete and their comparison with analogues are presented. Also the comparison study of parameters of vapor permeability, sorption humidity, capillarity rise, heat conductivity (in dry service conditions) is realized. Effect of cellular composite structure on properties and reinforcement process of foam concrete is studied.

Keywords: cellular concrete, nanostructured binder, cementless binder, heat and humidity characteristics vapor permeability, moisture sorption, capillary suction, thermal conductivity

References

1. Pavlenko N.V., Strokova V.V., Cherevatova A.V., Zhernovskij I.V., Neljubova V.V., Kapusta M.N. Efficiency of application of nanostructured binder for production of cell composites // *Stroitel'nye materialy*. 2012. № 6. pp. 10-12

2. Strokova V.V., Cherevatova A.V., Pavlenko N.V., Miroshnikov E.V., Shapovalov N.A. Assessment of efficiency of application of nanostructured binder when you receive a lightweight cellular composites / *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*. № 4. (2011).

3. Neljubova V.V., Pavlenko N.V., Zhernovoj F.E., Cherevatova A.V., Strokova V.V. Structured binder and building materials based on it // *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 50-letiju Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tehnologii i upravlenija i stroitel'nogo fakul'teta. Ulan-Udje: Izd-vo VSGUTU*, 2012. pp. 159-161.

4. Pavlenko N.V., Cherevatova A.V., Strokova V.V. Of obtaining a rational pore structure of foam concrete based on nanostructured binder // *Stroitel'nye materialy*. 2009. № 10. pp. 33-36.

5. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. The method of determining the total water vapor resistance of external finishing layers of composite thermal insulation façade systems that have external plaster layers // *Vestnik MGSU*. 2012. № 11. pp. 140-143.

6. Gagarin V.G. [Teorija sostojanija i perenosa vlagi v stroitel'nyh materialah i teplozashhitnye svojstva ograzhdajushhih konstrukcij zdaniij], *Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehn. nauk. Moskva*. 2000. 396 p.

7. Pastushkov P.P. The estimated operational definition of moisture content of autoclaved aerated concrete stamps D300-600 // *Tehnologii betonov*. 2016. № 3-4. pp. 20-23.

8. Gashhenko Je.O., Cherevatova A.V., Pavlenko N.V. The hardening of chemically bonded materials by chemical activation of contact bonds // *Stroitel'nye materialy*. 2007. № 8. pp. 32-33.

9. Pastushkov P.P. Vlijanie vlazhnostnogo rezhima ograzhdajushhih konstrukcij s naruzhnymi shtukturnymi slojami na jenergojeffektivnost' teploizoljacionnyh materialov], *Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandj, tehn. nauk. Moskva*. 2013. 169 p.

Павленко Наталья Викторовна (Россия, Москва) – кандидат технических наук, инженер, «Научно-исследовательский институт механики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова» (Мичуринский проспект, 1, 119192 Москва, e-mail: 9103638838@mail.ru).

Пастушков Павел Павлович (Россия, Москва) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (Ломоносовский проезд, 21, 127238 Москва, e-mail: pavel-one@mail.ru).

Хархардин Анатолий Николаевич (Россия, Белгород) – доктор технических наук, профессор, профессор Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (ул. Костюкова, 46, 308012 Белгород, Российская Федерация) (ул. Костюкова, 46, 308012 Белгород, e-mail: s-nsm@intbel.ru).

Войтович Елена Валерьевна (Россия, Белгород) – кандидат технических наук, инженер, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (ул. Костюкова, 46, 308012 Белгород, e-mail: e.voitovich@mail.ru).

Pavlenko Natalia Viktorovna (Russian Federation, Moscow) – Ph. D. in Technical Sciences, engineer (Research Institute of Mechanics, Moscow State University. MV Lomonosov (Michurinsk avenue, 1, 119192 Moscow, e-mail: 9103638838@mail.ru).

Pastushkov Pavel Pavlovich (Russian Federation, Moscow) – Ph. D. in Technical Sciences, Research Institute of Building Physics of the Russian Academy

of Architecture and Building Sciences (Lomonosov travel, 21, 127238 Moscow, e-mail: pavel-one@mail.ru).

Kharkhardin Anatolii Nikolaevich (Russian Federation, Belgorod) – doctor of technical sciences, professor, Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov (Str. Kostyukova, 46, 308012 Belgorod, e-mail: s-nsm@intbel.ru).

Voitovich Elena Valerievna (Russian Federation, Belgorod) – Ph. D. in Technical Sciences, engineer, Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov (Str. Kostyukova, 46, 308012 Belgorod, e-mail: e.voitovich@mail.ru).

УДК 624.21.011.1

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ ДЕРЕВОПЛИТЫ В ПЛИТНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЯХ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В.А. Уткин, Г.М. Кадисов
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. *Статья посвящена изучению напряженно-деформированного состояния многослойной клееной деревоплиты из перекрестных досок, являющейся несущим элементом дощато-клееных пролетных строений мостов. Деревоплита из нечетного числа слоев перекрестных досок может рассматриваться как однородная тонкая плита с отличающимися свойствами в разных направлениях, с другой стороны она представляет многослойную конструкцию из спаянных (склеенных) однородных анизотропных слоев. В работе дается оценка напряженно-деформированного состояния многослойных деревоплит применительно к плитным пролетным строениям мостов.*

Ключевые слова: *дощато-клееное пролетное строение, многослойная деревоплита из перекрестных досок, четные слои досок, нечетные слои, упругие характеристики.*

Введение

Плитные пролётные строения из клееной древесины применяются в виде продольной деревоплиты различной конструкции, опертой на капитальные опоры. В зависимости от вида деревоплиты можно выделить три типа плитных пролётных строений: а) **клееная плита**; б) **обжатая плита**; в) **обжатая клееная плита** [1,2,3].

Основное отличие пролетного строения «**обжатая клееная деревоплита**» от предыдущих типов заключается в том, что отдельные доски заменены клееными балками, уложенными боковой гранью вниз [4-7]. В целом плиту по ширине моста набирают из клееных балок-секций, уложенных плотно друг к другу и обжатых высокопрочными стержнями. Панели из клееной древесины обжимаются

главным образом посредством стержней, размещаемых в отверстиях внутри плиты. Деревоплита проезжей части из обжатых клееных панелей применяется в качестве плитного пролётного строения при пролётах до 12 м.

Известно пролетное строение, составленное из клееных балок прямоугольного поперечного сечения и собранной на месте строительства многослойной клееной деревоплиты проезжей части из перекрестных под углом 90° горизонтальных досок-заготовок. Послойно уложенные на ширину моста доски - заготовки размещены в одном случае под углом 45° к продольной оси балок [8], а в другом [9] - под углом 90° к оси балок для нечетных слоев и 0° для четных. Особенность данной конструкции заключается в том, что в

совместной работе участвуют многослойная горизонтальная плита из перекрестных досок и продольные вертикальные балки, выполненные из конструкционных материалов с разными свойствами. В процессе теоретических и экспериментальных исследований этих конструкций были выполнены работы по изучению упругих свойств многослойной клееной древесной плиты из перекрестных досок [10-12], предложенной в качестве плитного пролетного строения [13].

Определение упругих характеристик древесной плиты из досок, ориентированных по главным направлениям

Древесная плита из нечетного числа слоев перекрестных досок может быть отнесена к разряду анизотропных плит, в которой срединная плоскость является плоскостью упругой симметрии, а симметричные слои однородны и ортотропны.

Согласно теории расчета многослойных ортотропных пластинок С.А.Амбарцумяна [14] многослойная древесная плита из перекрестных досок может быть рассмотрена, как однородная пластинка с приведенными упругими характеристиками, а упругие характеристики ее будут зависеть и от числа и толщины слоев, от ориентации досок относительно главных осей, и других факторов.

В отличие от фанеры и многослойных анизотропных пластинок, ортогональные слои которых сформированы без разрывов, слои древесной плиты составлены из узких досок, не объединенных клеевой прослойкой по кромкам. Можно предположить, что при растяжении (сжатии) продольных слоев поперечные (ортогональные) слои через посредство клеевой связи отдельных досок по пласти получают одинаковые с продольными деформации. Деформациями сдвига в виду жесткой клеевой прослойки можно пренебречь.

Рассмотрим деформации многослойной древесной плиты, содержащей n четных и $n+1$ нечетных ортогональных слоев досок под действием растягивающих сил (рис.1,а). В соответствии с условиями жесткого объединения досок клеевым швом по пласти доски поперечного направления препятствуют поперечным деформациям досок продольного направления при их удлинении и наоборот. В итоге вместо линейного напряженного состояния имеем плоское, при котором характерный элемент пересечения досок древесной плиты растягивается (сжимается) по двум взаимно перпендикулярным направлениям (рис.1,б,в). Предполагаем при этом, что на-

пряжения и деформации по толщине доски каждого слоя распределены равномерно.

Уравнения обобщенного закона Гука [11] относительно осей X,Y при растяжении элемента пересечения нечетного слоя с горизонтальными досками (рис. 1,б) будут иметь вид

$$\begin{aligned} \varepsilon_x^{nc} &= \frac{1}{E_1} \sigma_x^{nc} - \frac{\mu_{21}}{E_2} \sigma_y^{nc} \\ \varepsilon_y^{nc} &= -\frac{\mu_{12}}{E_1} \sigma_x^{nc} + \frac{1}{E_2} \sigma_y^{nc} \end{aligned} \quad (1)$$

а при растяжении элемента пересечения четного слоя с вертикальными досками (рис. 2,в) - следующий вид:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x^{cm} &= \frac{1}{E_2} \sigma_x^{cm} - \frac{\mu_{12}}{E_1} \sigma_y^{cm} \\ \varepsilon_y^{cm} &= -\frac{\mu_{21}}{E_2} \sigma_x^{cm} + \frac{1}{E_1} \sigma_y^{cm} \end{aligned} \quad (2),$$

где ε_x и ε_y - деформации по направлениям X и Y для элементов нечетного и четного слоев древесной плиты; E_1 и E_2 – модули упругости для растяжения (сжатия) вдоль и поперек волокон (по направлениям X и Y соответственно); μ_{12} - коэффициент Пуассона, характеризующий сокращение в направлении Y при растяжении в направлении X; μ_{21} - коэффициент Пуассона, характеризующий сокращение в направлении X при растяжении в направлении Y.

Исходя из условий совместности деформаций по контакту слоев, имеем равенство деформаций во всех слоях с продольными и поперечными досками:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x^{nc} &= \varepsilon_x^{cm} = \varepsilon_x^* \\ \varepsilon_y^{nc} &= \varepsilon_y^{cm} = \varepsilon_y^* \end{aligned} \quad (3)$$

Переходя к напряжениям в продольных и поперечных слоях, а затем к осредненным нормальным напряжениям в пакете древесной плиты и осредненным упругим постоянным $\mu_{12}^*, \mu_{21}^*, E_1^*, E_2^*$, получим окончательные выражения для определения приведенных модулей упругости древесной плиты, ориентированной по главным направлениям:

$$E_1^* = \frac{(1 - \mu_{21}^* \mu_{12}^*) \cdot \mu_{21}}{(1 - \mu_{21} \mu_{12}) \cdot \mu_{21}^*} \cdot E_1 \quad (4)$$

$$E_2^* = \frac{(1 - \mu_{21}^* \mu_{12}^*) \cdot \mu_{21}}{(1 - \mu_{21} \mu_{12}) \cdot \mu_{12}^*} \cdot E_1 \quad (5)$$

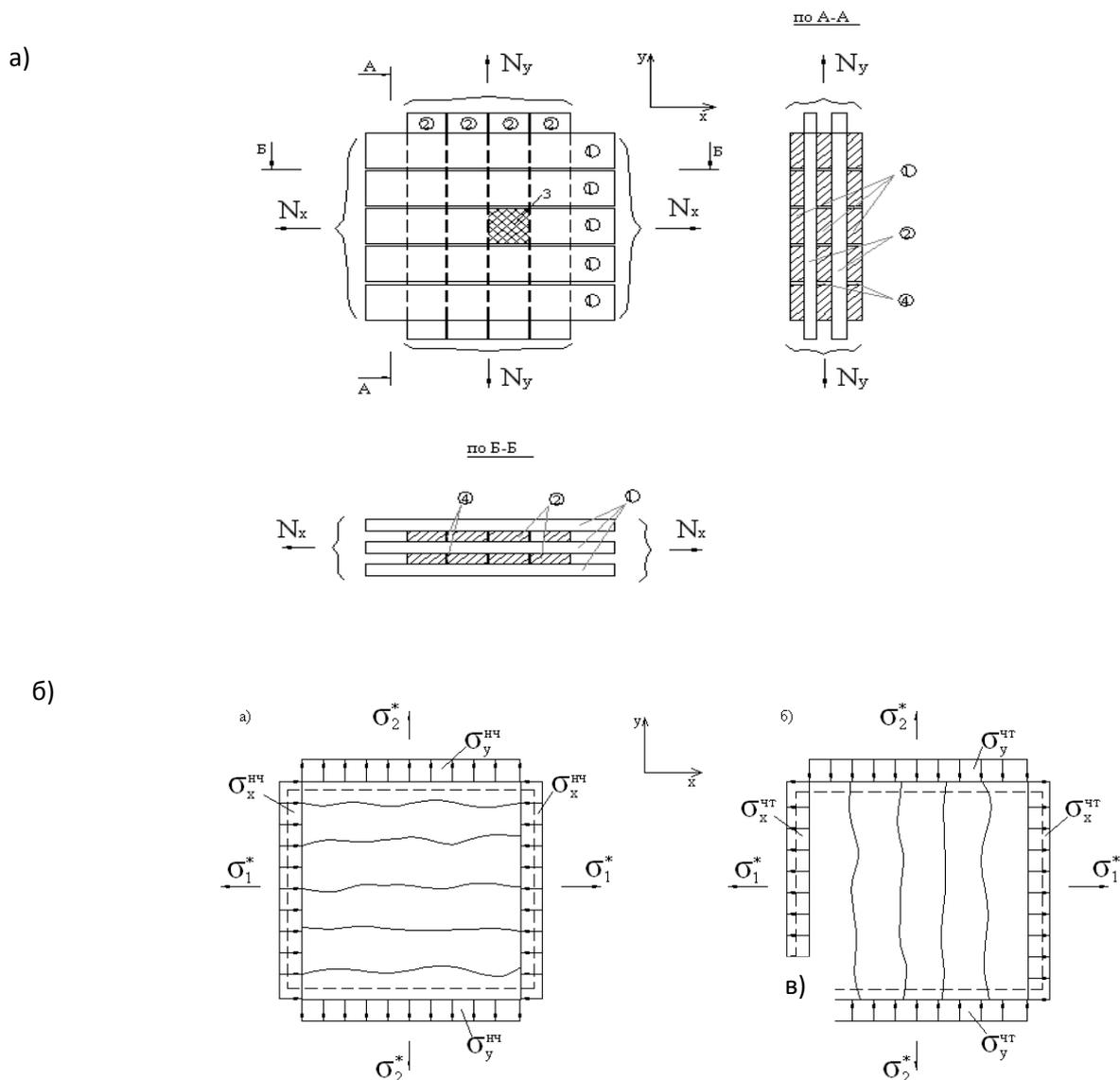


Рис.1. Плоское напряженное состояние многослойной древесной плиты из перекрестных досок:
 а) фрагмента плиты; б) продольного слоя элемента пересечения;
 в) поперечного слоя элемента пересечения; 1- нечетные (1, 3, 5, ... n+1) слои; 2- четные (2, 4, 6, ... n);
 3- элемент пересечения досок древесной плиты; 4- зазоры между кромками досок

В табл.1 в качестве примера даны значения приведенных упругих постоянных многослойной древесной плиты при толщине слоёв 0.033 м. Слои сформированы из древесины с

нормативными упругими постоянными: $E_1 = 1 \times 10^4$ МПа; $E_2 = 4 \times 10^2$ МПа; $G = 5 \times 10^2$ МПа; $\mu_{12} = 0.5$; $\mu_{21} = 0.02$.

Таблица 1

Упругие характеристики материала многослойной перекрестной древесоплиты, ориентированной по главным направлениям осей

Показатель	Количество слоёв, 2n+1			
	5	7	9	11
Приведённые упругие постоянные в направлении главных осей упругости x0 и y0				
μ_{12}^*	0.0472	0.0443	0.0428	0.0420
μ_{21}^*	0.0325	0.0340	0.0349	0.0355
E_1^* , МПа	6206	5933	5779	5683
E_2^* , МПа	4273	4553	4713	4803

Приведенные данные показывают, что при увеличении числа слоев упругие характеристики древесоплиты для ортогональных направлений постепенно сближаются.

Определение упругих характеристик древесоплиты из досок, образующих углы 45° главными осями

В случае, когда плита проезжей части содержит доски, ориентированные под углом 45° к главным осям пролетного строения, необходимо знать упругие постоянные для новой системы координат, повернутой по отношению к первой на угол $\varphi=45^\circ$ (рис. 2).

Для ортотропной пластинки с упругими постоянными многослойной древесоплиты, ориентированной по главным направлениям, уравнения обобщенного закона Гука, имеют вид

$$\begin{aligned} \varepsilon_x^* &= \frac{1}{E_1^*} \sigma_x^* - \frac{\mu_{21}^*}{E_2^*} \sigma_y^* \\ \varepsilon_y^* &= -\frac{\mu_{12}^*}{E_1^*} \sigma_x^* + \frac{1}{E_2^*} \sigma_y^* \end{aligned} \quad (6)$$

При переходе к новым осям x', y' уравнения обобщенного закона Гука запишутся в таком виде

$$\begin{aligned} \varepsilon_x' &= \frac{1}{E_1'} \sigma_x' - \frac{\mu_{21}'}{E_2'} \sigma_y' \\ \varepsilon_y' &= -\frac{\mu_{12}'}{E_1'} \sigma_x' + \frac{1}{E_2'} \sigma_y' \end{aligned} \quad (7)$$

где $\mu_{12}', \mu_{21}', E_1', E_2'$ - упругие характеристики многослойной древесоплиты для новых направлений x', y' . Новые модули упругости и коэффициенты Пуассона могут быть определены по формулам Лехницкого С.Г. для ортотропной пластинки [16].

В табл. 2 приведены значения упругих постоянных $\mu_{12}', \mu_{21}', E_1', E_2'$ для многослойной древесоплиты, повернутой на угол 45° к осям x и y .

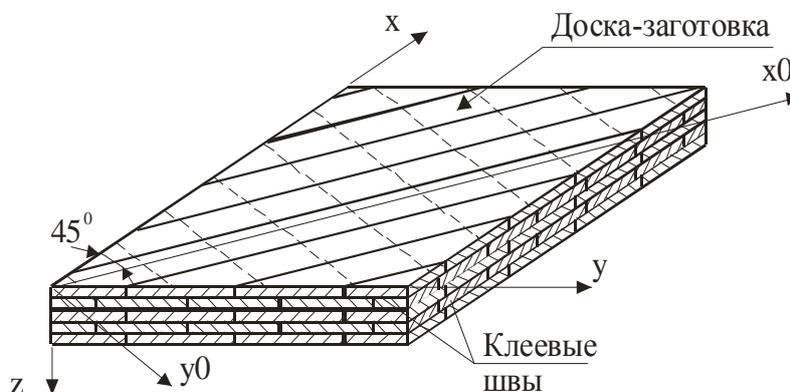


Рис. 2. Древесоплита, повернутая по отношению к осям X и Y на угол $\varphi=45^\circ$

Из приведенных данных следует, что многослойная древесно-плитная конструкция из перекрестных досок ориентированных под углом 45° к главным направлениям осей имеет в направлении главных осей изотропные свойства и может быть рассмотрена как изотропная пластинка. Следует отметить, что в отличие от фанерных пластинок реальная клееная древесно-плитная конструкция из перекрестных досок содер-

жит слои отдельных досок не объединенных клеевой прослойкой по кромкам, т. е. слои не однородны. Предложенная автором методика определения упругих постоянных многослойной древесно-плитной конструкции позволяет учесть эту особенность древесно-плитной конструкции в зависимости от количества слоев и рассматривать древесно-плитную конструкцию как ортотропную пластинку с определенными упругими характеристиками.

Таблица 2

Упругие характеристики материала многослойной перекрестной древесно-плитной конструкции из досок, ориентированных под углом 45° к главным направлениям осей

Показатель	Количество слоёв, $2n+1$			
	5	7	9	11
Приведённые упругие постоянные в направлении главных осей упругости x' и y'				
$\mu'_1 = \mu'_2$	0.6809	0.6854	0.6875	0.6882
$E'_{45} = E'_{45}$, МПа	1681	1685	1687	1688
G'_{45} , МПа	2439	2480	2500	2507

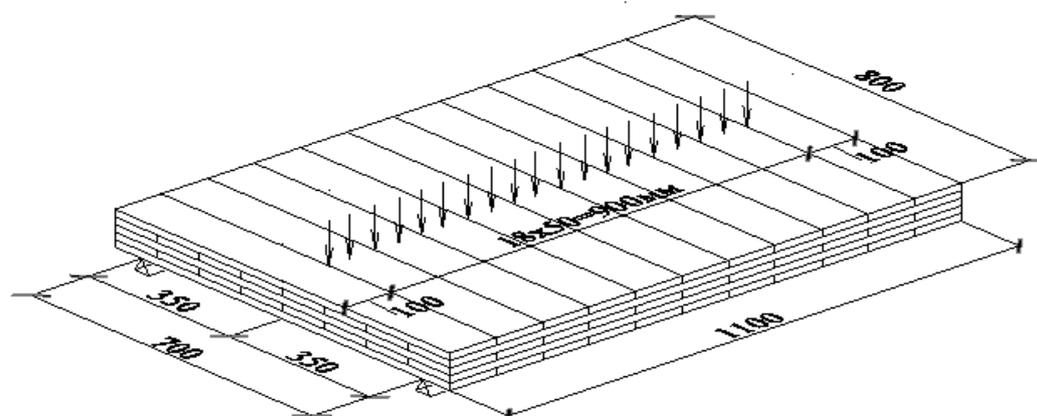
Оценка напряженно-деформированного состояния древесно-плитной конструкции при изгибе

С целью более глубокого изучения работы древесно-плитной конструкции из досок ориентированных под 45° и 90° к главным направлениям были проведены теоретические и экспериментальные исследования этой конструкции на моделях в масштабе $\frac{1}{2}$ натуральной. В качестве точной математической модели древесно-плитной конструкции служила многослойная анизотропная плита,

рассматриваемая по методу конечных элементов.

В качестве исследуемых экспериментальных моделей были приняты две конструкции древесно-плитной конструкции из пяти слоев перекрестных досок сечением 100×15 мм: а) конструкция древесно-плитной конструкции PL 90 с досками, ориентированными по главным направлениям, б) конструкция древесно-плитной конструкции PL 45 с досками, ориентированными под углом 45° к главным осям (рис. 3).

а)



б)

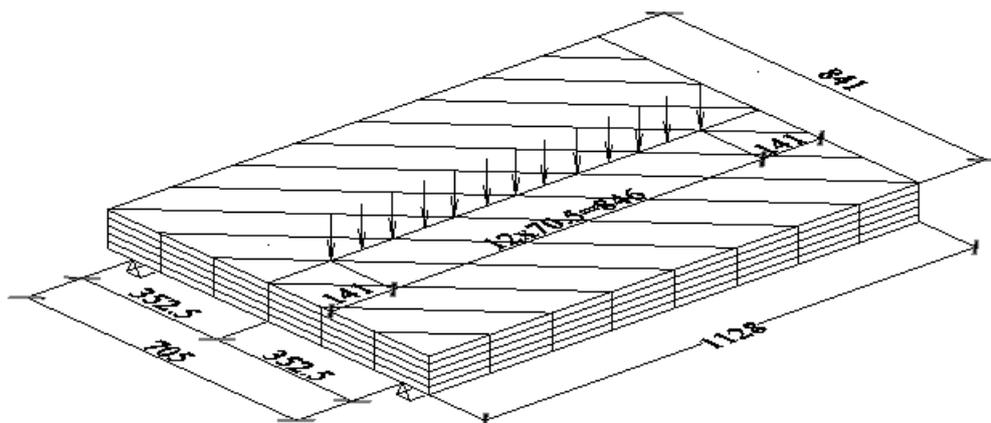


Рис. 3. Конструкция и схема нагружения модели древесной плиты PL 90 (а) и PL 45 (б)

Характеристики материала моделей древесной плиты : $E_1=10000$ МПа; $E_2=400$ МПа; $G=500$ МПа; $m_{12}=0,5$ и $m_{21}=0,02$.

В результате испытания моделей древесной плиты PL-45 статической нагрузкой от трех динамометров 3×10 кН были получены прогибы в характерных узлах середины модели. Распределение экспериментальных прогибов по ширине плиты совпадает с распределением теоретических, при этом расхождение в значениях между экспериментальными и теоретическими прогибами составило + 6%.

Результаты испытания моделей древесной плиты PL-90 с досками, ориентированными по направлениям главных осей показали, что данная конструкция обладает более высокими жесткостными и прочностными свойствами, чем модель плиты PL-45, причем эксперимен-

тальные прогибы рассматриваемой модели (рис. 4) в одних и тех же условиях в 1,5 раза меньше прогибов модели PL-45. Сравнение результатов испытания моделей, отличающихся между собой ориентацией досок по отношению к главным осям, показали, что плиты, внешние слои досок которых совпадают с направлением продольной оси, обладают большей несущей способностью, чем плиты, в которых доски размещены под углом 45° .

В итоге проведенных экспериментально-теоретических исследований предложена конструкция плитного пролетного строения, содержащая клееную древесную плиту из перекрестных досок ориентированных под 90° к главным направлениям осей [13].

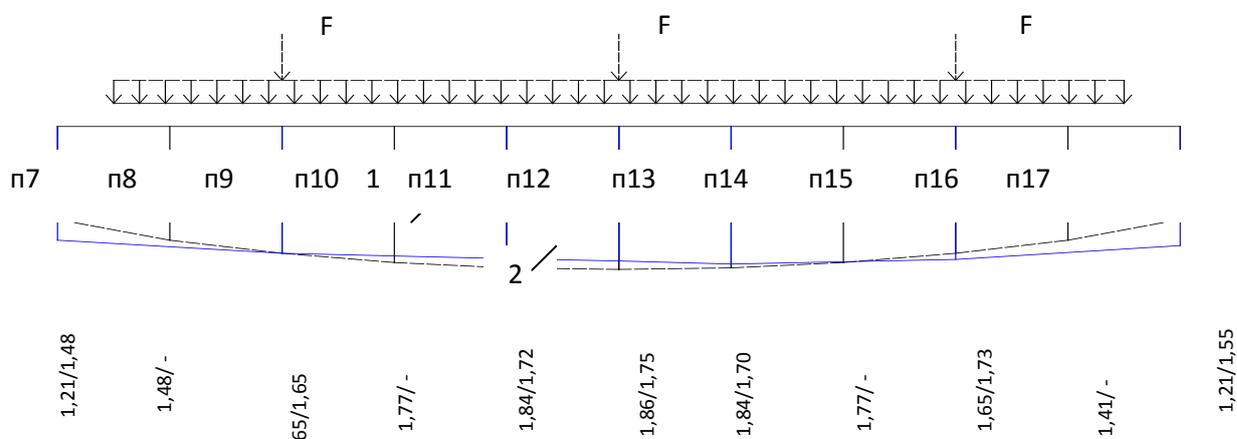


Рис. 4. Теоретические (1) и экспериментальные (2) прогибы в сечении 0,5L модели PL 90-3F при нагрузке 3×10 кН

Описание расчетной модели

и результатов расчета предлагаемого плитного пролетного строения моста из клееной древесины

Дощато-клееное пролетное строение (рис. 5), содержащее в своем составе деревоплиту 1, опертую двумя сторонами на опоры, ездовое полотно 2, дорожное ограждение 3, составлено из нескольких слоев перекрестных под углом

90° горизонтальных досок-заготовок, уложенных на всю ширину и длину пролета так, что первый и все последующие нечетные слои 4 уложены вдоль оси моста, а все последующие четные 5 – поперек оси моста 6 с устройством клеевых швов между слоями 4 и 5.

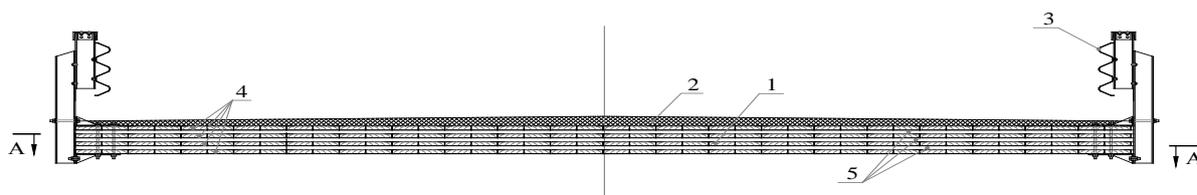


Рис. 5 Поперечное сечение и план клееной деревоплиты плитного пролетного строения из перекрестных досок

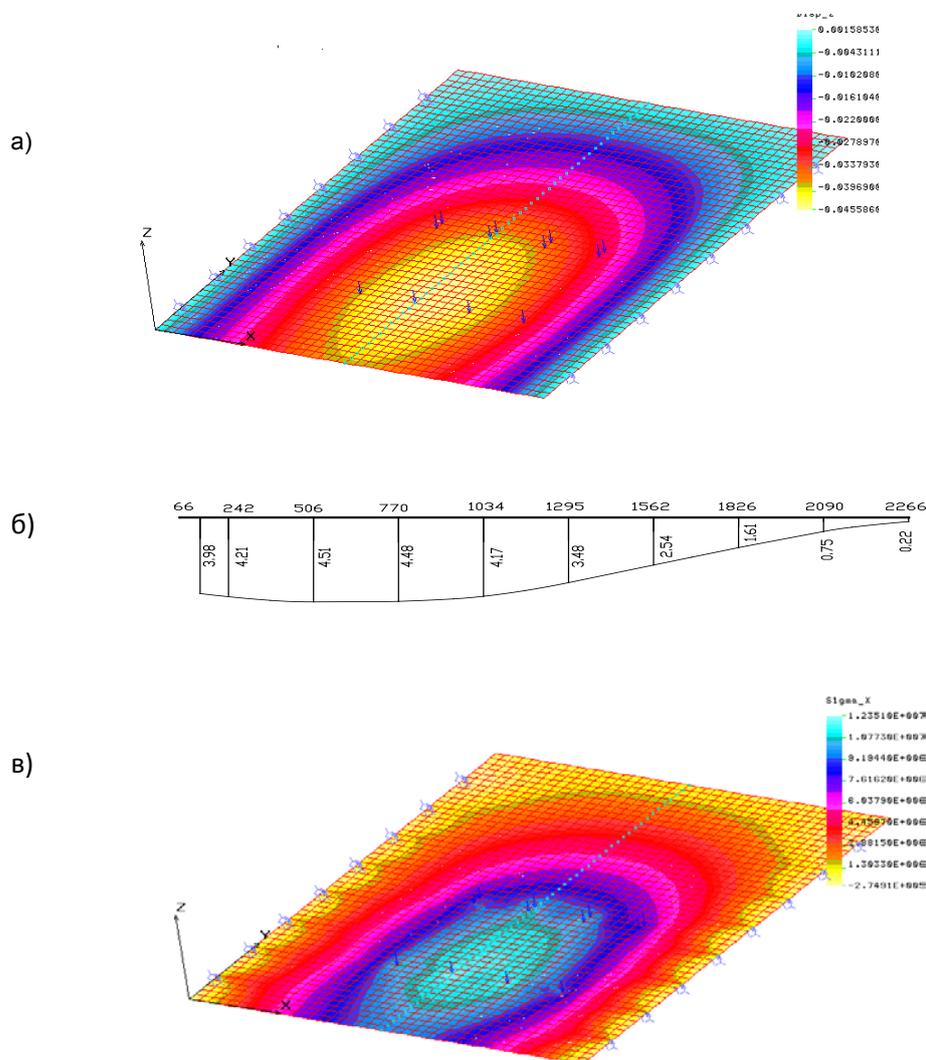


Рис. 6. Деформированное состояние плитного пролетного строения от колесной нагрузки НК-80 (а); эпюра прогибов в поперечном сечении $L/2$ пролета (б); Напряженное состояние нижней поверхности плиты пролетного строения: а) по направлению оси X (s_x) (в)

В качестве экспериментальной модели пролетного строения была принята конструкция плитного пролетного строения расчетным пролетом 8,60м (полная длина 9,0м), шириной проезжей части 10,0м (полная ширина 10,4м), выполненная в виде клееной деревоплиты из 9 слоев перекрестных досок толщиной 32мм. Нечетные слои досок ориентированы вдоль моста, четные – поперек. Расчетная нагрузка НК-80 установлена в невыгодное положение для балочной конструкции при габарите Г8+2Т×1,0м. Расчет конструкции выполнен методом конечных элементов

На рисунке (рис.6) представлено деформированное состояние пролетного строения под нагрузкой НК-80. Поперечное сечение в середине пролета обозначено узловыми точками, места опирания конструкции представлены в виде опорных связей, узлы приложения нагрузки обозначены сосредоточенными силами. На рисунке 6,6 приведена эпюра прогибов плиты середины пролета поперек моста.

Из приведенных данных видно, что жесткость рассматриваемой конструкции 1/200 L превышает нормы для капитальных мостов, но допускается нормами для деревянных мостов.

Приведенные расчетные данные напряженного состояния девятислойной деревоплиты пролетом 9,0м при нагрузке НК-80 (рис.7) свидетельствуют о том, что в рассматриваемой конструкции наибольшие нормальные напряжения при изгибе как вдоль, так и поперек волокон не превышают расчетных сопротивлений, установленных нормами для клееной древесины. При этом максимальные касательные напряжения в плоскости клеевых швов находятся в пределах, установленных нормами для расчетных сопротивлений древесины на растяжение поперек волокон, и в несколько раз меньше расчетных сопротивлений клеевых соединений на сдвиг. Кроме того, данные расчета свидетельствуют о перераспределении напряжений между слоями деревоплиты в соответствии с анизотропными свойствами древесины слоев. Предложенное пролетное строение обладает небольшим собственным весом, резервом грузоподъемности при увеличении числа слоев.

Выводы

В данной статье рассмотрены вопросы, связанные с работой многослойных деревоплит из перекрестных клеенных по пласти досок, опертых двумя сторонами, на поперечный изгиб от временной нагрузки. В отличие от применяемых в практике плитных про-

летных строений с продольной ориентацией досок «на ребро», высота которых ограничена шириной доски, предлагаемая конструкция деревоплиты имеет резерв увеличения высоты сечения за счет увеличения количества слоев. В сравнении с известными конструкциями плитных мостов, появляется возможность расширения области применения рассматриваемых пролетных строений. В этих конструкциях клеевые швы между слоями досок закрыты от атмосферных воздействий, а щели между крошками перекрестных досок перекрыты расположенными сверху слоями, кроме самого верхнего. Таким образом, в конструктивном плане защита клееной деревоплиты от внешних воздействий выглядит более надежной. Сверх того, конструкция деревоплиты способна воспринимать внешние воздействия как в продольном, так и в поперечном направлениях без дополнительных обжимающих устройств и элементов поперечного распределения.

Можно считать, что самым большим недостатком рассматриваемой конструкции является отсутствие оборудования и технологии изготовления ее на месте строительства в полевых условиях.

Результаты исследования напряженно-деформированного состояния девятислойной деревоплиты плитного пролетного строения длиной 9,0м под нагрузкой НК-80 показали, что предлагаемая конструкция обладает способностью воспринимать современные нагрузки и обладает резервом грузоподъемности при увеличении количества слоев. Конструкция пролетного строения может быть рекомендована при пролетах от 6 до 12 м и более.

Библиографический список

1. Eurocode 5: Design of timber structure – Part 2: Bridges. European committee for standardization CEN: Brussels, 2004.
2. Handbook 1 Timber Structures. Education and Culture Leonardo da Vinci. Leonardo da Vinci Pilot Project CZ/06/B/F/PP/1680007. TEMTIS September 2008.
3. Уткин, В.А., Автодорожные деревянные мосты нового поколения : монография / В.А. Уткин, П.Н. Кобзев. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2004. – 50 с.
4. Jullo F. Davalos; Sharma S. Sontil; Sattar Shalk; Russell C. Moody; Roland Hernandez System stiffness for stress-laminated timber bridge decks. Pp 213–220 in Vijaya K.A. Gopu (Ed.) International Wood Engineering Conference; 28-31 October 1996, New Orleans, Louisiana, USA: Department of Civil and Environmental Engineering.
5. Kelth Crews; Stephen Bakoss Fundamental structural behavior of “built-up” stress laminated tim-

ber bridge decks. Pp 39–48 in Ritter, M.A.; Duwadi, S.R.; Lee, P.D.H. (Ed.) National Conference on Wood Transportation structures; 23–25 October 1996, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory.

6. Ronald K. Faller; Michael A. Ritter; Barry T. Robson; Michael D. Fowler; Sheila R. Duwadi. Two test level 4 bridge railings and transportation system for transverse timber deck bridges. Pp 334-351 in Transportation Research Record No.1696, Vol. 1, Fifth International Bridge Engineering Conference, 3-5 April 2000, Tampa, Florida.

7. Alessandro Palermo, Dr.; Simona Giorgini; Stefano Pampanin, Prof.; Andrew H. Buchanan, Prof. Potential of Longitudinal Post-Tensioning for Short-to-Medium Span Timber Bridges. *Structural Engineering International. International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) 2011;21(3):349-355.*

8. Дошато-клееное пролетное строение: патент RU 2204644 C2 РФ/ В.А. Уткин, В.И. Пузиков, П.Н. Кобзев; СИБАДИ; опублик. 20.05.2003.

9. Дошато-клееное пролетное строение: патент RU 22581110 C1, E 01 D 2/04 РФ/ В.А. Уткин, Г. М. Кадисов; СИБАДИ; опублик. 10.08.2005.

10. Уткин, В.А. Пролетные строения из клееной древесины. Теоретические исследования свойств многослойной древесной плиты из перекрестных досок / В.А. Уткин // Проблемы оптимального проектирования сооружений : доклады I Всероссийской конференции. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2008. – С. 404-412.

11. Уткин, В.А. Результаты экспериментального исследования многослойной перекрестной древесной плиты на изгиб / В.А. Уткин // Проблемы оптимального проектирования сооружений : доклады I Всероссийской конференции.- Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2008. – С. 413-420.

12. Уткин, В.А. К вопросу об исследовании многослойной клееной древесной плиты из перекрестных досок на изгиб / В.А. Уткин, П.Н. Кобзев // Промышленное и гражданское строительство. 2009. – №7. – С.51-53.

13. Плитное дошато-клееное пролетное строение: Патент РФ на полезную модель №69528/ В.А. Уткин, Г.М. Кадисов; СИБАДИ; опублик. 27.12.2007.

14. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин. Прочность устойчивость и колебания. М.: Издательство «Наука». 1967.- 268 с.

15. Лехницкий С.Г. Анизотропные пластинки. – М. : Гостехиздат, 1957. – 464 с.

GLUED MULTILAYER SLAB SPANS IN THE DECK STRUCTURE OF TIMBER BRIDGES

V.A. Utkin, G.M.Kadisov

Abstract. The article studies the stress-strain state of multilayer laminated timber deck of cross planks, which are a supporting element in slab glulam bridge superstructures. Timber slab from an odd number of cross-layer boards can be considered homogeneous thin plate with different properties in different directions; on the other hand it represents the multilayered structure of welded (glued) homogene-

ous anisotropic layers. The work assesses the stress-strain state of multilayer timber slabs in relation to slab span structures of bridges.

Keywords: glulam bridge superstructure, the multi-layer cross timber slabs, even layers of boards, odd layers, the elastic characteristics.

References

[1] Eurocode 5: Design of timber structure – Part 2: Bridges. European committee for standardization CEN: Brussels, 2004.

[2] Handbook 1 Timber Structures. Education and Culture Leonardo da Vinci. Leonardo da Vinci Pilot Project CZ/06/B/F/PP/1680007. TEMTIS September 2008.

[3] Utkin V.A., Kobzev P.N. Avtodorozhnye derevjannye mosty novogo pokolenija: monografija. – Omsk: Izdatel'stvo SibADI, 2004. – 50 s.

[4] Jullo F. Davalos; Sharma S. Sontl; Sattar Shalk; Russell C. Moody; Roland Hernandez System stiffness for stress-laminated timber bridge decks. Pp 213–220 in Vijaya K.A. Gopu (Ed.) International Wood Engineering Conference; 28-31 October 1996, New Orleans, Louisiana, USA: Department of Civil and Environmental Engineering.

[5] Kelth Crews; Stephen Bakoss Fundamental structural behavior of “built-up” stress laminated timber bridge decks. Pp 39–48 in Ritter, M.A.; Duwadi, S.R.; Lee, P.D.H. (Ed.) National Conference on Wood Transportation structures; 23–25 October 1996, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory.

[6] Ronald K. Faller; Michael A. Ritter; Barry T. Robson; Michael D. Fowler; Sheila R. Duwadi. Two test level 4 bridge railings and transportation system for transverse timber deck bridges. Pp 334-351 in Transportation Research Record No.1696, Vol. 1, Fifth International Bridge Engineering Conference, 3-5 April 2000, Tampa, Florida.

[7] Alessandro Palermo, Dr.; Simona Giorgini; Stefano Pampanin, Prof.; Andrew H. Buchanan, Prof. Potential of Longitudinal Post-Tensioning for Short-to-Medium Span Timber Bridges. *Structural Engineering International. International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) 2011;21(3):349-355.*

[8] Doshhato-kleenoje prolethnoje stroenie: patent RU 2204644 C2 RF/ В.А. Уткин, В.И. Пузиков, П.Н. Кобзев; СИБАДИ; опублик. 20.05.2003.

[9] Doshhato-kleenoje prolethnoje stroenie: patent RU 22581110 C1, E 01 D 2/04 RF/ В.А. Уткин, Г. М. Кадисов; СИБАДИ; опублик. 10.08.2005.

[10] Utkin V.A. Proletnye stroenija iz kleenoj drevesiny. Teoreticheskie issledovanija svojstv mnogoslnoj derevoplity iz perekrestnyh dosok// Problemy optimal'nogo proektirovanija so-oruzhenij // Doklady I Vserossijskoj konferencii.- Novosi-birsk: NGASU (Sibstrin), 2008. – S. 404-412.

[11] Utkin V.A. Rezul'taty jeksperimental'nogo issledovanija mnogoslnoj perekrestnoj derevoplity na izgib// Problemy optimal'nogo proektirovanija soo-

ruzhenij // Doklady I Vserossij-skoj konferencii.- Novosibirsk: NGASU (Sibstrin), 2008. – S. 413-420.

[12] Utkin V.A., Kobzev P.N. K voprosu ob issledovanii mnogoslojnoj kleenoi derevoplity iz perekrestnyh dosok na izgib // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2009. - №7. – S.51-53.

[13] Plitnoe doshato-kleenoje proletnoje stroenie: Patent RF na poleznuju model' №69528/ V.A. Utkin, G.M. Kadisov; SibADI; opubl. 27.12.2007.

[14] Ambarcumjan S.A. Teorija anizotropnyh plastin. Prochnost' ustojchivost' i kolebanija. M.: Izdatel'stvo «Nauka». 1967.- 268 s.

[15] Lehnickij S.G. Anizotropnye plastinki. – M.: Gostehizdat, 1957. – 464 s.

Уткин Владимир Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Мосты и тоннели» СибАДИ; почтовый адрес: 644010, г. Омск, ул. Ленина, д. 33, кв. 22; тел. служ. 7 (3812) 65-23-81, 60-74-72, тел. дом. 7 (3812) 31-02-15, prof.utkin@mail.ru.

Кадисов Григорий Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительная механика», СибАДИ; почтовый адрес: 644106, г. Омск, ул. Волгоградская, 26, кв. 148; тел. служ. 7 (3812) 72-99-84, тел. дом. 7(3812) 75-16-16.

Utkin Vladimir Aleksandrovich, doctor of technical sciences, professor of the Department "Bridges and tunnels" VPO "SibADI" (644010, Omsk, ul Lenina 33, flat 22, tel. work: 7 (3812) 65-23-81, 60-74-72, tel. house: 7 (3812) 31 02 15, e-mail: prof.utkin@mail.ru).

Kadisov Grigorij Mihajlovich, doctor of technical sciences, professor of the Department «Stroitel'naja mehanika», VPO "SibADI" (644106, Omsk, ul. Volgogradskaja, 26-146, tel. work: 7 (3812) 72-99-84, tel. house: 7(3812) 75-16-16.

РАЗДЕЛ IV

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.056

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АУДИТА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

О.Т. Данилова¹, З.В. Семенова², И.Р. Сафиюлин¹, С.А. Любич²
¹ ФГБОУ ВО «ОмГТУ», Россия, г. Омск
² ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. Одним из неотъемлемых этапов системы управления информационной безопасностью является проведение аудита информационной безопасности системы в соответствии с государственными и отраслевыми стандартами. Целью работы является автоматизация рабочего места сотрудника отдела ИБ банковской организации, с помощью разработки программного обеспечения для проведения оценки соответствия документов, содержащих свидетельство деятельности банка по информационной безопасности, в рамках стандарта и рекомендаций к стандарту Центрального Банка Российской Федерации СТО БР ИББС 1.0-2014 и РС БР ИББС 2.0 (2) - 2014. Подробно представлен один из модулей системы – автоматизированная библиотека документов в сфере информационной безопасности.

Ключевые слова: аудит, информационная безопасность, автоматизированная библиотека, стандарт, база данных, библиотека документов.

Введение

При проведении аудита банковской организации, на соответствие стандарту Центрального Банка РФ (ЦБ РФ), руководство организации должно обеспечить документальное и, если это необходимо, техническое подтверждение того, что:

- политика информационной безопасности (ИБ) отражает требования бизнеса и цели организации;
- организационная структура управления ИБ создана;
- процессы выполнения требований ИБ исполняются и удовлетворяют поставленным целям;
- защитные меры настроены и используются правильно;
- остаточные риски оценены и остаются приемлемыми для организации;
- система управления ИБ соответствует определенному уровню зрелости управления ИБ;
- рекомендации предшествующих проверок документации реализованы [1].

Анализ систем защиты информации на соответствие стандарту проводится с целью

повышения уровня информационной безопасности и минимизации рисков, связанных с информационными технологиями, а также получения максимальной отдачи от инвестиций в систему защиты информации. В задачу аудита входит составление экспертной оценки текущего состояния системы защиты информации, анализ информационных рисков (по определённым методикам на соответствие критериям, соответствующим российским и международным стандартам).

Постановка задачи

Алгоритм работы программного обеспечения строится, на основе четырёх уровней структуры внутренних документов организации Банковской Системы Российской Федерации (БС), рекомендованной стандартом ЦБ РФ [1].

При проведении самооценки, сотруднику отдела информационной безопасности банка предлагается ответить на вопросы анкеты, затем посредством экспертного оценивания формируется степень выполнения проверяемых требований.

По результатам проведения аудита сотруднику ИБ требуется составление отчета, содержащего:

- заполненные анкеты оценивания групповых показателей ИБ;

- документы, обосновывающие исключение частных показателей из области самооценки, по причине нахождения данных документов в сопутствующих частных показателях;

- документ, содержащий результат самооценки соответствия ИБ по направлениям, оценки и итоговый уровень соответствия ИБ организации БС РФ требованиям СТО БР ИББС 1.0, а также круговую диаграмму оценивания групповых показателей ИБ.

Для хранения форм требований стандартов, а также оценок степени выполнения этих требований в информационной системе была выбрана реляционная модель базы данных (БД) [2]. Как известно, запросы к таким базам данных возвращают таблицу, которая повторно может участвовать в следующем запросе. Кроме того, существует возможность свободного расширения объема базы данных.

Перед непосредственной разработкой программного обеспечения, целесообразно разработать информационно-логическую модель в каноническом виде (рис. 1). С ее помощью наглядно видны этапы работы приложения и связи между ними [3].

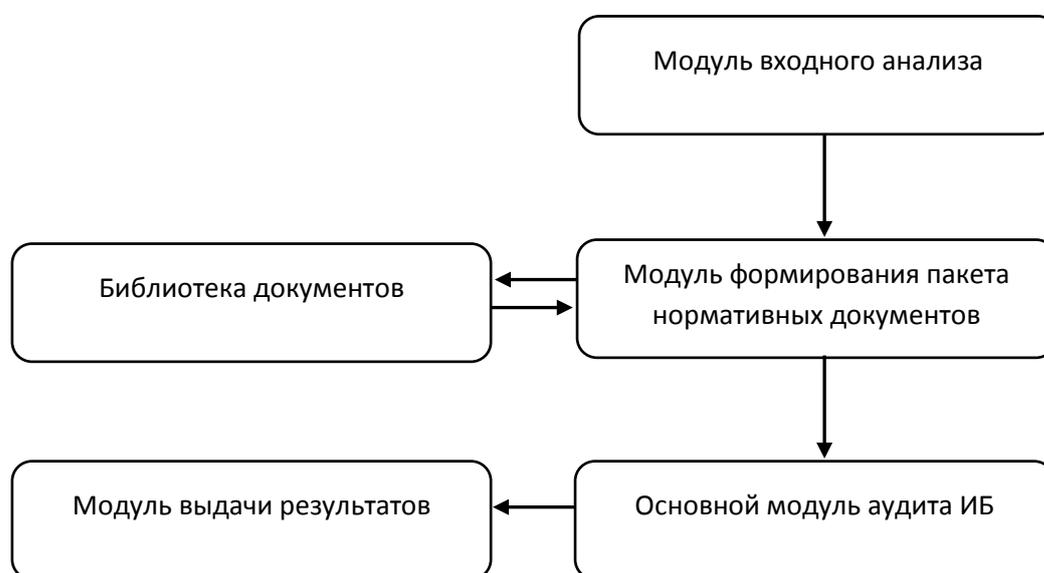


Рис. 1. Общая схема алгоритма программного обеспечения проведения аудита информационной безопасности

В процессе входного анализа происходит оценка процессов обработки защищаемой информации, всесторонний анализ объекта информатизации, анализ возможных угроз для защищаемой информации. Определяются требования по предотвращению утечки информации, анализируются возможные каналы утечки информации и несанкционированного доступа к объекту информатизации. Для получения полной и актуальной информации об исследуемой системе проводится анкетирование с помощью набора опросных листов, сформированных на основе специальных требований и рекомендаций по технической защите информации.

На основе полученных результатов предварительного исследования системы с помощью требований документов нормативно-правового поля устанавливается тип защищаемого объекта, его свойства, определяются необходимый тип и класс защиты информации. Руководствуясь государственным и отраслевыми стандартами, полученными данными об объекте, а также специальными требованиями и рекомендациями по защите конфиденциальной информации, производится определение перечня нормативно-правовых документов и документальных форм, необходимых для организации процесса защиты информации. Исходя из полученного перечня, производится запрос в

автоматизированную библиотеку документов на формирование полного пакета документов и документальных форм.

Библиотека документов

Библиотека документов представляет из себя централизованное, структурированное

хранилище руководящих документов, технических требований, стандартов, нормативных документов, инструкций, анкетных и опросных форм, объединенных между собой иерархическими и логическими связями (рис. 2).

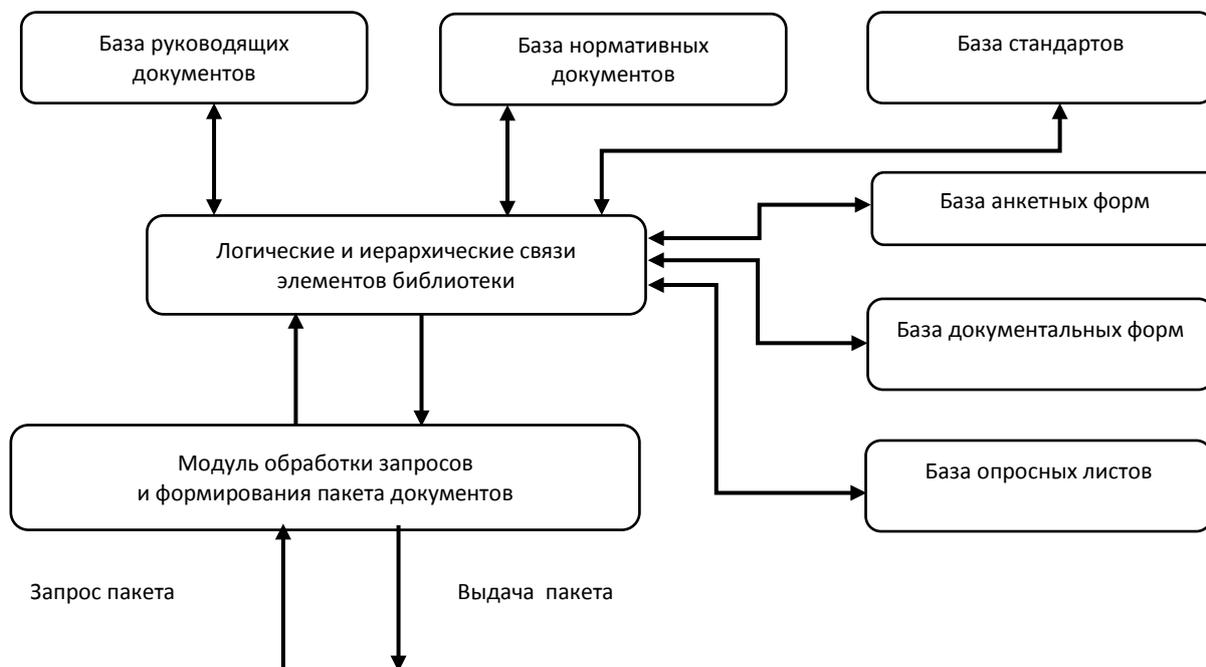


Рис. 2. Структурная схема библиотеки документов

При формировании библиотеки, каждый из документов проходит несколько этапов. На первом этапе определяется тип документа с целью отнесения его к уже существующей определенной группе документов. После установления типа документа, производится его анализ и определение объектов защиты, к которым допустимо применение данного документа, а также установка классов защищаемой информации, для которых возможно использование добавляемого документа при построении системы защиты информации. На основе данных, полученных на предыдущих этапах исследования документа, строятся логические и иерархические связи данного документа с другими объектами библиотеки, формируются правила и условия использования, вносятся исключения по сферам и ситуация применения документа. После выполнения всех вышеуказанных требований, документ проходит процесс нормализации, который заключается в приведении документа к определенной системной форме хранения для удобства последующего поиска и выбора документов. В завершении документ, его

нормализованная форма и связи с другими объектами вносятся в библиотеку.

На основе данных, полученных в процессе входного анализа, формируется запрос на формирование пакета документов. Вначале выбирается руководящий документ, определяющий основные нормы и перечень необходимых сопутствующих документов. Далее, используя выбранный руководящий документ, его логические и иерархические связи, а также данные входного анализа, формируется пакет основных документов, стандартов, нормативно-правовых актов. Используя полученный перечень основных документов, дополнительно выбираются необходимые анкетные формы, опросные листы и формы заполнения документов.

Заключительным этапом процесса подбора документов является выдача сформированного пакета полных и актуальных документов.

Методика проведения самооценки

Текущий уровень ИБ организации БС РФ определяется с помощью групповых и частных показателей ИБ, позволяющих получить информацию о наличии или отсутствии документов по ИБ в соответствии со стандартами

СТО БР ИББС-1.0, РС БР ИББС-2.0 и РС БР ИББС-2.1 [4].

Групповые показатели ИБ образуют структуру направлений оценки, детализируя оценки текущего уровня ИБ, менеджмента и уровня осознания ИБ. Групповые показатели текущего уровня ИБ отражают совокупность требований ИБ к областям, определенным в соответствующих разделах СТО БР ИББС 1.0.

Оценки групповых показателей (EV_{Mi}) используются для получения оценки по направлениям ($EV1$, $EV2$ и $EV3$). Частные показатели ИБ входят в состав групповых показателей и представлены в виде вопросов, ответы на которые дают возможность определить оценки (EV_{Mij}), которые затем формируют оценки EV_{Mi} групповых показателей

Частные показатели текущего уровня ИБ отражают отдельные требования ИБ СТО БР ИББС 1.0, предъявляемые по каждой из затрагиваемых областей, действия документа.

Оценка частного показателя ИБ (EV_{Mij}) определяется посредством экспертного оценивания. Для принятия решения следует проводить анализ нормативных, распорядительных, программных и других документов организации БС РФ, имеющих отношение к проверяемым областям ИБ, и уточнять полученную информацию с помощью опросов сотрудников организации БС РФ и наблюдения за их деятельностью.

Устанавливается следующая шкала степени выполнения требований:

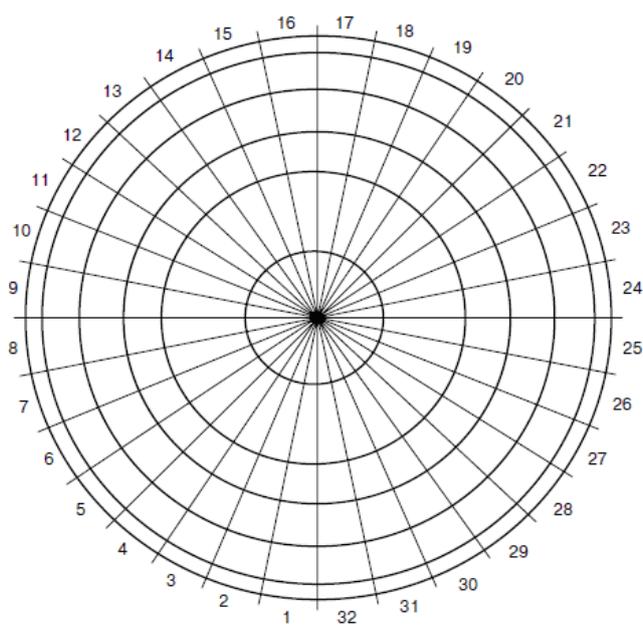


Рис. 3. Круговая диаграмма для отображения результатов аудита

1) «нет» — оценке присваивается значение, равное нулю;

2) «частично» — оценке присваивается значение 0,25; 0,5 или 0,75;

3) «да» — оценке присваивается значение, равное единице.

Итоговая оценка $EV1$, отражающая текущий уровень ИБ организации БС РФ, определяется по наименьшему значению из оценок уровней ИБ банковского платежного технологического процесса и банковского информационного технологического процесса.

Значение уровня соответствия ИБ организации БС РФ требованиям СТО БР ИББС 1.0 R определяется по наименьшему значению из трех оценок по направлениям:

– оценки уровня осознания ИБ организации ($EV3$);

– оценки менеджмента ИБ организации ($EV2$);

– оценки текущего уровня ИБ организации ($EV1$).

На рис. 3 представлена круговая диаграмма для отображения результатов оценивания, где секторы 1 – 8 используются для отображения оценки текущего уровня ИБ организации БС РФ; секторы 9 – 27 используются для отображения оценки процессов менеджмента ИБ организации; секторы 28 – 32 предназначены для отображения оценки уровня осознания ИБ организацией БС РФ.

Описание программной реализации методики аудита

На основе представленных схем разработано программное обеспечение для расчета оценки соответствия документов по ИБ организацией банковской системы Российской Федерации требованиям СТО БР ИББС-1.0.2014. Исходным языком данной разработки является C#. Среда разработки – Microsoft Visual Studio. Используется система управления базами данных Microsoft SQL Server 2012.

В программе реализованы следующие функции:

- регистрация пользователей и даты проведения самооценки внутренней документации по ИБ;
- занесение в базу данных результатов проведения самооценки;
- расчет текущего уровня состояния внутренней документации по ИБ на основе групповых и частных показателей ИБ;
- построение гистограмм по каждому групповому показателю ИБ, а также вывод гистограмм внутри показателя по каждому вопросу анкеты стандарта;
- построение общей круговой диаграммы, отображения результатов оценивания;

• построения отчета, содержащего результат проведения самооценки, гистограммы и круговой диаграммы, определяющий уровень соответствия документов по ИБ требованиям стандарта СТО БР ИББС 1.0-2014.

Расчет уровня ИБ происходит в реальном времени. При создании нового периода проведения аудита в базе в таблице оценок требований появляются записи о невыполнении всех требований Стандарта в данном периоде. Далее пользователь оценивает степень выполнения предложенных Стандартом требований. При каждом изменении оценки идет обращение к БД. В базе данных сохраняются степени выполнения каждого требования (коэффициент значимости требования).

Затем формируется массив оценок требований Стандарта (считываем данные из БД). И в соответствии с тангенсом угла наклона построенных линий и значением групповых показателей, результаты аудита КСЗИ банка заносятся в соответствующие сектора окружности построенной круговой диаграммы.

Важной функцией системы является построение отчета, содержащего таблицы оценок групповых показателей, соответствующие гистограммы для частных показателей и круговой диаграммы отображения результатов оценивания информационной безопасности АС банка на соответствие требованиям СТО БР ИББС 1.0.

Для защиты от несанкционированного чтения данных аудита банковских систем РФ в программе предусмотрена авторизация (идентификация и аутентификация) пользователей.

Для контроля проведения оценки уровня ИБ ведется журнал регистрации, где фиксируется дата проведения аудита.

Пароли пользователей и журнал регистрации хранятся в базе данных. Для предотвращения нарушения конфиденциальности данных пароли пользователей сохраняются в БД в виде значения функции $E = F(P, S)$, где F – хэш-функция MD5, P – пароль пользователя, S – случайный вектор, создаваемый при регистрации пользователя в системе (представлен структурой глобального уникального идентификатора – GUID [5]). Для обеспечения безопасности журнала регистрации используется симметричное шифрование AES с 256-разрядным ключом на стороне сервера БД (выбор данного алгоритма шифрования был обусловлен, в первую очередь, необходимостью обеспечения возможности дальнейшего перехода на БД более поздних версий).

Заключение

Преимуществами разработанной автоматизированной системы являются высокая гибкость и расширяемость, легкость дополнения новыми документами и актуализации существующих, быстрое создание и измене-

ние как иерархических, так и логических связей между отдельными модулями, широкие возможности по наполнению различными дополнительными элементами, связанными с основными.

Библиографический список

1. Стандарт Банка России СТО БР ИББС 1.0–2014 «Обеспечение информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации».
2. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных. – 8-е изд. / пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1328 с.
3. Соловьев, И.В. Проектирование информационных систем: фундаментальный курс / И.В. Соловьев, А.А. Майоров. - М. : Академический проект, 2009 – 398 с.
4. Рекомендации в области стандартизации Банка России РС БР ИББС-2.1–2007 «Обеспечение информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации» – Руководство по самооценке соответствия информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации требованиям СТО БР ИББС-1.0.
5. Структура Guid. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/system.guid\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/system.guid(v=vs.110).aspx)

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR AN AUTOMATED SYSTEM FOR CARRYING OUT INFORMATION SECURITY AUDIT

O.T. Danilova, Z.V.Semenova, I.R. Safiulin,
S.A. Ljubich

Abstract. One of the essential stages of the system management information security is audit of information security systems in accordance with state and industry standards. The aim of this work is the automation of a workplace of the employee of the Department of information security of banking organizations, with software development for the assessment of conformity of documents containing evidence of the Bank's activities in IB, in the framework of the standard and recommendations to the standard Central Bank of the Russian Federation (RF) STO BR IBBS 1.0-2014 and RS BR IBBS-2.0 (2) -2014. Presented in detail one of the modules of the system – an automated document library in the sphere of information security.

Keywords: audit, information security, automated library, standard, database, library of documents.

References

1. Standard Bank of Russia STO BR IBBS 1.0–2014 «Ensuring information security of organizations of Bank system of the Russian Federation»
2. Date C.J., An Introduction to Database Systems. - M.: Williams, 2005. – 1328 с.

3. Soloviev, V. I. Design of information systems: the Foundation course / I. V. Solovyev, A. A. Mayorov. - M.: Academic project, 2009. – 398с.

4. Recommendations in standardization of the Bank of Russia RS BR IBBS-2.1–2007 "information security of organizations of Bank system of the Russian Federation" – the Guide to self-assessment of conformity of information security of organizations of Bank system of the Russian Federation with the requirements of STO BR IBBS-1.0.

5. Structure Guid. [Electronic resource]. - Access mode: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/system.guid\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/system.guid(v=vs.110).aspx)

Данилова Ольга Тимофеевна (Омск, Россия) – канд. физ.-мат.наук, доцент кафедры Комплексная защита информации ФГБОУ ВО Омский государственный технический университет (644050, г.Омск, пр.Мира, 11, e-mail: olga.danlot@yandex.ru).

Семенова Зинаида Васильевна (Омск, Россия) – д-р пед. наук, профессор, заведующая кафедрой Информационная безопасность ФГБОУ ВО Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (644008, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: semenova.z.v@gmail.com).

Сафиулин Игорь Рашидович – аспирант кафедры Комплексная защита информации ФГБОУ ВО Омский государственный технический университет (644050, г.Омск, пр.Мира, 11, e-mail: igorsafiulin@gmail.com).

Любич Станислав Александрович (Омск, Россия) – старший преподаватель кафедры Информационная безопасность ФГБОУ ВО Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (644008, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: ljubich.s.a@mail.ru).

УДК 621.879

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА ЧЕРЕЗ ИНТЕГРАЦИЮ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

В.В. Савинкин¹, В.Н. Кузнецова²

¹Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, Казахстан, г. Петропавловск

²Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, Россия, г. Омск

Аннотация. Современный этап развития систем моделирования технологических процессов характеризуется повышением их функциональной насыщенности. Моделирование процессов работы гидропривода экскаватора является сложной иерархической задачей, так как при выполнении технологических операций экскаватора необходимо регистрировать и анализировать большое количество факторов и показателей, динамично изменяющихся во времени. В статье отражено описание разработанной комплексной системы реализации экспериментальных исследований энергоэффективности одноковшового экскаватора через интеграцию вспомогательных виртуальных комплексов, имеющей широкий спектр функциональных возможностей и позволяющей снизить трудоемкость проведения экспериментальных изысканий.

Ключевые слова: энергоэффективность, следящая система, алгоритм, силы сопротивления, кинематическая пара.

Введение

Проблемы исследования энергоэффективности экскаватора с применением современного программного обеспечения, математического моделирования и автоматизированного проектирования рассмотрены в работах В.Г. Ананина, Н.С. Галдина, А.Г. Григорьева, Н.Н. Живейнова, Л.Б. Зарецкого, В. Г. Зедгенизова, Г.Н. Карасева, В.Я. Крикуна, Е.Ю. Малиновского, В.А. Мещерякова, В.В. Москвичева, В. П. Павлова, В.С. Щербакова [1]

Предшествующими исследователями установлено, что при моделировании виртуальных комплексов необходимо сформировать

как можно больше значимых свойств для более полного приближения к реальной модели, а значит, и большими возможностями будет обладать система, использующая данную модель [2 - 4].

Результаты теоретических и практических исследований

В данном случае этапы виртуального моделирования включали: 1. разработку концептуальной модели, выявление основных элементов системы и элементарных связей взаимодействия; 2. выбор среды программного продукта и информационной площадки для реализации моделируемого эксперимента; 3. разработку математической модели; 4. соз-

дание алгоритма и программы; 5. планирование и проведение компьютерного эксперимента; 6. анализ и интерпретация результатов, при необходимости, последующее уточнение модели.

Принцип реализации первого этапа изложен в ранее опубликованных трудах авторов [5, 6]. Для реализации второго этапа моделирования учтены возможности программного обеспечения (ПО). Состоятельность программы определяется возможностью эффективного поиска оптимальных условий, при которых должен проходить технологический процесс, для обеспечения наименьшего расхода энергии, достижения наибольшего КПД системы и т. д. Разработанная программа не только моделирует процессы, но и взаимодействует с внешними элементами сбора информации (датчиками), установленных на реальных объектах (элементах гидропривода, двигателя). В системах сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и технологическими процессами применяется микропроцессорная система,

способная взаимодействовать с персональным компьютером, - LabVIEW.

Основные выкладки математических моделей стали основой алгоритма методики исследования энергоэффективности одноковшового экскаватора, реализованной в виде виртуального стенда «GIDRO-Lab», созданного в среде LabVIEW [1]. Элементы методики создания и работы стенда «GIDRO-Lab» разработаны исходя из следующих требований: системность, максимальная общность, информативность, простота, проверяемость и предсказательная сила.

«GIDRO-Lab» состоит из двух основных частей: лицевой панели (Front Panel) и блок-диаграммы (Block Diagram). Интерфейс пользователя содержит: элементы управления программой; блок исходных данных; таблицы расчетов отдельно по каждому элементу и гидролиниям; сводные данные расчетов по гидролиниям с изменением характеристик; панель данных измерительных приборов (рис. 1).

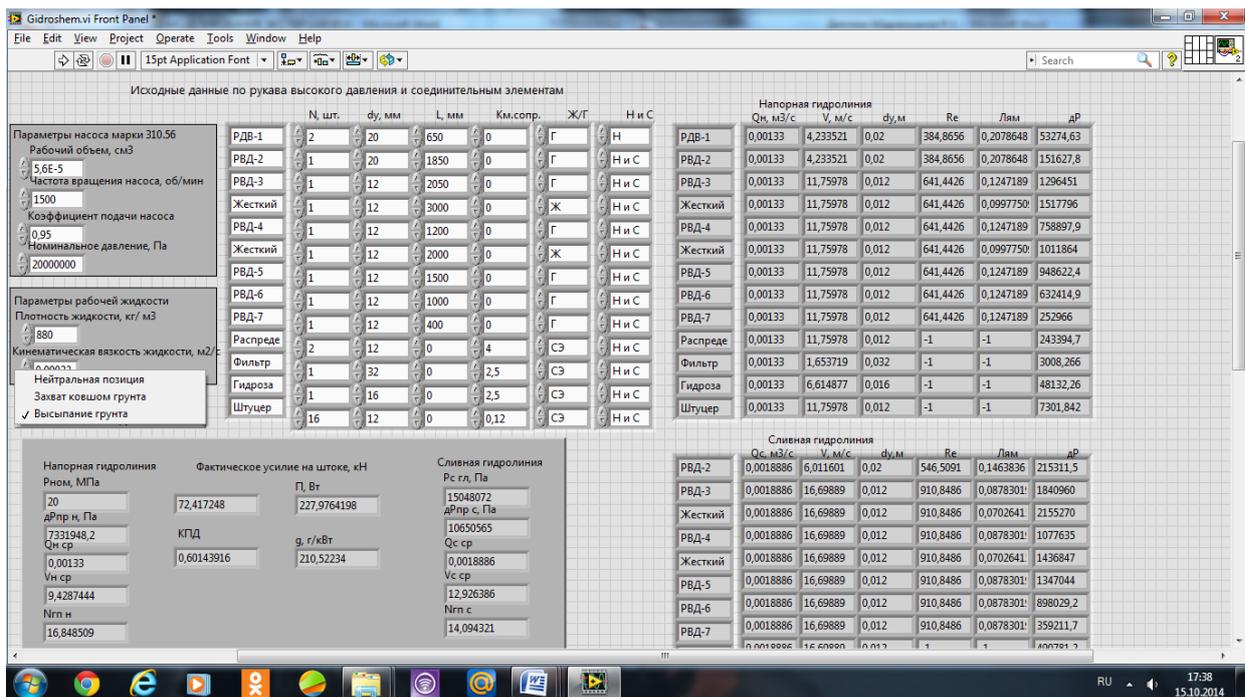


Рис. 1. Интерактивный интерфейс пользователя с базовыми и переменными данными о гидроприводе одноковшового экскаватора

В разработанном интерфейсе в левом верхнем углу предусмотрено поле для заполнения технических характеристик каждого гидроэлемента (n , P_n , Q_n). В интерфейсе учтен ввод данных о характеристике рабочей жидкости (ρ , ν), применяемой при проведении эксперимента.

В гидроприводе передача энергии потока рабочей жидкости происходит по гидролиниям высокого и низкого давления различного

диаметрального сечения d , длины L и разным коэффициентом местного сопротивления. Перечисленные показатели также учтены в диалоговом окне интерфейса.

В правой части интерфейса расположена информация о сливной и напорной гидролиниях. Данные таблицы содержат значения входных параметров относительно i -го гидроэлемента, такие как расход жидкости Q , ско-

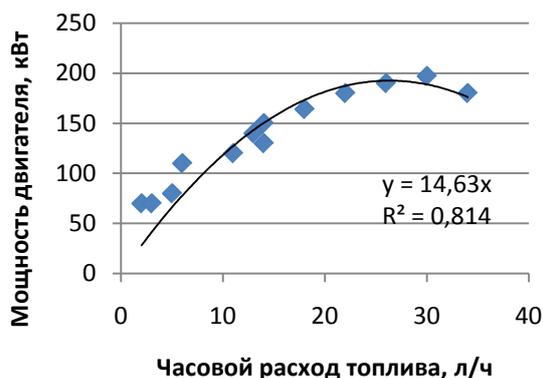
рость истечения V , число Рейнольдса Re , коэффициент сопротивления жидкости λ , перепад давления ΔP и т. д.

При исследовании рабочих режимов по линиям связи через разработанный алгоритм, содержащий математические модели, значения изменяются и характеризуют реальное состояние гидроэлементов и всей системы гидропривода через показатели эффективности, размещенные ниже (рис. 1). На данной стадии эффективность работы оценивается минимальными потерями давления в гидроприводе ΔP , мощностью гидропривода $N_{гп}$ на разных режимах эксплуатации, фактической силой на штоке гидроцилиндра $R_{ц}$ и КПД гидропривода $\eta_{гп}$.

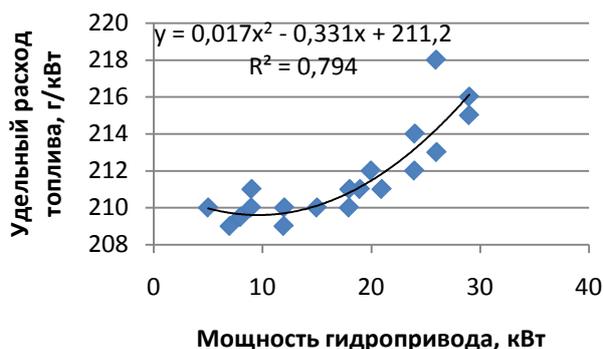
Достоинством данной модели является возможность оценить параметры эффективности, предусмотренные ГОСТ 17752-81 «Гидро-

привод объемный и пневмопривод. Термины и определения» в соответствии с зависимостями технических характеристик силовой установки экскаватора, например, мощности двигателя N_e и удельного расхода топлива g_e .

Полученные при помощи «GIDRO-Lab» зависимости (рис. 2) характеризуют влияние технологических параметров работы одноковшового экскаватора на расход топлива. С целью визуализации процесса и подробного анализа полученных данных разработана лицевая панель прибора «GIDRO-Lab». На рис. 3 продемонстрирована панель «GIDRO-Lab», на которой в виде графика и значений измеряемых показателей в режиме реального времени отображаются результаты проведения эксперимента.



а) двигатель



б) гидропривод

Рис. 2. Зависимость расхода топлива от мощности

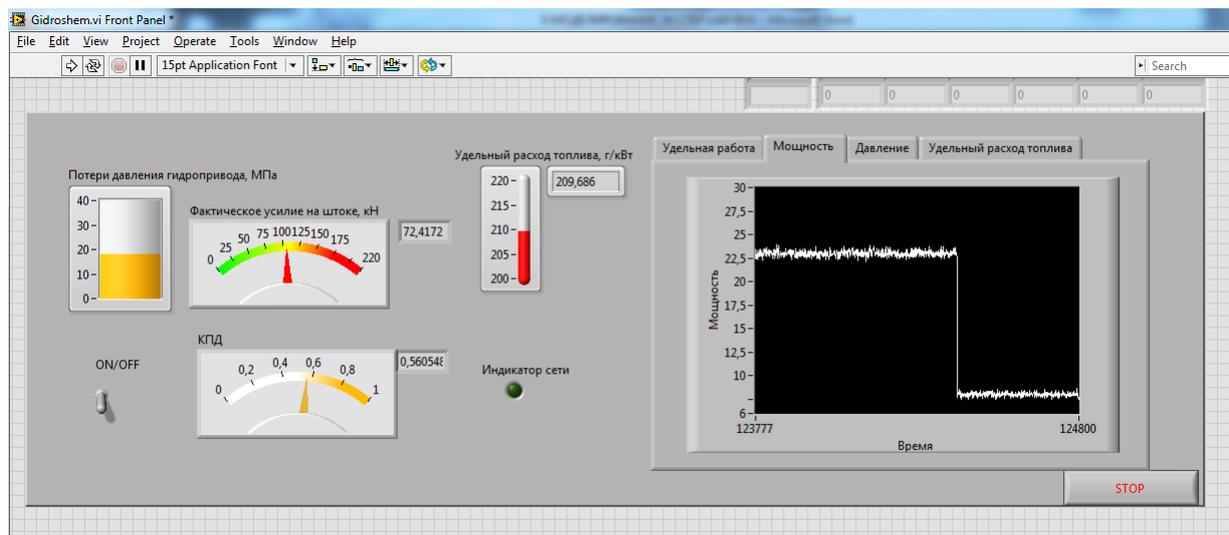


Рис. 3. Лицевая панель прибора «GIDRO-Lab»

Предложенная модель панели позволяет производить внедрение объектов ActiveX (Excel, Word и др.) и т. п. Разработанные вкладки графика и левая часть панели обоснована необходимостью контроля и анализа технологических и эксплуатационных показателей по сопутствующим признакам. Данные показатели не содержатся в известных разработках диагностических стендов и приборов. Кроме того, существующие датчики, применяемые на экскаваторах не способны считывать информацию об энергоэффективности процессов и режимов работы гидропривода. В разработанной авторами панели через алгоритм взаимосвязи оценивается мощность гидропривода $N_{гп}$, удельная работа $A_{уд}$, удельный расход топлива g_e , потери давления ΔP в заданных условиях, КПД гидропривода и создаваемое усилие на штоке $R_{ц}$. В зависимости от графического отображения результатов, качественные характеристики закономерностей процесса разработки грунта отслеживаются стрелочными индикаторами и цифровыми терминалами (рис. 3). Индикаторы отображают результаты разработки грунта экскаватором, а регуляторы дают возможность пользователю задать исходные данные. Среда LabVIEW при помещении объекта на экран передней панели определяет режим работы. Тумблер будет по умолчанию работать в режиме «регулятор», а фактическое усилие на штоке или КПД – в режиме «индикатор».

На графике (рис. 3) показано изменение мощности гидропривода при переходном режиме от зачерпывания грунта к выгрузке, которое характеризуется всплеском амплитуды. Длина периода показана "ершистостью" графика, которая вызвана малым периодом принятого временного интервала, что характеризует быстрое срабатывание клапанных механизмов и регулятора расхода жидкости. Такой вид графика характеризует постоянно изменяющуюся величину мощности в зависимости от нарастающей силы на штоке цилиндра при внедрении режущей кромки ковша в грунт. Максимальное значение мощности составляет $N_{гп}=25$ МПа. На штоке гидроцилиндра в этот момент развивается максимальная сила. Снижение мощности происходит в момент открытия редуцирующего клапана сброса давления в гидросистеме. Но это вовсе не означает, что гидропривод работает эффективно. Часть энергии затрачивается на преодоление сопротивления собственных масс оборудования и внутренних сопротивлений. Это отражено на графике в виде цикличности изменения амплитуды мощности за очень короткий промежуток времени. Таким образом, изменение амплитуды в пределах с $N_{гп} \approx 22$ до 24 МПа свидетельствует о суммарных потерях мощности. Данные потери говорят о наличии нестабильных процессов в гидроприводе.

На рис. 4 представлена разработанная блок-диаграмма генерации и отображения зависимостей энергоэффективности гидропривода экскаватора.

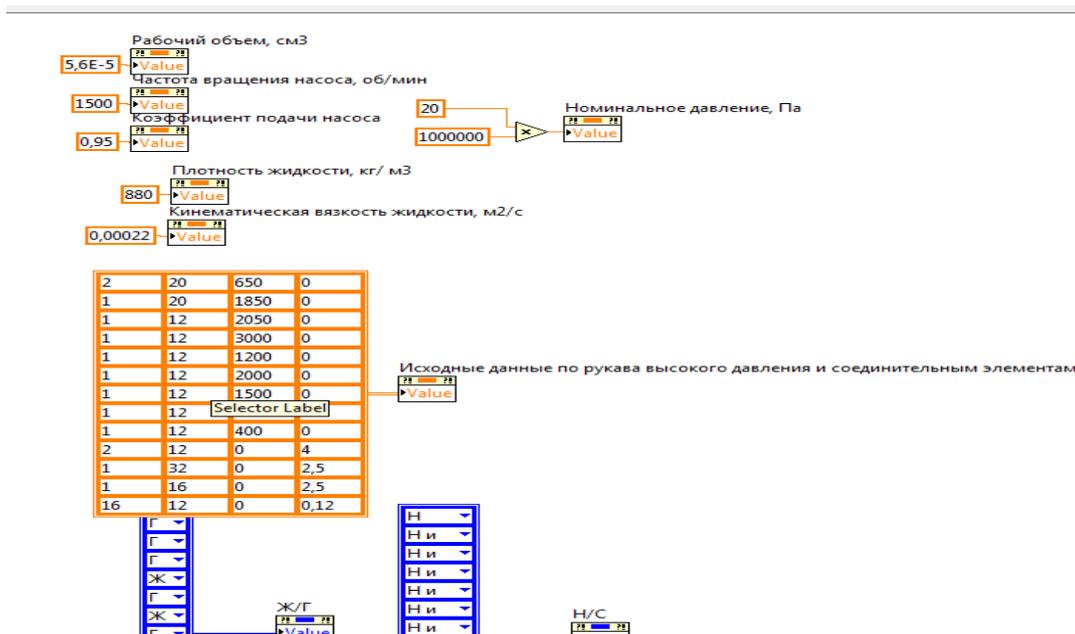


Рис. 4. Блок-диаграмма исходных данных гидропривода

Блок-диаграмма включает в себя терминалы, узлы, провода и константы, а также

содержит необходимые графические или текстовые комментарии (рис. 5).

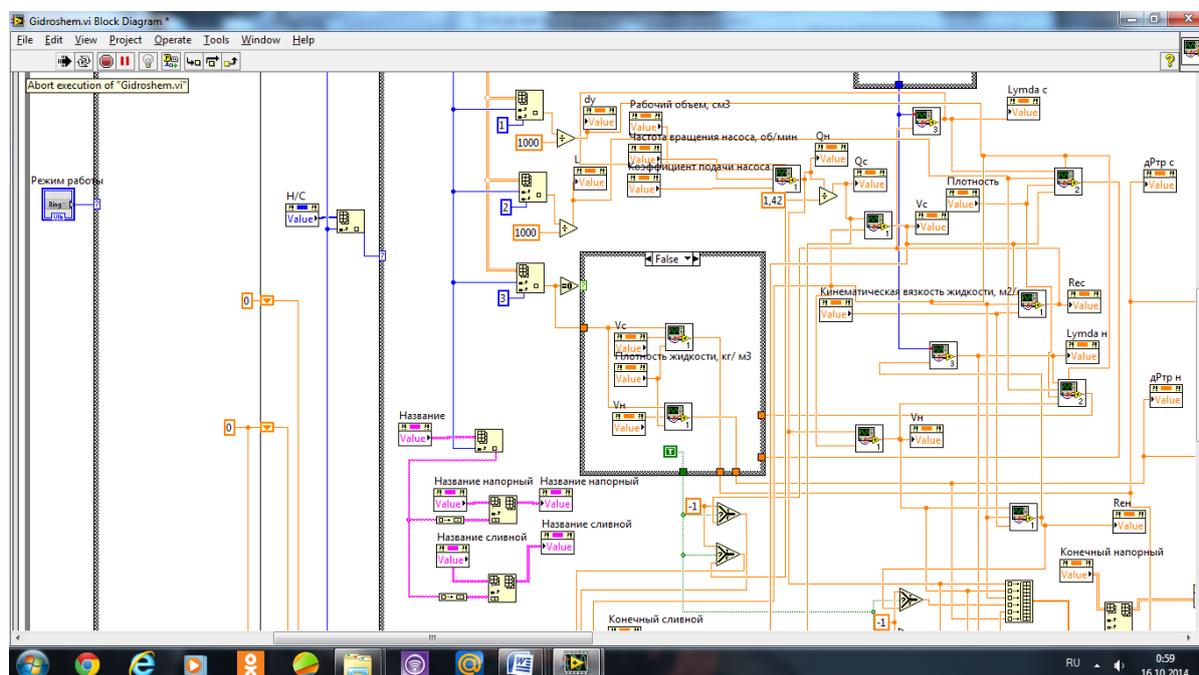


Рис. 5. Блок-диаграмма генерации процессов исследования

Основные массивы происходящих процессов регламентируются терминалом (Terminal). Один терминал на предложенной блок-диаграмме соответствует каждому элементу передней панели. Терминалы отображаются как пиктограммы в зависимости от настроек LabVIEW, соответствующие элементам передней панели, или как цветные прямоугольники различного вида.

Разработанный виртуальный стенд «GIDRO-Lab» может передавать непосредственно по шине GPIB до 1000 отсчетов в секунду в удобном для оператора формате ASCII. В стандартной конфигурации измерительных приборов имеются два типа интерфейсов: VISA и RS-232. Диагностический прибор «GIDRO-Lab» выдает сигналы завершения измерения и внешнего запуска (External Trigger), с помощью которых можно синхронизировать его работу с другими приборами в системе. Прибор «GIDRO-Lab» выдает также TTL-сигнал, указывающий на положительные или отрицательные результаты допусковых испытаний.

Разработанный «GIDRO-Lab» поддерживает три командных языка (SCPI, Agilent 3478A и Fluke 8840A/42A), поэтому пользователю не приходится переписывать уже существующее программное обеспечение испытаний. Функции меню дают доступ к усовершен-

ствованным свойствам прибора, что позволяет оптимизировать его работу для каждой конкретной измерительной задачи.

Программный пакет Agilent IntuiLink позволяет упростить обработку накопленных данных, используя графическую среду разработки LabVIEW, для анализа, интерпретации, отображения, и документирования данных. Возможность записи больших данных позволяет запоминать результаты, что способствует проведению ретроспективного анализа, статистической обработки и т.д.

Первостепенное обращение оператора-исследователя к программной оснастке прибора «GIDRO-Lab» (рис. 6) заключается во взаимодействии запрашиваемых первичных данных с библиотечной базой данных. Программа, принимая запрос, анализирует, интерпретирует на «машинный язык» поставленную задачу и в виде отчета формирует информацию по входным данным первичной обработки. Далее, при соответствии техническим условиям, происходит интеграция выбранных данных или ПО с разработанным прибором. При сканировании совместимости программ формируется отчет с рекомендациями об изменениях или принятия задачи. Комплекс описанных мер по сути является отладкой и адаптацией системы к заданным условиям работы. Далее оператором-

исследователем вносится необходимый массив данных по исследуемому объекту, проверяется связь установленных датчиков с бло-

ком управления и запускается прибор на заданных режимах работы.

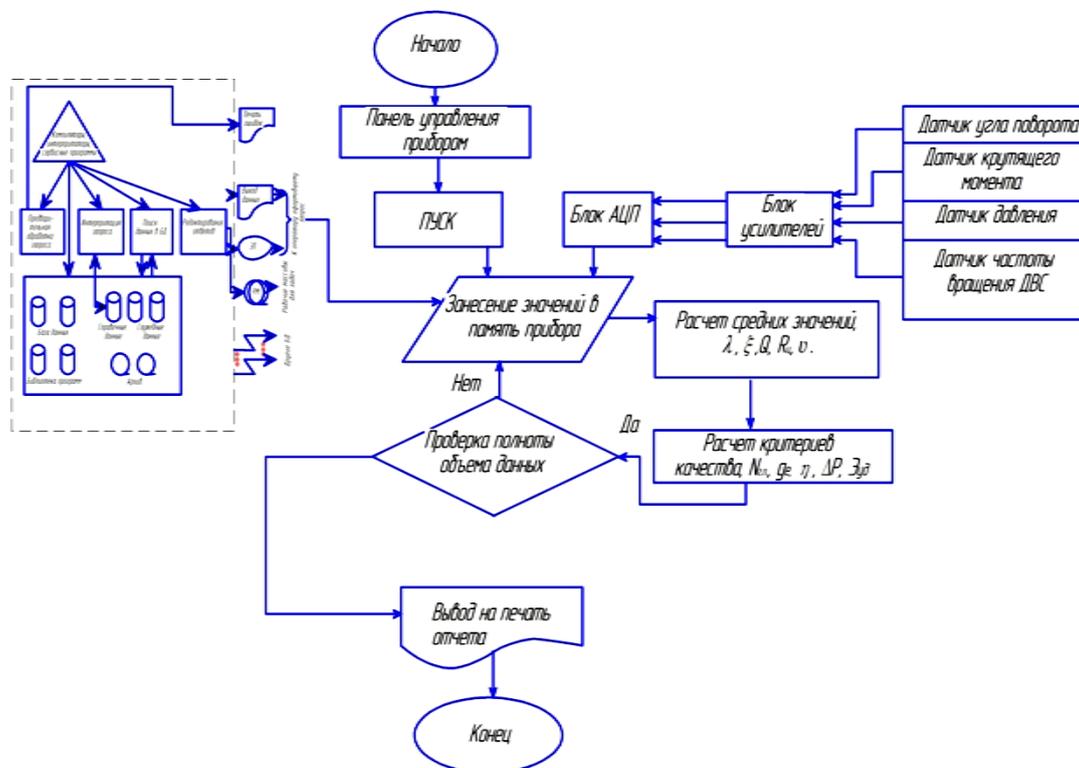


Рис. 6. Блок-схема алгоритма функционирования прибора «GIDRO-Lab»

Считывая сигналы с датчиков, прибор их идентифицирует и направляет в блок - диаграмму. Далее по разработанному алгоритму (рис. 6) происходит первичный расчет данных указанных в задачи.

При поступлении нового или дополнительного массива данных анализируется корректность введенных показателей и полнота объема данных для проведения расчетной операции. При выполненном условии, формируется терминал количественных показателей с преобразованием их в блоки диаграмм находящиеся в постоянной динамике при поступлении меняющихся сигналов.

После окончательной обработки формируется отчет на мониторе ПК и выводится на печать.

Заключение

1. Достаточно результативно использован комплекс базовых методов исследования, в т.ч. имитационное моделирование процессов. На базе ПО и среды LabVIEW разработана методика проведения виртуального эксперимента энергоэффективности гидропривода экскаватора, позволившая выявить качест-

венно новые закономерности исследуемых явлений:

- нагрузочные режимы гидропривода;
- мощностной баланс гидропривода;
- удельную энергоемкость технологических процессов;
- эксплуатационные показатели силовой установки.

2. Разработанный виртуальный прибор обладает расширенным спектром функций по исследованию причинно-следственных связей, установлению зависимостей протекающих процессов в системах гидропривода землеройных машин.

3. Разработанный алгоритм работы виртуального стенда обеспечивает получение новых достоверных результатов по исследованию энергоэффективности экскаватора с учетом изменяющихся условий эксплуатации.

Библиографический список

1. Савинкин, В.В. Развитие теории энергоэффективности одноковшового экскаватора : дис. ... д-ра техн. наук. – Омск, 2016. – 390 с.

2. Перепеловский, В.В. Технологии виртуального программирования / В.В. Перепеловский, Н.Р. Кириллова. – М. : СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2000. - 64 с.

3. Lee S.U., Chang P.H. Control of a heavy-duty robotic excavator using time delay control with integral sliding surface. // Control Engineering Practice. –2002. – Т. 10. – № 7. – P. 697–711.

4. Кузнецова, В.Н. Обоснование критериев оценки эффективности экскаватора KOMATSU PC300 / В.Н. Кузнецова, В.В. Савинкин // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 3. – С. 9-12.

5. Васильев, Л.В. Развитие математического моделирования гидроагрегатов на основе применения элементов теории подобия / Л.В. Васильев // Приводная техника. – 2001. – № 1. – С. 30-43.

6. Seward D., Pace C., Morrey R., Sommerville I. Safety analysis of autonomous excavator functionality. Reliability Engineering & System Safety. –2000. – Т. 70. – № 1. – С. 29–39.

7. Основы научных исследований на компьютере : методические указания к курсу лабораторных работ / сост. В.А. Мещеряков. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2004. – 28 с.

8. Павлов, В. П. Моделирование на ЭВМ нагрузок в элементах гидромеханизмов произвольной структуры / В. П. Павлов // Транспортные средства Сибири : материалы междувуз. научно-практ. конф. с международн. участием. – Красноярск : ИТТ КГТУ, 1995. – С. 326–330.

Abstract. The current stage of development of processes of modeling systems characterized by an increase of functional saturation. Modeling work processes excavator hydraulic drive is a complex hierarchical task, as in the performance of technological operations of the excavator is necessary to record and analyze a large number of factors and parameters, dynamically changing over time. The article reflected the description of the developed complex systems of the pilot studies shovel energy efficiency through the integration of support virtual systems, has a wide range of functionality and reduces the complexity of carrying out experimental research.

Keywords. watching system, algorithm, resistance forces, kinematic couple.

References

1. Savinkin V.V. Development of energy efficiency theory shovel: Dis Dr. tehn. Sciences. - Omsk, 2016. - 390 p.

2. Perepelovsky V.V. Virtual Programming / V. V. Perepelovsky, N.R. Kirillov. - M. : ETU "LETI", 2000. - 64 p.

3. Lee S.U., Chang P.H. Control of a heavy-duty robotic excavator using time delay control with integral sliding surface. // Control Engineering Practice. –2002. – Т. 10. – № 7. – P. 697–711.

4. Kuznetsova V.N., Savinkin V.V. Justification criteria for evaluating the effectiveness of the excavator KOMATSU PC300 // Building and road machines. - 2014. - №3. - P. 9-12.

5. Vasiliev L. V. The development of mathematical modeling of hydraulic units on the basis of the elements of similarity theory // Drive technology. 2001. № 1. S. 30-43.

6. Seward D., Pace C., Morrey R., Sommerville I. Safety analysis of autonomous excavator functionality. Reliability Engineering & System Safety. –2000. – Т. 70. – № 1. – С. 29–39.

7. Basic research on the computer: guidelines for the course labs / Comp. V.A. Meshcheryakov. - Omsk: Publishing house SibADI, 2004. - 28 p.

8. Pavlov V. P. Simulation of loads on the computer in the elements of any structure gidromehanimov / VP Pavlov // Vehicles Siberia: materials Intercolle. Scient. Conf. with internationally. participation. - Krasnoyarsk. ITT KSTU, 1995. P. 326 -330.

Савинкин Виталий Владимирович (Петропавловск, Казахстан) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Транспорт и машиностроение» РГП ПХВ «СКГУ им. М. Козыбаева» (150000, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86, e-mail: cavinkin7@mail.ru).

Кузнецова Виктория Николаевна (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» (ЭСМиК) ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: dissovetsibadi@bk.ru).

Vitaly V. Savinkin (Petropavlovsk, Kazakhstan) – Candidate of Technical Sciences, the associate professor, the head of the department "Transport and mechanical engineering" RSE REM "SKGU of M. Kozubayev" (150000, Petropavlovsk, Pushkin St., 86, e-mail: cavinkin7@mail.ru).

Victoria N. Kuznetsova (Omsk, Russia) – the Doctor of Engineering, professor, professor of "Operation and Service of Transport Technological Machines and Complexes in Construction" chair (OSTTMC) FPE HE of "SIBADI" (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: dissovetsibadi@bk.ru).

РАЗДЕЛ V

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 658.5:622.279

МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕФТЯНОЙ КОМПАНИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ СБАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ

В.В. Бирюкова

ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет

Аннотация. В статье предложен методический подход к оценке и управлению эффективным функционированием вертикально-интегрированной нефтяной компании (ВИНК). Изложена концепция сбалансированного развития ВИНК как основа его эффективного развития. Разработана матрица оценки эффективности и конкурентоспособности бизнес-сегментов ВИНК и компании в целом.

Ключевые слова: экономическая эффективность, конкурентоспособность, результативность, инвестиции, программа, комплексная оценка, стоимость, сбалансированное развитие, устойчивое развитие.

Введение

Сбалансированное развитие субъектов топливно-энергетического комплекса служит важным условием уравновешенного перехода всей системы в новое качественное состояние, адекватное изменяющимся условиям внешней среды. Достижение сбалансированного развития должно сопровождаться одновременно достижением экономико-эколого-социальной устойчивости, экономическим ростом производственного аппарата, гибкости и инновационной активности предприятия. Проблема управления данным процессом во многом заключается в том, что несмотря на повышенное внимание научного сообщества к данному вопросу, сегодня сложились разные представления о критериях сбалансированного развития, и, соответственно, методологии оценки и формирования программ сбалансированного производственных систем.

В этих условиях прогнозирование сбалансированного развития и планирование программ развития топливно-энергетических систем осложняется отсутствием удовлетворительной методологии и разработанных на ее основе методик экономической оценки долгосрочных стратегий сбалансированного развития ее субъектов и отрасли в целом. Учитывая все это, сформирована задача исследования: разработка методологии и экономического инструментария оценки эффек-

тивности функционирования топливно-энергетических систем, ориентированных на достижение их сбалансированного развития.

Методический подход к формированию программы повышения эффективности функционирования бизнес-сегментов ВИНК

Управление инвестиционной деятельностью нефтяной компании в современных условиях связано с принятием сложных и дорогостоящих управленческих условий. Принципиальная сложность управления инвестиционной деятельностью винок обусловлена особенностями технологической цепочки винок «добыча - переработка – сбыт», наличием огромного количества разнородных проектов и конкурентных ограничений. Традиционно такие задачи на практике решаются по частям. Отдельный расчет эффективности инвестиционных проектов для бизнес-сегмента upstream и downstream, затем – ранжирование проектов по одному из критериев (например, по npv) с дальнейшим отсечением в соответствии со значением одного из имеющих ограничений. Затем процедура ранжирования и отсечения повторяется для каждого бизнес-сегмента и ограничений. Попытки решить задачи формирования программы повышения эффективности для всех ключевых бизнес-сегментов компании были и ранее, но предложенные экономико-математические инструментарии были не

удобны для эффективного управления в компании и в итоге формировали инвестиционный портфель, а не программу развития компании. В американском национальном стандарте по управлению проектами pmboк, разработанного институтом pmi (project management institute) принято такое определение программы – это ряд связанных друг с другом проектов, управление которыми координируется для достижения преимуществ и степени управляемости, недоступных при управлении ими по отдельности [7].

Основным руководствующим документом в области управления инвестициям в российской нефтяной промышленности выступают отраслевые методические рекомендации по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса в нефтяной промышленности (рд 39-01/06-0001-89), с редакцией от 10.11.2013 [6]. Но в них, как и в рассмотренных выше методиках оценки эффективности программ развития организаций не решен вопрос комплексной оценки программы повышения эффективности функцио-

нирования бизнес-сегментов компании, которая бы определяла эффективность всех планируемых проектов и учитывала при этом вопрос достижения сбалансированного развития всего винк [3]. Таким образом, сложная задача формирования комплексной программы повышения эффективности всего винк остается не решенной.

Для разработки методики обоснованного («правильного») формирования программы комплексного повышения эффективности бизнес-сегментов винк, учитывающей все существенные взаимосвязи в производстве, ограничения по ресурсам и принципы сбалансированного развития компании, необходимо создать концептуальную платформу для решения всех выявленных проблем, выстроить логическую схему методической их проработки. В таком качестве может выступить концептуальная модель процесса формирования портфеля инновационных программ повышения эффективности, представленная на рисунке 1. Разработанная модель основана на технологии последовательного перебора вариантов программ и включает в себя три этапа.



Рис. 1. Концептуальная модель формирования программы повышения эффективности бизнес-сегментов ВИНК на основе модели сбалансированного развития

На первом этапе формируются и обосновываются базовые предпосылки предложенной модели. Определяются критерии эффек-

тивности и конкурентоспособности бизнес-сегментов ВИНК, позволяющие провести сравнительный анализ компаний как на рос-

сийском рынке, так и оценить их конкурентное положение на мировой арене. Анализ помогает выявить разрывы в эффективности бизнес-сегментов. Для решения задачи повышения эффективного развития бизнес-сегментов нефтяной компании, необходимо уточнить понятийный аппарат и разработать концепцию сбалансированного развития ВИНК, учитывающую отраслевую специфику. С целью выбора комплексного показателя эффективности - критерии оценки «правильной» программы развития, необходимо провести критический анализ существующих методических подходов оценке программ и проектов и выявить проблемы их применения.

На втором этапе, формируется одна из главных составных частей модели – оценка эффективности бизнес-сегментов, дающая возможность комплексно оценить текущую конкурентоспособность функционирования ВИНК, выявить направления повышения конкурентоспособности и сформировать программу ее развития компании.

На третьем этапе происходит систематизация факторов, влияющих на эффективность ВИНК и группировка направлений повышения конкурентоспособности функционирования бизнес-сегментов нефтегазовой компании по классификационным признакам. Выявленные направления формализуются в проекты, которые в дальнейшем будут отбираться в программу развития компании. Завершается этап алгоритмом формирования программы повышения эффективности, в основе которого лежит учет отраслевых особенностей производственной деятельности бизнес-сегментов ВИНК, и факторов, влияющих на эту деятельность.

Таким образом, реализация модели формирования программы повышения эффективности интегрированных бизнес-сегментов интегрированной нефтегазовой компании позволит управлять ее эффективностью как в краткосрочный, так и в долгосрочный период.

Концептуальное видение процесса формирования сбалансированного развития ВИНК

Принцип сбалансированного, уравновешенного развития относится к принципам оптимизации, который был предложен в начале прошлого века В.Ф. Парето. Этот принцип с тех пор так и называется - "Парето-оптимизации" или "парето-улучшения" - и включают в себя индивидуальную оптимизацию, рыночную эффективность и социальный оптимум. Соблюдение условия сбалансированного развития позволяет поддерживать оптимальные пропорции между всеми факторами производства и дости-

гать наибольшую отдачу от их использования. Нарушение баланса приводит к снижению эффективности и нерациональному использованию экономических ресурсов.

При достижении общей экономической сбалансированности системы внутри ее часто возникают нерациональные соотношения – диспропорции, т. е. более или менее устойчивое соотношение, имеющее место в определенных условиях между процессами производства, характеризующееся несоответствием между взаимосвязанными элементами [2]. В связи с этим важно учитывать, что сбалансированность, с одной стороны, представляет собой эффективное состояние системы, при котором все ее элементы находятся в состоянии согласованности и взаимной дополняемости. Такая характеристика сбалансированного развития является статической. Динамическая характеристика отражает другую ее особенность, выраженную в стратегической направленности [4]. Поэтому, с другой стороны, сбалансированным способом, обеспечивающим достижение и поддержание установленных соотношений в течение определенного периода времени. В такой трактовке сбалансированное развитие следует рассматривать в качестве методологической основы формирования механизмов управления эффективностью такой сложной системы как вертикально-интегрированная нефтяная компания.

Можно выделить следующее ключевые системообразующие элементы управления, существующие в современных условиях и связанные с управлением сбалансированным развитием организаций:

- формирование и поддержание баланса в распределении всех видов ресурсов в условиях возникающих отклонений в бизнес-процессах;

- целенаправленное, системное и непрерывное внесение корректив в бизнес-процессы для их нормализации в условиях изменений бизнес-среды;

- поддержание баланса между натуральными и финансовыми потоками с помощью управляющих воздействий, реализующих управленческие решения, вырабатываемые на основе информационных потоков с помощью специальных технологий.

Ввиду важности обеспечения сбалансированного развития компании необходима разработка адекватной комплексной политики, а также систематическая реализация соответствующих мероприятий. При этом к числу основных вопросов относится выработка

критериев, с помощью которых будет оцениваться степень сбалансированного развития предприятия.

Инструментарий комплексной оценки эффективности ВИНК

В рамках неоклассической теории сложилось упрощенное представление о цели деятельности фирмы как максимизации прибыли, с критикой которого одним из первых выступил американский ученый Саймон Г. В качестве альтернативы он предложил использовать поведенческую модель и концепцию удовлетворенности агентов. В настоящее время данная концепция стала часто применяться в качестве основы при комплексной оценке эффективности компании.

По нашему мнению, важнейшей стратегической целью управления ВИНК является увеличение результативности, которая характеризует капитализацию за счет добычи, переработки и реализации нефти и нефтепродуктов. При этом необходимо учитывать какой ценой была добыта нефть в сегменте Upstream, переработана и реализована нефть и нефтепродукты в сегменте Downstream, то есть какова средняя стоимость дополнительного пункта роста капитализации (экономичность). В связи с этим для оценки эффективности программы повышения эффективности необходимо знать результативность и экономичность бизнес-сегмента, а процесс управления эффективностью ВИНК и ее бизнес-сегментов важно ориентировать на достижение роста капитализации при минимальных средних операционных затратах. В данном подходе заключен дуализм управления программой повышения эффективности компании – нахождение баланса между стратегической и операционной эффективностью компании.

На ценовую динамику акций в кратко- и среднесрочном периоде оказывает влияние состояние отрасли компания и рынка в целом, изменение рыночных ожиданий сильнее влияют на цену акций нежели сами результаты деятельности компании как таковые. Поэтому стоимость компании на фондовом рынке необходимо увязать с определенным показателем внутренней стоимости, основанном на фундаментальных факторах и отражающем то, каким образом и какими средствами менеджмент может создавать стоимость для владельцев предприятия. Анализ таких фундаментальных факторов позволил определить ключевые факторы, влияющие на капитализацию ВИНК: обеспечение устойчивого развития и сбалансированность производственных процессов в бизнес-сегментах ВИНК [1].

Проведенный анализ производственных факторов подтвердил гипотезу о наличии высокой степени зависимости капитализации ВИНК от уровня его сбалансированного развития и экономичности производственных процессов [5]. Таким образом, можно выделить два рычага повышения стоимости (результативности) ВИНК, которые относятся к параметрам сбалансированного развития компании:

1) обеспечение устойчивого развития компании в инновационном векторе;

2) достижение сбалансированного роста бизнес-сегментов, определяемых исходя из эталонных соотношений темпов роста производственных, социальных и эколого-экономических показателей бизнес-сегментов.

Результативность можно рассматривать как показатель способности системы достигать те или иные значения относительно средние рыночных. Чем выше значение – тем лучше. Под результативностью ВИНК будем понимать те компании, которые смогли добиться фактического прироста показателя сбалансированного развития по отношению к своим результатам предыдущего года в относительном выражении не ниже, чем в среднем по отрасли, или больше.

Работа по разведке, добыче, переработке, транспортировке и реализации нефтепродуктов требует расхода ресурсов, которые нефтяная компания несет в значительных масштабах; на их величину существенно влияют географическая удаленность, климатические и иные особенности. Размер этих расходов определяет экономичность деятельности компании, которая указывает на объем затраченных ресурсов, для достижения результата (затраты на одну тону добытой нефти, переработанной и реализованной нефти – удельные затраты по каждому бизнес-сегменту).

Экономичность характеризует способность системы (организации, бизнес-сегмента) рационально расходовать ресурсы, необходимые для достижения цели, и измеряется количеством ресурсов, затраченных на единицу результата. Чем выше значение – тем хуже. При сравнения со среднерыночными значениями целесообразно говорить о достигнутой экономичности, как о соотношении фактических данных и рыночных. Экономичными интегрированными бизнес-сегментами являются те, которые для прироста показателя результативности по основной деятельности по отношению к своему результату предыдущего года смогли обес-

печить уровень расходов по основной деятельности такой же, как в среднем по отрасли (группе нефтяных компаний рейтинга), или ниже. И наоборот, нефтяные компании, расходы по основной деятельности которых был выше, чем в среднем по группе, являются неэкономичными.

Помимо оценки бизнес-сегментов относительно друг друга по результативности, важно установить характер причин, обуславливающих формирование сложившегося уровня конкурентоспособности: за счет каких источников он был достигнут. Для этого нефтегазовые компании распределяются по квадрантам в матрице конкурентоспособности, которая представлена ниже (рис. 2), согласно величинам результативности и экономичности, определяющих их совокупную конкурентоспособность.

Квадрант I. В него попадут те ВИНК, которые являются эффективными, ибо у них высокая результативность и высокая экономичность. Капитализация выросла по плану, или превысила его; совокупные расходы при этом были меньше

запланированной величины, что означает экономию бюджета.

Квадрант II. В нем окажутся те ВИНК, которые являются результативными, но недостаточно экономичными. У них хорошая результативность, ибо у них капитализации выросла по плану, или превысила его. Совокупные расходы при этом были выше запланированной величины, что означает перерасход бюджета.

Квадрант III. В нем будут расположены те ВИНК, которые являются неэффективными, ибо у них низкая результативность и низкая экономичность. Рост капитализации оказался ниже запланированного, и при этом совокупные расходы оказались выше запланированной величины, что означает перерасход ресурсов на единицу результата.

Квадрант IV. В нем будут те ВИНК, которые являются экономичными, но недостаточно результативными. Совокупные расходы оказались меньше запланированной величины, что означает экономию ресурсов на достижение результата, а рост капитализация при этом оказался ниже запланированного.



Рис. 2. Матрица эффективности и конкурентоспособности ВИНК и ее бизнес-сегментов

Эти положения стали исходными для разработки методики комплексной оценки программы повышения эффективности интегрированных бизнес-сегментов нефтегазовой компании.

Апробация предложенной методики

Рассмотрим результаты, полученные в рамках анализа оценки эффективности дея-

тельности российских и зарубежных ВИНК за период 2011-2015 гг. с целью характеристики их эффективности и конкурентоспособности. Выдвинутая гипотеза «сбалансированное развитие ВИНК обуславливает капитализацию компании» подтверждена выполненными расчетами, корреляция составляет более 82% (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1

**Характеристика сбалансированного развития бизнес-сегментов
отечественных и западных нефтегазовых компаний и их капитализация в 2015 году**

Компания	Индекс сбалансированного развития			Капитализация, млрд. долл.
	Компании	Upstream	Downstream	
Exxon Mobil Corporation	0,55	0,43	0,43	417,2
BP p.l.c.	0,42	0,52	0,52	119,0
Royal Dutch Shell plc	0,46	0,46	0,46	112,0
TOTAL S.A.	0,47	0,47	0,47	227,0
Chevron Corporation	0,41	0,41	0,41	200,6
ОАО «Газпром»	0,30	0,30	0,25	98,0
ОАО «НК «Роснефть»	0,33	0,33	0,18	85,8
ОАО «ЛУКОЙЛ»	0,35	0,35	0,30	55,1
ОАО «ТНК-ВР Холдинг»	0,34	0,39	0,24	38,2
ОАО «Сургутнефтегаз»	0,32	0,35	0,20	36,5
ОАО «Газпром нефть»	0,31	0,36	0,31	23,6
ОАО «Татнефть»	0,37	0,39	0,22	7,7
ОАО АНК «Башнефть»	0,23	0,23	0,30	7,7
ОАО «НОВАТЭК»	0,33	0,35	0,21	30,7
Средний уровень по России	0,46	0,35	0,26	42,57
Средний уровень по западным компаниям	0,89	0,71	0,90	215,2

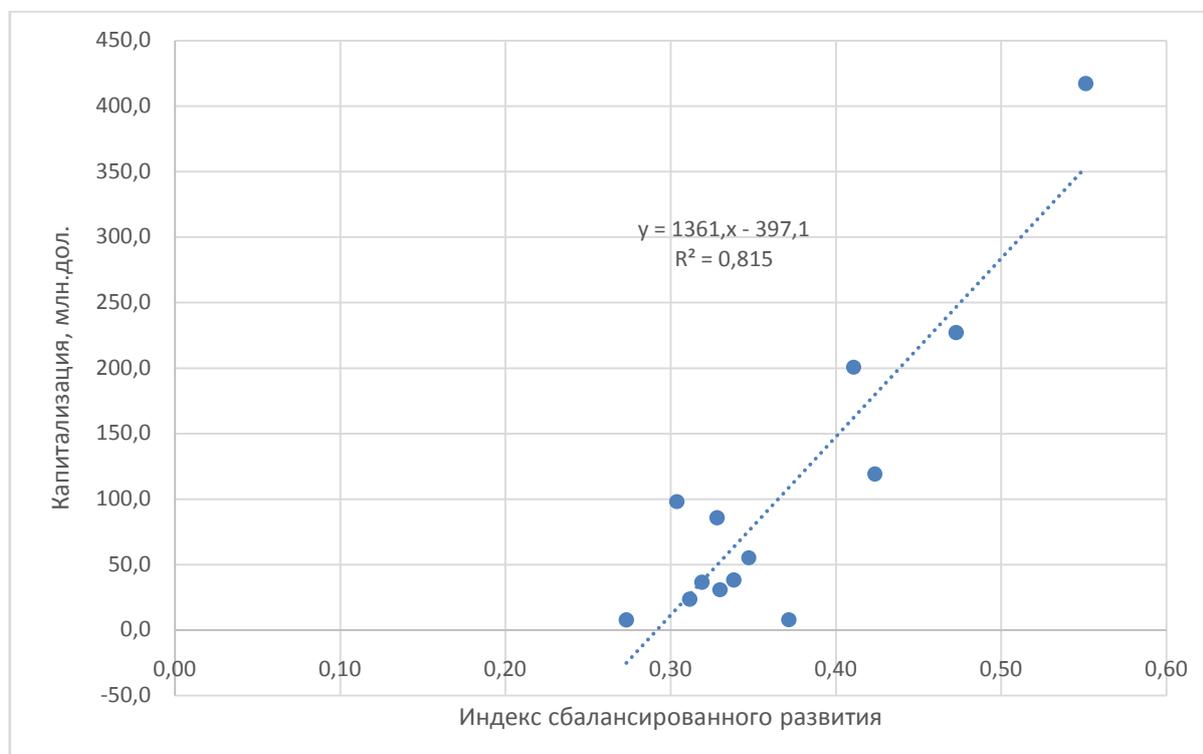


Рис. 3. Корреляция капитализации ВИНК и индекса сбалансированного развития

Полученные результаты (рис. 3) подтверждают возможность применения модели сбалансированного развития в качестве оценки капитализации ВИНК. Менеджеры компаний с помощью предложенной методики комплексной оценки программы повышения эффективности компании могут прогнозировать и управлять капитализацией компаний, что очень важно для обеспечения сбалансированного подхода к ее управлению.

Эффективность интегрированной нефтегазовой компании как системы обусловлена степенью эффективности составляющих ее бизнес-сегментов. Анализ эффективности 9

ведущих по капитализации российских ВИНК на международном рынке показал их отставание от ведущих западных компаний - ExxonMobil, BP, Royal Dutch Shell, Total, Chevron. Западные ВИНК находятся в 1 квадранте «результативные и экономичные». Нерезультативными, но экономичными оказались – ОАО «Новатек», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «ТНК-ВР», ОАО «Роснефть». ОАО «Газпром нефть», ОАО «Татнефть» оценены как нерезультативные и неэкономичные (рис. 4). ОАО «Башнефть» вошло в зону результативных компаний, но не экономичных.

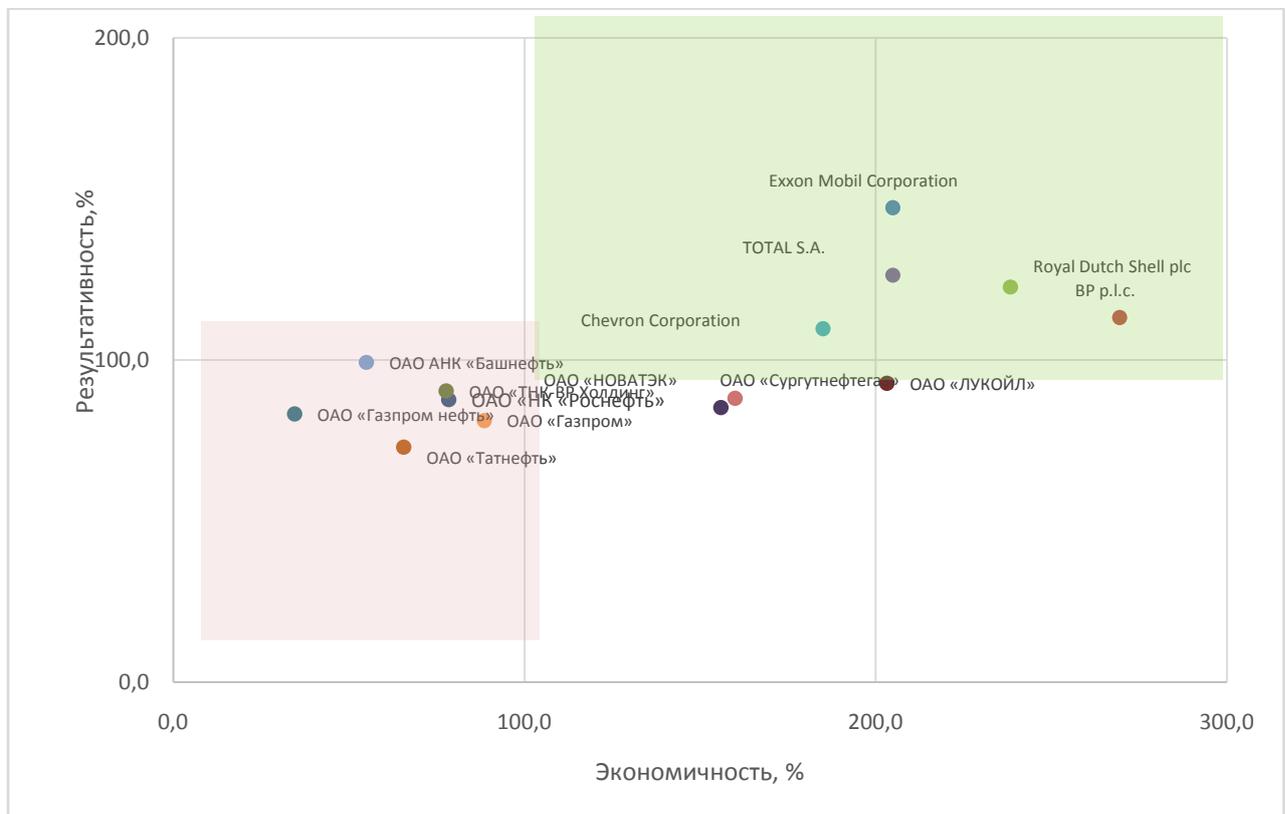


Рис. 4. Матрица эффективности и конкурентоспособности российских и западных ВИНК

В бизнес-сегменте Upstream российские компании более конкурентоспособны по экономичности, но отстают по сбалансированному развитию. ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «Газ-

пром», ОАО «Новатек», ОАО «Роснефть», ОАО «Газпром нефть», ОАО «Лукойл», ОАО «ТНК-ВР» характеризуются как экономичные, но не сбалансированные (рис. 5).

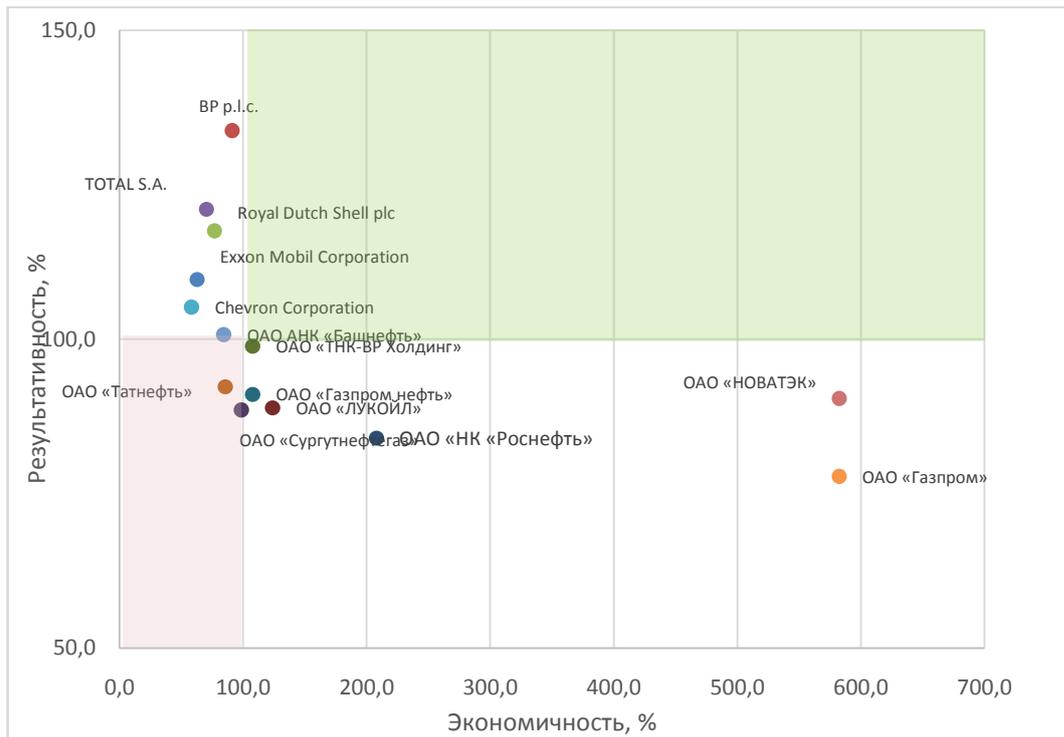


Рис. 5. Матрица эффективности и конкурентоспособности бизнес-сегмента Upstream российских и западных ВИНК

В бизнес-сегменте Downstream российские ВИНК полностью уступают западным, попадая в квадрант 3 – несбалансированные в развитии,

не экономичные. Только ОАО «Лукойл» находится на грани перехода из зоны «не сбалансированное развитие, экономичные» (рис. 6).

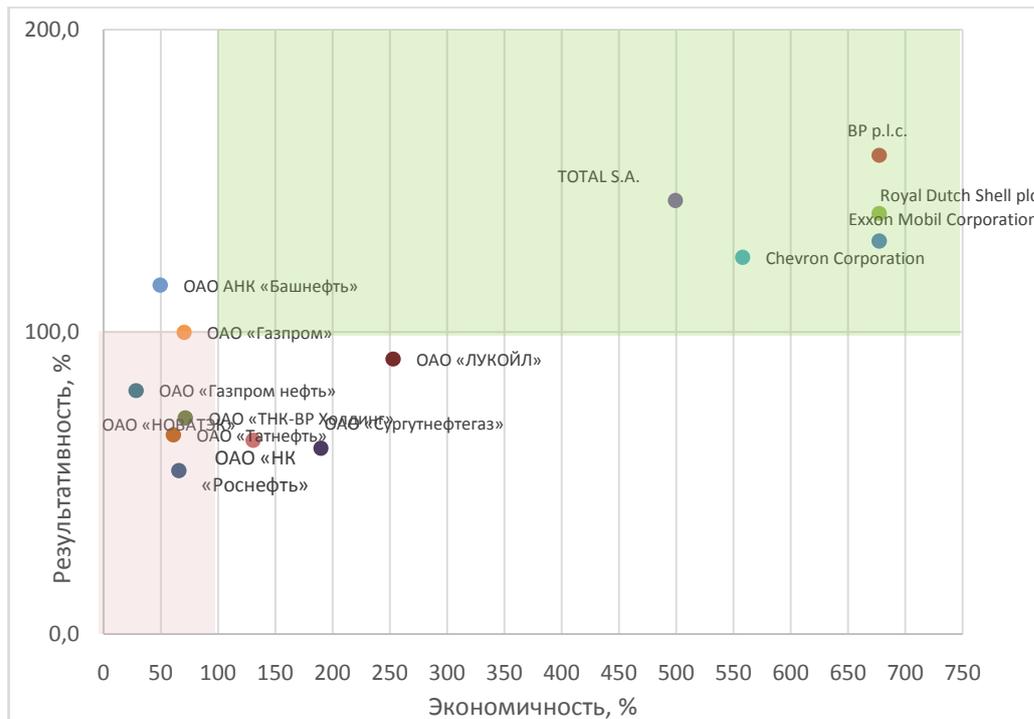


Рис. 6. Матрица эффективности и конкурентоспособности бизнес-сегмента Downstream российских и западных ВИНК

Низкая конкурентоспособность российских ВИНК на международном рынке в большей степени обуславливается их отставанием как по степени сбалансированного развития, так и по удельным операционным затратам в бизнес-сегменте Downstream. Компания ОАО «Лукойл» наиболее близка к среднемировому уровню по степени сбалансированного развития (95%) и обладает конкурентным преимуществом по затратам (работая в 2 раза более экономичнее, чем анализируемые компании на рынке).

Заключение

Предложенная методика комплексной оценки программы развития компании позволит сформировать стратегию ее сбалансированного развития. Анализ результатов использования разработанной методики свидетельствуют о необходимости формирования программ развития ВИНК, направленных на повышение уровня сбалансированного развития и снижение операционных затрат. Реализация программы развития российских ВИНК на основе применения модели сбалансированного развития позволит достичь гармоничного состояния в долгосрочной перспективе как нефтегазовой отрасли, так и региона в целом.

Библиографический список

1. Бирюкова, В.В. Устойчивость развития нефтяных компаний России / Бирюкова В.В. // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 3. С. 92-98.
2. Буренина, И.В. Производственный менеджмент : учебн. пособие / И.В. Буренина, И.М. Захарова. – Уфа : УГНТУ, 2010. – 216 с.
3. Бирюкова, В.В. Управление сбалансированным развитием предприятий нефтяной промышленности / В.В. Бирюкова // Вестник СибАДИ. – 2016. – № 1 (47). – С. 87-94.
4. Бирюкова, В.В. Методические основы построения концепции сбалансированного развития нефтяной компании // Евразийский юридический журнал. – 2016. – № 2 (93). – С. 352-354.
5. Бирюкова, В.В. Факторы устойчивого развития нефтяной компании / В.В. Бирюкова // Наукосведение. – 2014. – № 5. – С. 93.
6. Плосконосова, В.П. Организационно-экономические аспекты управления развитием промышленного предприятия / В.П. Плосконосова, В.В. Бирюкова // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета. – 2006. – № 3. – С. 111-118.
7. Севостьянова, Е.В. Конкурентоспособность российской экономики (теория, практика, траектория изменений и пути повышения) : учебное пособие / Е.В. Севостьянова, Е.В. Романенко, М.Г. Карпенко, Е.П. Плосконосова, С.А. Мороз,

В.В. Бирюкова, В.Н. Меньков. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2005. – 242 с

8. Project management Institute. A guide to the project management body of knowledge. Pennsylvania: Project Management Institute; 2004.

Abstract. In the article the methodical approach to the evaluation and control of efficiency of functioning of vertically integrated oil companies. The concept of balanced development of vertically integrated oil companies as a basis for effective development. Developed a matrix for assessing the efficiency and competitiveness of vertically integrated companies and its business segments

Key words: manufacturing strategy, environment factors, gas industry, estimation factors.

References

1. Biryukova V.V. Stability of developing oil companies of Russia. Vestnik SibADI 2015. № 3. p. 92-98.
2. Burenina IV, Zakharov IM Production management: training manual. -Ufa: UGNTU, 2010 – 216 P.
3. Biryukova V.V. Management of the balanced development of the enterprises of oil industry / Biryukova V.V. // Vestnik SibADI .2016. № 1 (47). p. 87-94.
4. Biryukova V.V. Methodological bases of conceptualization of the balanced development of an oil company// Eurasian law journal, 2016. № 2 (93). p. 352-354.
5. Biryukova V.V. Factors of sustainable development of an oil company//Interneer-Jornal Naukovedenie. 2014. № 5. p. 93.
6. Ploskonosova E.P., Biryukova V.V. Organizational and economic aspects of development management industrial enterprises // Vestnik of the Russian State Trade and Economic University. 2006. № 3. p. 111-118.
7. Sevostyanova EV, Romanenko EV, Karpenko MG, Ploskonosova EP, SA Moroz, VV Biryukov, Men'kov VN The competitiveness of the Russian economy (the theory, practice, the trajectory changes and ways to increase) / textbook / Siberian State Automobile and Highway Academy. Omsk, 2005
8. Project management Institute. A guide to the project management body of knowledge. Pennsylvania: Project Management Institute; 2004.

Бирюкова Вера Витальевна (Россия, г. Уфа) – кандидат экономических наук, доцент Уфимского государственного нефтяного технического университета. (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов 1, e-mail: v.birukova@yandex.ru).

Burikova Vera Vitalyevna (Russian Federation, Ufa) – candidate of economic sciences, the associate professor of the Ufa state oil technical university. (450062, Republic of Bashkortostan, Ufa, Kosmonavtov St. 1, e-mail: v.birukova@yandex.ru).

УДК 658.5:622.279

ВЫЯВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ СТРАТЕГИЮ ГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

И.В. Буренина, Г.Т. Сиргалина

ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа, Россия

Аннотация. В статье описана актуальность исследования влияния факторов внешней среды на производственную стратегию газодобывающего предприятия. Представлена классификация факторов, дана их характеристика. Разработана матрица оценки влияния факторов по 5-ти бальной шкале и произведена апробация предложенной матрицы ранжирования.

Ключевые слова: производственная стратегия, факторы внешней среды, газовая промышленность, матрица оценки.

Введение

Газовая промышленность – крупнейший сегмент российской экономики и мировой системы энергообеспечения. Разработка газовой стратегии призвана обеспечить возрастающие потребности экономики страны в энергетических ресурсах, оптимизировать структуру производства и потребления топливно-энергетических ресурсов, повысить энергоэффективность экономики и энергетики, содействовать укреплению международной, национальной и региональной энергетической безопасности [2]. Производственная стратегия газодобывающего предприятия представлена в виде долгосрочной программы конкретных действий по добыче и реализации углеводородов [3].

При разработке производственной стратегии особое внимание уделяется соответствию стратегии стратегическим целям организации. При этом компании не учитывают влияние раз-

личных факторов при разработке и реализации производственной стратегии. Однако, меняющаяся политическая и экономическая обстановка в России и в мире говорит о необходимости их учета, чем обусловлена актуальность проведения исследования [2].

Факторы, влияющие на производственную стратегию газодобывающего предприятия

Производственная деятельность является основной функцией предприятия, так как в процессе производства создается продукт, реализация которого приносит прибыль. По этой причине очень важным вопросом является выявление и оценка факторов, влияющих на стратегию.

В результате исследования выявлены и оценены факторы, влияющие на производственную стратегию газодобывающего предприятия.

Таблица 1

Классификация факторов, влияющих на производственную стратегию предприятия

Группа факторов	Наименование фактора	Характеристика
1	2	3
Отраслевые	Условия и глубина залегания газа	-сеноманские залежи (1000-1700 м)
		-валанжинские залежи(1700-3200м)
		-ачимовские залежи (4000 м)
	Пропускная способность газотранспортной системы	Мощность, млрд. куб.м. в год
	Величина запасов газа	-уникальные – от 5 трлн. куб.м.; -крупнейшие – 1– 5 трлн. куб.м ; -крупные – 100– 1000 трлн. куб. м.; -средние – 10– 100 трлн. куб.м; -мелкие – до 10 млрд. куб.м.
	Географические особенности регионов	-Европейский регион -Западная Сибирь -Восточная Сибирь - Дальний Восток

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Окончание табл. 1

1	2	3
Природно-экологические	Экологическая безопасность	Соответствие стандартам ИСО
Политико-правовые	Государственное регулирование	определение стратегических целей развития экономики и их выражение в различных целевых программах
Экономические	Цена на газ	Стоимость газа на внешнем рынке
	Инфляция	Темпы роста инфляции
-	Поставщики	Стоимость и качество поставляемых ресурсов
-	Потребители	Объемы поставок газа
-	Конкуренты	-Доля рынка и качество предлагаемой ими продукции -Наличие технологий
-	Развитие альтернативных источников энергии	-доля в ТЭК

Для оценки факторов предлагаю применять шкалу от 1 до 5. Шкала вводится для того чтобы привести все факторы к одной единице измерений.

Рассмотрим критерии оценки каждого фактора.

Таблица 2

Матрица оценки влияния фактора на производственные показатели

Фактор	Бальные значения степени влияния				
	1	2	3	4	5
Условия и глубина залегания газа	Δ100 м	Δ100-500 м	Δ500-1000 м	Δ1000- 1500 м	Δ более 1500 м
Пропускная способность газотранспортной системы	Δ 10 млрд. м ³	Δ 10-20 млрд. м ³	Δ 20-30 млрд. м ³	Δ 30-40 млрд. м ³	Δ более 40 млрд. м ³
Величина запасов	Δ до 10 млрд. м ³	Δ 10– 100 млрд. м ³	Δ 100– 500 млрд. м ³	Δ 500– 1000 млрд. м ³	Δ более 1000 млрд. м ³
Географические особенности регионов	Хорошие погодные условия, развитая инфраструктура	Хорошие погодные условия, неразвитая инфраструктура	Плохие погодные условия, развитая инфраструктура	Плохие погодные условия, неразвитая инфраструктура	Плохие погодные условия, отсутствует инфраструктура
Экологическая безопасность	Полностью соответствует стандартам	Частично не соответствует стандартам	Частично не соответствует стандартам	Не соответствует в большей мере	Абсолютно не соответствует
Государственное регулирование	Сохранение ставки НДС и тарифов на транспортировку на прежнем уровне	Изменение тарифов на транспортировку и сохранение ставки НДС на прежнем уровне	Изменение только ставки НДС и сохранение тарифов на прежнем уровне	Не значительные изменения одновременно ставки НДС и тарифов на транспортировку	Существенное изменение одновременно ставки НДС и тарифов на транспортировку
Цена на газ	Δ 10 \$	Δ 10-50 \$	Δ 50-100 \$	Δ 100-150 \$	Δ более 150 \$
Инфляция	Δ до 4%	Δ 4-6 %	Δ 6-10%	Δ 10-15%	Δ более 15 %
Поставщики	Δ до 5 шт.	Δ 5-10 шт.	Δ 10-15 шт.	Δ 15-20 шт.	Δ более 20 шт.
Потребители	Δ до 10 млрд. м ³	Δ 10-50 млрд. м ³	Δ 50-100 млрд. м ³	Δ 100-150 млрд. м ³	Δ более 150 млрд. м ³
Конкуренты	Δ до 5 %	Δ 5-10 %	Δ 10-15 %	Δ 15-20 %	Δ более 20 %
Развитие альтернативных источников энергии	Δ 3%	Δ 3-7%	Δ 7-15%	Δ 15-20%	Δ более 20%

В качестве критерия оценки фактора условия и глубина залегания выступает прирост запасов. Если прирост запасов незначительный, то сила влияния фактора на показатели деятельности предприятия слабая.

Для оценки фактора пропускная способность газотранспортной системы в качестве критерия оценки выступает мощность газопровода. В зависимости от увеличения мощности газопровода, т.е. увеличения способности транспортировать определенное количество газа, зависит объем транспортировки. Если пропускная способность увеличивается, то сила влияния фактора также увеличивается.

Для оценки фактора величина запасов критерием выступает прирост запасов. Чем больше прирост запасов на разрабатываемых месторождениях, тем больше объем добычи и тем выше сила влияния на ключевые показатели деятельности предприятия.

В качестве критерия оценки фактора географические особенности регионов выступают условия расположения залежей полезных ископаемых. Т.е. температура, продолжительность зимних периодов, инфраструктура, что существенно скажется на методах технологиях добычи и транспортировке. Если предприятие разрабатывает месторождения в тяжелых погодных условиях и отсутствует инфраструктура, то сила влияния этого показателя сильная, следовательно, данный фактор необходимо учитывать.

В качестве критерия экологическая безопасность выступает соответствие допустимого уровня негативного воздействия на окружающую среду стандартам ИСО. Т.е. придерживаются ли предприятия общепринятым стандартам, использует ли общепринятые меры безопасности.

В качестве критерия оценки фактора государственное регулирование рассматривается ставка НДС и тарифы на транспортировку. Если государственное регулирование в ближайшее время не собирается изменяться, то

сила влияния данного фактора не значительное.

В качестве критерия фактора цены на газ берется возможное изменение цен в долларовом эквиваленте. Чем больше изменение цены на рынке газа, тем сильнее влияние, которое оно оказывает на показатели предприятия и, следовательно, на саму стратегию.

Для оценки фактора инфляция рассматривается возможное изменение темпов роста инфляции. Чем больше изменение, тем выше сила влияния данного фактора на показатели деятельности предприятия.

Критерием выбора фактора поставщики является возможное изменение количества поставщиков на рынке. Если число поставщиков значительно увеличится, то это окажет существенное воздействие на разработку стратегии.

В качестве критерия оценки фактора конкуренты выступает прирост доли рынка, которую они занимают на рынке газа. Если доля рынка конкурентов увеличивается, то сила влияния фактора возрастает.

В качестве оценки фактора развитие альтернативных источников энергии выступает прирост доли АЭИ в ТЭК. При увеличении доли использования альтернативных источников энергии может произойти снижение потребления газа странами мира.

На факторы, сила влияния которых от трех и более баллов, следует обратить внимание, т.к. они оказывают сильное влияние на деятельность предприятия.

Далее определяется взаимосвязь влияния факторов на производственные показатели деятельности предприятия.

Если сила влияния фактора больше 3 баллов, то данный фактор следует учитывать при разработке стратегии. При силе влияния фактора меньше 3 баллов можно не обращать внимание на фактор, т.к. в данный период времени он оказывает не сильное воздействие на предприятие.

Таблица 3

Взаимосвязь влияния внешних факторов на показатели

Факторы	Показатели			
	Объем добычи	Прибыль	Себестоимость	Доля рынка
Условия и глубина залегания	+	+	+	
Пропускная способность газотранспортных сетей		+	+	
Величина запасов	+	+		+
Географические особенности регионов	+	+	+	
Экологическая безопасность			+	
Государственное регулирование		+	+	+
Цена на газ		+		
Инфляция		+	+	
Поставщики			+	
Потребители	+	+		
Конкуренты		+		+
Развитие АИЭ	+	+		+

Большое количество факторов оказывают влияние на каждый показатель деятельности предприятия. Однако оценив силу влияния каждого фактора, можно отбросить те факторы, которые оказывают не существенное воздействие.

Апробация предложенной матрицы ранжирования

Предлагаемый механизм апробирован на примере предприятия ООО «Газпром добыча Ямбург».

Этап 1. Выбор сегмента технологической цепочки. Основной вид деятельности предприятия ООО «Газпром добыча Ямбург» – добыча газа, газового конденсата, следовательно, выбираем сегмент добыча.

Этап 2. Выявление и оценка внешних факторов.

Согласно табл. 2 оценена сила влияния каждого фактора на показатели деятельности предприятия.

Таблица 4

Матрица оценки влияния фактора на производственные показатели

Фактор	Бальные значения степени влияния				
	1	2	3	4	5
Условия и глубина залегания газа	100 м	-	-	-	-
Пропускная способность газотранспортной системы	-	-	25 млрд. м ³	-	-
Величина запасов	-	-	26,3 млрд. м ³	-	-
Географические особенности регионов	-	-	+	-	-
Экологическая безопасность	+	-	-	-	-
Государственное регулирование	-	+	-	-	-
Цена на газ	-	-	56 \$	-	-
Инфляция	1,65 %	-	-	-	-
Поставщики	-	8 шт.	-	-	-
Потребители	-	13,2 млрд. м ³	-	-	-
Конкуренты	2%	-	-	-	-
Развитие альтернативных источников энергии	1-3%	-	-	-	-

Предприятие разрабатывает два крупных месторождения Заполярное и Ямбургское. На месторождении газ добывается с сеноманских и валанжинские залежей. Сила влияния данного фактора равна 1 баллу, данный фактор можно не учитывать при разработке стратегии. Прирост мощности ожидается на 25 млрд. м³ Влияние данного фактора составляет 2 балла. Сила влияния слабая, фактор можно не учитывать.

ООО «Газпром добыча Ямбург» обладает уникальными запасами газа, расположенными на Ямбургском и заполярном месторождениях. Суммарный прирост запасов на данных месторождениях составил 26,3 млрд. м³. Сила влияния равна 3, фактор следует учитывать.

Ямбургское месторождение расположено в тундровой зоне, для которой характерно повсеместное и почти сплошное распространение многолетнемерзлых пород (ММП), при этом инфраструктура развита. Влияние данного фактора оценивается в 3 балла.

На предприятии внедрена и используется система экологического менеджмента в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 14001:2004 (ГОСТ Р ИСО 14001–2007). Система экологического менеджмента результативна и соответствует

законодательным и другим требованиям. Значимый экологический аспект ООО «Газпром добыча Ямбург» — выбросы метана в атмосферный воздух.

Установлены тарифы на транспортировку с 2016-2018 г. Ожидается изменение тарифов на транспортировку. Ставка НДС установлена в размере 788 рублей (начиная с 1 января 2015 года).

Ожидается существенное изменение цены на газ, что окажет сильное воздействие на показатели предприятия.

Прирост инфляции в РФ на 2015 год составил 1,65 %. В 2015 году темп инфляции составил 12,91% против 11,36 % в 2014 году. Следовательно, сила влияния равна 1 баллу, на данный фактор не следует обращать внимание.

Прирост объемов потребления газа странами ближнего и дальнего зарубежья в 2014 году составили 13,2 млрд. куб. м. Данный фактор оказывает слабое влияние на показатели деятельности предприятия, т.к. сила влияния фактора потребитель оценивается в 2 баллов.

На внутреннем рынке, помимо Газпрома, существует ряд других компаний, таких как «Лукойл», «Роснефть» и «Новатэк». В на-

стоящее время они достаточно быстро развиваются (13% в общем объеме российской добычи газа), однако обладая монополией на инфраструктуру, Газпром фактически контролирует всех конкурентов внутри России и стремится избежать либерализации газовой отрасли в нашей стране. Прирост добычи конкурентов незначительный, 2 % в общей структуре. Сила влияния данного фактора оценивается в 1 балл.

Поставщики для группы предприятий Газпром выбираются на конкурсной основе, следовательно, из большого числа возможных поставщиков выбираются те, которые соответствуют отраслевым стандартам и отличились надежностью оказываемых работ и услуг. Следовательно, влияние данного фактора оценивается в 1 балл.

Заключение

Предлагаемое ранжирование, позволяет определить какие факторы внешней среды предприятию стоит учитывать для разработки эффективной производственной стратегии. И насколько сильно каждый фактор оказывает воздействие на данный момент времени.

Библиографический список

1. Буренина, И.В. Система единых показателей оценки эффективности деятельности вертикально-интегрированных нефтяных компаний / И.В. Буренина, В.А. Варакина // *Науковедение*. – 2014. – № 1 (20). – С. 6.
2. Буренина, И.В. Построение сценариев планирования деятельности нефтегазодобывающего предприятия с учетом факторов внутренней и внешней среды / И.В. Буренина // *Записки горного института*. – 2011. – С. 232-235.
3. Евтушенко, Е.В. Экономика нефтегазового комплекса : учебное пособие / Е.В. Евтушенко. – Уфа : Нефтегазовое дело. – 2010. – 541 с.
4. Тасмуханова А.Е. Особенности использования моделей стратегического менеджмента на предприятиях газовой отрасли / А.Е. Тасмуханова А.Е., Юсупова Р.В. // *Экономика и бизнес: теория и практика*. – 2016. – № 2. – С. 119-122.
5. Тасмуханова, А.Е. Оценка рисков при планировании деятельности нефтегазодобывающих предприятий : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Уфимский научный центр Российской академии наук. – Уфа, 2006.
6. Бирюкова, В.В. Устойчивость развития нефтяных компаний России / В.В. Бирюкова // *Вестник СибАДИ*. – 2015. – № 3. – С. 92-98.
7. Севостьянова, Е.В. Конкурентоспособность российской экономики (теория, практика, траектория изменений и пути повышения) : учебное пособие / Е.В. Севостьянова, Е.В. Романенко, М.Г. Карпенко, Е.П. Плосконосова, С.А. Мороз, В.В. Бирюкова, В.Н. Меньков ; Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия. – Омск, 2005.
8. Бирюкова, В.В. Управление сбалансированным развитием предприятий нефтяной промышленности / В.В. Бирюкова // *Вестник СибАДИ*. – 2016. – № 1 (47). – С. 87-94.

Abstract. The relevancy of the influence research of the environment factors on the manufacturing strategy of the gas producing enterprise is presented in the article. Factor classification and their characteristics are given here. Matrix of the factor influence estimation is developed per 5-point score and the approbation of the offered ranking matrix has been made.

Key words: manufacturing strategy, environment factors, gas industry, estimation factors.

References

1. Burenina I.V, Varakina V.A. The single indicator system of performance assessment of vertically integrated oil enterprises/ Burenina I.V, Varakina V.A. Internet- journal *Naukovedenie*. no 1, 2014. (20). p. 6.
 2. Burenina I.V. Building a scenario planning oil and gas companies according to factors external and internal environment. Burenina I.V. *Electronic scientific journal Notes of the Mining Institute*.- 2011.pp.232-235.
 3. Evtushenko, E. V. Economy oil and gas industry: educational posobie.- Ufa Petroleum Engineering, 2010. p. 541
 4. Tasmuhanova A.E., Yusupova R.V. Especially the use of Models of Strategic Management at the Enterprise Gas Industry. *Economy & Business: Theory and Practice*. 2016. no 2. pp. 119-122..
 5. Tasmuhanova AE Risk assessment in the planning of the activities of oil and gas companies. AE Tasmuhanova . Abstract of dissertation for the degree of Candidate of Economic Sciences . Ufa Scientific Center, Russian Academy of Sciences. Ufa, 2006.
 6. Biryukova V.V. Stability of developing oil companies of Russia. *Vestnik SibADI* 2015.no 3. pp. 92-98.
 7. Sevostyanova EV, Romanenko EV, Karpenko MG, Ploskonosova EP, SA Moroz, VV Biryukov, Men'kov VN The competitiveness of the Russian economy (the theory, practice, the trajectory changes and ways to increase) textbook / Siberian State Automobile and Highway Academy. Omsk, 2005.
 8. Biryukova V.V. Management of the balanced development of the enterprises of oil industry. Biryukova V.V. *Vestnik SibADI* 2016. no 1 (47). pp. 87-94.
- Буренина Ирина Валерьевна (Уфа, Россия) – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры Экономика и управление на предприятии нефтяной и газовой промышленности ФГБОУ ВО «УГНТУ» (450062, г.Уфа ул. Кольцевая 8, каб.214, e-mail: iushkova@yandex.ru).*
- Сиргалина Гульназ Тагировна (Уфа, Россия) – ассистент кафедры Экономика и управление на предприятии нефтяной и газовой промышленности ФГБОУ ВО «УГНТУ» (450062, г.Уфа ул. Кольцевая 8, каб.104, e-mail: sirgalina.g@mail.ru).*
- Irina V. Burenina (Ufa, Russian Federation) – Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Economics and Management of Oil and Gas Industry, Ufa state oil technical university (450062, Ufa, Kol'cevaya 8, 214, e-mail: iushkova@yandex.ru).*
- Gulnaz T. Sirgalina (Ufa, Russian Federation) – assistant Department of Economics and Management of Oil and Gas Industry, Ufa state oil technical university (450062, Ufa, Kol'cevaya 8, 104, e-mail: sirgalina.g@mail.ru).*

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ В СФЕРЕ УСЛУГ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

О.М. Куликова

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. В статье выявлены проблемы управления в сфере услуг РФ и предложены направления их решения. Основными проблемами в управлении в сфере услуг являются недостаточная адаптивность разрабатываемых управленческих решений к постоянно меняющимся условиям внешней среды. Существующие методы и технологии управления не позволяют с достаточной точностью прогнозировать изменения, представлять результаты в наглядной форме и ограничивают использование творческого потенциала руководителя. Ключевыми направлениями решения проблем и совершенствования управления в сфере услуг является внедрение современных методов имитационного моделирования, когнитивной визуализации, теории опционов в процессы управления в данной сфере, разработка технологий формирования и оптимального использования ресурсного потенциала процессов данной сферы. На основе данных направлений автором поставлена и решена задача мониторинга в исследуемой сфере с применением математических методов: выявлены закономерности оказания социально-ориентированных услуг некоммерческими организациями. Результаты исследования могут быть использованы для разработки инструментов управления в сфере услуг.

Ключевые слова. Сфера услуг, направления совершенствования управления в сфере услуг, социально-ориентированные услуги, мониторинг.

Введение

В настоящее время становятся актуальными вопросы реформирования сферы услуг в России. Это обусловлено повышением требований к качеству выпускаемой продукции, в том числе инновационной, повышением уровня турбулентности внешней экономической среды, в которой осуществляется деятельность коммерческих и некоммерческих организаций [1, 5, 6, 7, 10].

Сфера услуг в России активно развивается, что способствует увеличению числа занятого населения в данной сфере: в июле 2016 г. по сравнению с февралем 2014 г. занятость в сфере услуг впервые выросла в 2,5 раза [4]. Индекс деловой активности (PMI) в данной сфере услуг вырос в июле до 55 с 53,8 в июне. Это максимальный рост показателя (месяц к месяцу) с февраля 2013 г. [4].

Сфера услуг является одним из эффективных инструментов повышения устойчивости отечественной экономики и инструментом формирования ресурсного потенциала реализации процессов государственной политики, направленных на обеспечение развития России и повышения уровня благополучия ее населения [1, 5]. Особое место в сфере услуг занимают социальные услуги, обеспечивающие высокий уровень качества жизни населения, в том числе помогая людям, оказавшимся в сложной жизненной ситуации.

Основными трендами развития исследуемой сферы является увеличение объемов оказываемых услуг, появление синергетического эффекта в ней, что вносит значительный вклад в создание ВВП и требует создания инновационных механизмов и технологий управления в данной сфере.

Ключевые направления совершенствования управления в сфере услуг

Анализ литературных, интернет-источников, практического опыта деятельности организаций, работающих в сфере услуг позволил выявить проблемы управления в данной сфере [1, 5, 6, 7]:

– Недостаточная адаптивность разрабатываемых управленческих решений к постоянно меняющимся условиям внешней среды.

– Существующие методы мониторинга и контроля на недостаточном уровне решают задачи точного и наглядного представления информации о текущей ситуации на рынке сферы услуг, о деятельности организаций и поведении потребителей.

– Существующие методы и технологии прогнозирования в большинстве случаев построены только на применении экспертных методов, не способны решать задачи прогнозирования трендов и тенденций в исследуемой сфере в условиях высокой турбулентности внешней среды.

– Ограниченность использования творческого потенциала руководителя в процессе управления деятельностью предприятий, что снижает качество оказываемых услуг и, следовательно, уровень удовлетворенности ими потребителей.

Данные проблемы управления в сфере услуг обусловлены в первую очередь разрывом между практикой управления и ее теоретическим обеспечением, недостаточным внедрением математических методов и методов имитационного моделирования в процессы мониторинга, прогнозирования и контроля, инновационных методов, позволяющих решать задачи повышения адаптивности организаций к постоянно меняющимся условиям, появлению новых потребностей у населения, и как следствие, появлению новых услуг, сокращению жизненного цикла оказываемых услуг.

Следовательно, ключевыми направлениями совершенствования управления в сфере услуг станут:

– Внедрение современных математических методов, методов имитационного моделирования в процессы мониторинга, прогнозирования и планирования.

– Внедрение методов когнитивной визуализации на стадии разработки и принятия управленческих решений, позволяющие в доступной форме представить многопараметрическую информацию об исследуемом объекте или явлении.

– Внедрение в процессы разработки и принятия управленческих решений методов опционирования, позволяющих решать задачи планирования возможных вариантов реагирования на меняющиеся условия, формирование самоорганизующихся кластерных структур в исследуемой сфере [2, 3].

– Разработка технологий формирования и оптимального использования ресурсного потенциала процессов оказания услуг, что особенно актуально для современной экономической ситуации.

Внедрение в практику управления вышеуказанных направлений позволит решить задачу повышения эффективности деятельности организаций сферы услуг.

Постановка задачи исследования, материалы и методы

Одним из наиболее сложных и актуальных вопросов реформирования управления деятельностью организаций сферы услуг является создание эффективных инструментов мониторинга, основанных на применении математических методов. Рассмотрим решение

задачи мониторинга с применением современных статистических методов.

В качестве объекта исследования выбрано оказание социально-ориентированных услуг некоммерческими организациями в Федеральных округах РФ.

Цель исследования: проанализировать оказание социально-ориентированных услуг в Федеральных округах РФ и выявить взаимосвязи между группами услуг, входящими в данную сферу.

Анализ объемов оказываемых услуг некоммерческими организациями в Федеральных округах проведен с учетом ОКВЭД [8].

Расчеты проводились по статистическим данным Росстата по Федеральным округам РФ за период 2014-2015 гг. Использован показатель «Количество человек, которым оказаны социальные услуги в год, кол. чел.» (формы статистических наблюдений – «Сведения о деятельности социально ориентированной некоммерческой организации») [9].

Анализ проводился для следующих групп, входящих в исследуемую сферу услуг:

- Обрабатывающие производства;
- Строительство;
- Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования;
- Транспорт и связь;
- Финансовая деятельность;
- Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг;
- Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение;
- Образование;
- Здравоохранение и предоставление социальных услуг;
- Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг;
- Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство;
- Производство и распределение электроэнергии, газа и воды;
- Гостиницы и рестораны.

В исследовании использованы методы анализа временных рядов, корреляционный анализ, метод корреляционных плеяд. Для визуализации расчетов использованы методы когнитивной визуализации.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 показана структура исследуемых услуг по Федеральным округам в 2014 году. Распределение количества оказывае-

мых социально-ориентированных услуг по Федеральным округам и по группам различно. Преобладающим являются предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг, причем лидирующие позиции они занимают в Центральном, Приволжском и Северо-западном Федеральных округах. На втором месте по количеству занимают услуги, связанные с образованием, лидирующие позиции они занимают в Центральном, Приволжском, Уральском Федеральных округах. Третье место занимают ус-

луги, связанные со здравоохранением и предоставлением социальных услуг, наибольшее количество человек, которым оказываются данные услуги приживают в Центральном Федеральном округе, в остальных Федеральных округах распределение объемов относительно равномерно, наименьшее значение количества данных услуг оказано в Дальневосточном Федеральном округе. Остальные исследуемые группы услуг в структуре представлены незначительно.

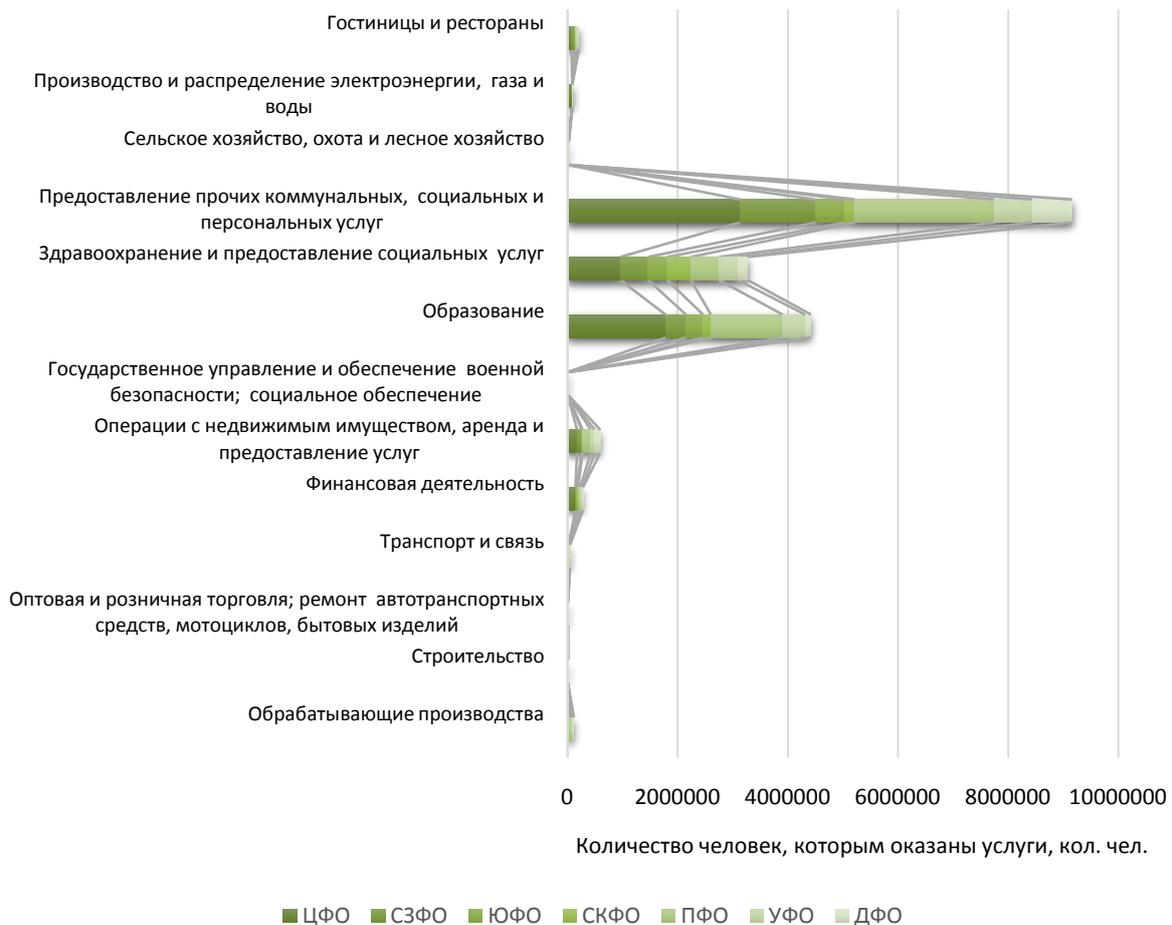


Рис. 1. Структура социально-ориентированных услуг, оказываемых некоммерческими организациями в Федеральных округах в 2014 году

Распределение количества оказанных услуг в соответствии с ОКВЭД в 2015 г. сохранило выявленные в 2014 году закономерности: преобладающими в Федеральных округах являются предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг (рис. 2). В тоже время в отличие от 2014 г. в 2015 г. на второе место вышли услуги, связанные с здравоохранением и социальной сферой. На третье место опустились услуги, связанные с образованием. Остальные груп-

пы услуг исследуемой сферы представлены незначительно (рис. 2).

По темпу прироста количества оказываемых услуг по совокупности в Федеральных округах на лидирующие позиции вышли услуги, связанные государственным управлением, обеспечением военной безопасности, социальным обеспечением (темп прироста для данной составляющей группы сферы социально-ориентированных услуг в 2015 году по сравнению с 2014 годом составил

254,93%), услуги, связанные с обрабатывающими производствами (темп прироста – 194,86 %), услуги, связанные со здравоохранением и социальной сферой (темп прироста – 105,23 %). Незначительный прирост количества оказываемых услуг в 2015 году отмечается в сфере предоставления прочих ком-

мунальных, социальных и персональных услуг (темп прироста – 1,65 %). Для остальных составляющих исследуемой сферы услуг характерен отрицательный тренд – количество оказываемых услуг в 2015 году сокращается по сравнению с 2014 годом.

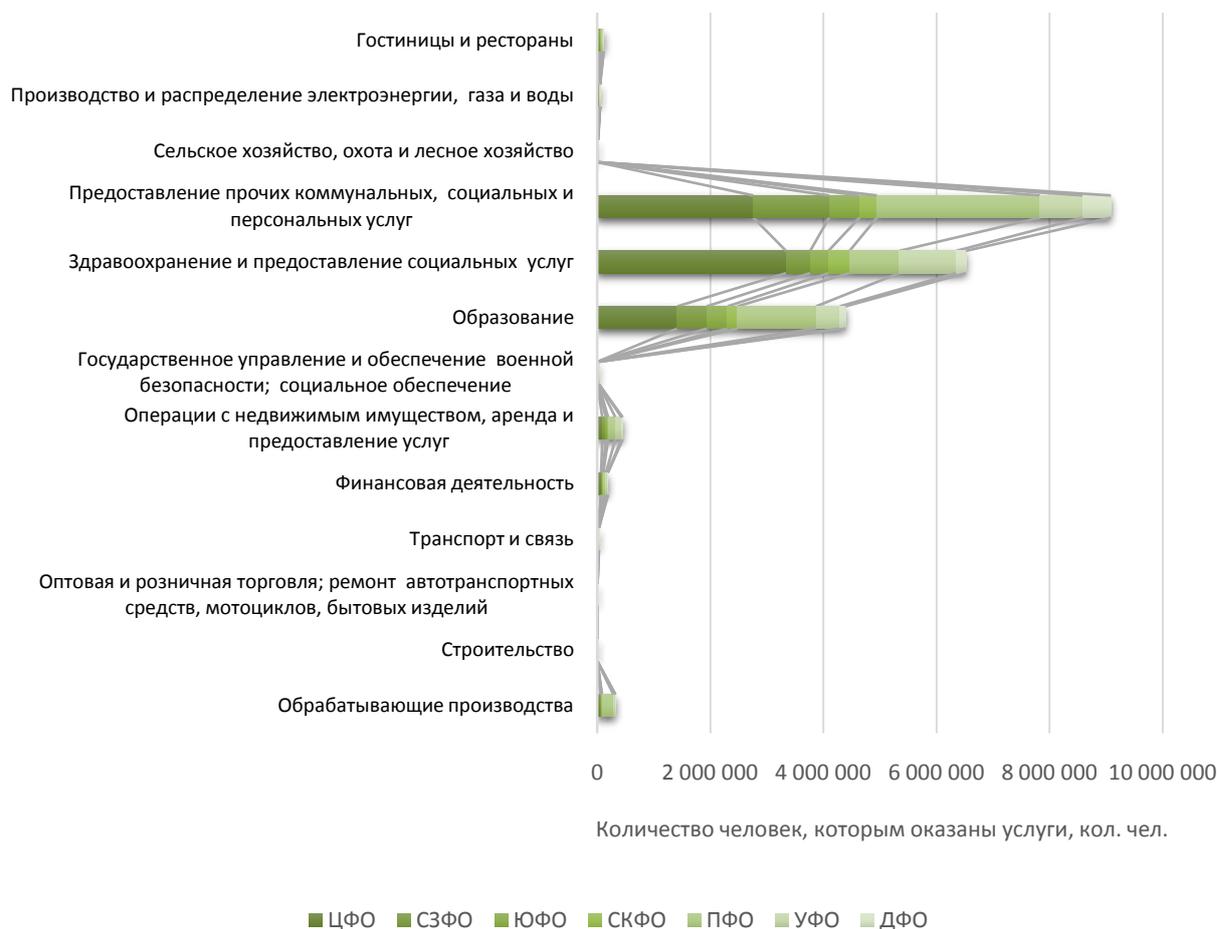


Рис. 2. Структура социально-ориентированных услуг, оказываемых некоммерческими организациями в Федеральных округах в 2015 году

На рис. 3 приведена корреляционная плеяда, задающая значимые корреляционные связи между составляющими группами сферы социально-ориентированных услуг, оказываемых некоммерческими организациями. Для расчетов использованы статистические данные по Федеральным округам в 2014 и 2015 гг. Рассчитывался коэффициент корреляции Кендалла. Сплошными линиями на рис. 3 показаны значимые корреляционные связи между составляющими группами исследуемой сферы, выявленные для 2014 года, пунктирными – для составляющих групп в 2015 году. Утолщенными линиями показаны корреляционные связи, существующие между

группами, входящими в сферу социально-ориентированных услуг и в 2014 и в 2015 гг.

Анализ полученной корреляционной плеяды (рис. 3) позволил выявить следующие закономерности. Связи между составляющими группами сферы социально-ориентированных услуг неустойчивы и их количество в исследуемом периоде сокращается, то есть увеличивается энтропия в данной сфере. Сохраняются связи в 2014 и 2015 гг. только между услугами, связанными с образованием, и услугами в коммунальной, социальной сферах, между услугами в области транспорта и связи, и услугами в коммунальной и социальной сферах. Связи для группы исследуемой сферы услуг «Обрабатывающая

промышленность» с другими составляющими группами исследуемой сферы начинают формироваться в 2015 году, чему способствует ее активный рост.

Такие составляющие группы исследуемой сферы как «Строительство», «Государ-

ственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение», «Гостиницы и рестораны» не имеют значимых связей между другими группами услуг.

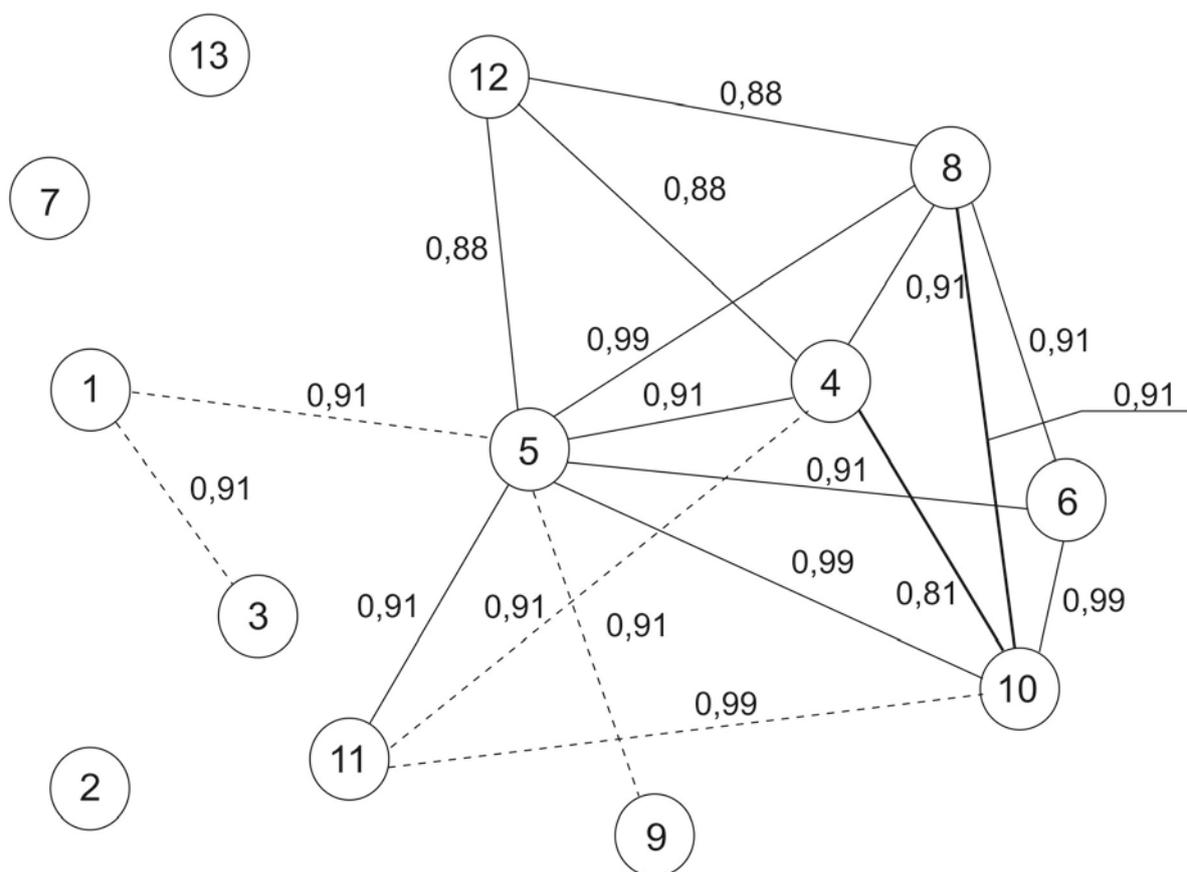


Рис. 3. Корреляционная плеяда, задающая значимые корреляционные связи между составляющими сферы социально-ориентированных услуг, оказываемых некоммерческими организациями для 2014 и 2015 гг.:

- 1 - Обрабатывающие производства;
- 2 - Строительство;
- 3 - Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования;
- 4 - Транспорт и связь;
- 5 - Финансовая деятельность;
- 6 - Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг;
- 7 - Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение;
- 8 - Образование;
- 9 - Здравоохранение и предоставление социальных услуг;
- 10 - Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг;
- 11 - Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство;
- 12 - Производство и распределение электроэнергии, газа и воды;
- 13 - Гостиницы и рестораны

Выявленные закономерности могут быть использованы в практике управления деятельностью некоммерческих организаций, работающих в сфере оказания социально-ориентированных услуг.

Заключение

На основании проведенного анализа выявлено, что основными проблемами в управлении в сфере услуг являются несоответствие применяемых методов и технологий со-

временным требованиям науки и практики. Используемые в управлении методы и технологии не позволяют на достаточном уровне решать задачи прогнозирования, мониторинга, оптимального планирования в деятельности организаций данной сферы, что затрудняет их адаптацию к условиям высокой турбулентности внешней экономической среды. Ключевыми направлениями решения данным проблем и совершенствования управления в сфере услуг является внедрение в практику деятельности организаций математических методов, методов имитационного моделирования, теории опционов. Это позволит решить задачи повышения эффективности деятельности данных организаций в условиях высокой турбулентности.

Библиографический список

1. Бренславцева, Н.А. Тенденции и проблемы управления в сфере услуг / Н.А. Бренславцева // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. – 2012. – № 1. – С. 213-219.
2. Боуш Г.Д. Идентификация и описание кластеров предприятий с применением категориальной модели «конечный информационный поток» / Г.Д. Боуш // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 337. – С. 129-134.
3. Бухвалов А.В. Реальные опционы в менеджменте: классификация и приложения / А.В. Бухвалов // Российский журнал менеджмента. – 2004. – Т. 2. – № 2. – С. 27-56.
4. Впервые за 2,5 года в России выросла занятость в сфере услуг // Ведомости. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.vedomosti.ru/economics/articles/2016/08/03/651570-zanyatost-uslug> (дата обращения: 10.11.16).
5. Кузнецова, Л.В. Актуальные проблемы управления обслуживанием на предприятиях сферы услуг / Л.В. Кузнецова // Актуальные вопросы экономических наук. – 2009. – № 9-3. – С. 135-137.
6. Куликова, О.М. Алгоритм поддержки принятия оптимальных управленческих решений в условиях неопределенности для экономических симуляторов / О.М. Куликова // Тенденции и перспективы развития легкой промышленности и сферы услуг. Научно-практическая конференция. под общей редакцией Д. П. Маевского. – [?], 2013. С. 88-90.
7. Куликова О.М. Имитационное моделирование деятельности медицинских учреждений на примере Омска / О.М. Куликова, В.Н. Овсянников, В.А. Ляпин // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2014. – № 4 (18). – С. 219-225.
8. Общероссийский классификатор видов деятельности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.okvad.ru/> (дата обращения: 10.11.16).
9. ЕМИСС. Государственная статистика [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 17.02.16).

10. Хаирова, С. М. Анализ динамики качества непродовольственных товаров, реализуемых на российском рынке / С. М. Хаирова, Н. Б. Пильник // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 5-2. – С. 428-432.

References

1. Brenslavceva N.A. Tendencii i problemy upravlenija v sfere uslug [Trends and problems of management in the service sector]. *Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 5: Jekonomika*. 2012, no 1, pp. 213-219.
2. Boush G.D. Identifikacija i opisanie klasterov predpriyatij s primeneniem kategorial'noj modeli «konечnyj informacionnyj potok» [Identification and description of clusters of enterprises using categorical models "end flow of information"]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2010, no 337, pp. 129-134.
3. Buhvalov A. V. Real'nye opciony v menedzhmente: klassifikacija i prilozhenija [Real options in management: classification and applications]. *Rossijskij zhurnal menedzhmenta*, 2004. vol. 2. no 2. pp. 27-56.
4. Vpervye za 2,5 goda v Rossii vyrosla zanyatost' v sfere uslug [For the first time in Russia for 2.5 years increased employment in the service sector]. Mode of access: <http://www.vedomosti.ru/economics/articles/2016/08/03/651570-zanyatost-uslug> (data obrashhenia: 10.11.16).
5. Kuznecova L.V. Aktual'nye problemy upravlenija obsluzhivaniem na predpriyatijah sfery uslug [Actual service management problems at the enterprises of sphere of services]. *Aktual'nye voprosy jekonomicheskikh nauk*. 2009, no 9-3, pp. 135-137.
6. Kulikova O.M. Algoritm podderzhki prinjatija optimal'nyh upravlencheskikh reshenij v uslovijah neopredelennosti dlja jekonomicheskikh simuljatorov [Algorithm support the adoption of optimal decisions under conditions of uncertainty for the economic simulation]. *Tendencii i perspektivy razvitija legkoj promyshlennosti i sfery uslug* [Trends and prospects of development of light industry and services], 2013, pp. 88-90.
7. Kulikova O.M., Ovsjannikov V.N., Ljapin V.A. Imitacionnoe modelirovanie dejatel'nosti medicinskih uchrezhdenij na primere Omska [Simulation of medical institutions on an example of Omsk]. *Nauka o che-loveke: gumanitarnye issledovanija*. 2014, no 4 (18), pp. 219-225.
8. Obshherossijskij klassifikator vidov dejatel'nosti [National Classification of Activities]. Mode of access: <http://www.okvad.ru/> (data obrashhenia: 10.11.16).
9. *Edinaja mezhvedomstvennaja informacionno-statisticheskaja sistema* [Unified interdepartmental information and statistical system]. Mode of access: <http://www.fedstat.ru/indicators/start.do> (data obrashhenia: 17.02.16).
10. Hairava S. M., Pil'nik N. B. Analiz dinamiki kachestva neprodovol'stvennyh tovarov, realizuemyh na rossijskom rynke [An analysis of the dynamics of the quality of non-food products sold in the Russian market]. *Fundamental'nye issledovanija*. 2016, no 5-2, pp. 428-432.

**KEY STRATEGIES FOR IMPROVING
MANAGEMENT OF SERVICES OF THE RUSSIAN
FEDERATION**

O.M. Kulikova

Abstract. In the article the problems of management in the service sector and directions of their solutions. The main problems in the management in the service sector are the lack of adaptability of the developed management solutions to the ever-changing environment, the existing methods and technologies do not allow with sufficient accuracy to predict change, to present the results in graphic form, and limit the use of the creative potential of the head. The key areas to solve problems and improve the management of the service sector is the introduction of modern methods of simulation, cognitive visualization options theory in management processes in this area, the development of technology and the formation of the optimal use of the resource potential of the processes in this field. On the basis of these directions set by the author, and the problem is solved in

the monitoring field of study with the application of mathematical methods, the regularities of providing social services-oriented non-profit organizations. The results can be used to develop management tools in the service sector.

Keywords. Scope of services aimed to improve the management in the field of services, outreach services, and monitoring.

Куликова Оксана Михайловна (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Управление качеством и производственными системами» ФГБОУ ВПО СиБАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира 5 3210, e-mail: aaaaa11@rambler.ru).

Oxana M. Kulikova (Omsk, Russian Federation) – Ph. D. in Technical Sciences, ass. Professor, Department "Quality Management and production systems" Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Russia, Mira prospect, 5, e-mail: aaaaa11@rambler.ru).

УДК 338.12

**ФОРМИРОВАНИЕ КРЕАТИВНОГО КЛАССА
В УСЛОВИЯХ НОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

О.Ю. Патласов¹, Е.К. Жаров²

¹ЧОАНО ВО «Омский региональный институт», Россия, г. Омск

²ЧУОО ВО «Омская гуманитарная академия», Россия, г. Омск

Аннотация. Раскрыта зависимость между возрастной структурой рабочей силы и эффективностью реализации творческого потенциала креативного класса. Изучено влияние уровня урбанизации страны на развитие креативной экономики. Выявлены возможности стран с узкой специализацией к переходу в фазу креативного развития через традиционные отрасли. Доказано, что уровень технического прогресса в определенной степени определяется стоимостью отдельных факторов производства.

Ключевые слова: креативная экономика, креативный класс, креативный город, креативная среда, креативный сектор.

Введение

На фоне контуров мирового экономического кризиса, а также структурных технологических сдвигов в мировой экономике, основным трендом экономического развития многих стран мира становится креативная экономика. В настоящее время лидерами в области креативной экономики являются такие страны как США, Великобритания, Австралия, Япония и страны Европейского союза. Сектор креативных индустрий в этих стран обеспечивает устойчивый экономический рост, высокий уровень занятости и быстрое наращивание интеллектуального и технологического потенциала.

Для стран с переходной экономикой, в том числе, для России и Казахстана развитие креативной экономики обусловлено выполнением ряда требований, главным из которых является формирование креативного класса и создание благоприятных условия для развития креативных отраслей.

Основная часть.

Формирование контуров теории креативной экономики

В научной литературе креативная экономика рассматривается под различным углом зрения. Так, английский ученый Дж. Хокинс отмечал, что ключевую роль в определении и классификации креативной экономики играет

интеллектуальная собственность, а именно авторские права, торговые марки, бренды, патенты [1]. Ч.Лэндри особое внимание в своих работах уделял развитию креативных городов, и отмечал, что сейчас в основе городского развития лежат не классические факторы производства, а способности людей, их воображение, творческая активность и мотивация [2]. Американский социолог Р. Флориды рассматривал креативность через призму его носителей – креативного класса. С точки зрения Флориды, креативность стало основным источником конкурентного преимущества, а креативные специалисты ключевым ресурсом и фактором производства постиндустриальной эпохи.

Подход Флориды основывается на определении креативного класса, который состоит из двух подклассов: суперкреативного ядра и креативных профессионалов. К первой группе можно отнести ученых и инженеров, поэтов и писателей, художников и актеров, дизайнеров и архитекторов, публицистов, редакторов, крупных деятелей культуры, экспертов аналитических центров, обозревателей и др. Ко второй группе Флорида относит «креативных специалистов», работающих в таких отрас-

лях, как сектор высоких технологий, финансы, право и здравоохранение, управление. В отличие от креативного класса, суперкреативное ядро не только обладает необходимыми качествами, но и непосредственно производит креативные товары и услуги [3].

Одним из распространенных заблуждений касательно определения креативного класса состоит в том, что к ним относят всех людей имеющих высшее образование. В действительности, эти категории имеют определенную корреляцию, однако не всегда тождественны, так как креативным специалистам относят только тех людей, которые занимаются творческой и креативной работой, связанной с генерацией новых идей.

Например, в США три четверти (72,2%) людей имеющих высшее образование принадлежат к креативному классу, а менее 60% представителей креативного класса имеют высшее образование [4].

Следует также отметить, что принадлежность к креативному классу обеспечивает экономические преимущества, которые выходят за рамки преимуществ высшего образования, отражающаяся в заработной плате работников (см. табл.1).

Таблица 1

Средняя годовая зарплата креативного класса, 2010

Род занятий	Заработная плата, долл.
Креативный класс	70714
<i>Управление</i>	105440
<i>Юриспруденция</i>	96940
<i>Вычислительная техника и математика</i>	77230
<i>Архитектура и инженерное дело</i>	75550
<i>Медицинские работники и технические специалисты</i>	71280
<i>Бизнес и финансы</i>	67690
<i>Биологические науки, естествознание и социология</i>	66390
<i>Сфера продаж (элитных продуктов)</i>	61484
<i>Искусство, дизайн, индустрия развлечения, спорт и СМИ</i>	52290
<i>Образование, профессиональная подготовка и библиотечное дело</i>	50440
Рабочий класс	36991
Обслуживающий персонал	29188
Сельское хозяйство	24324
Все профессии	44410

Источник: сост. авторами на основе данных [4]

В развитых странах в последние годы рабочая сила, обладающая высоко развитыми творческими способностями, новаторским потенциалом, стала одним из решающих факторов современного конкурентного рынка. Качество рабочей силы непосредственно влияет на доходность предприятий, поэтому в развитых странах проводится государст-

венная политика по развитию трудовых ресурсов. Одним из ее направлений является массовая интеллектуализация труда. Придается важное значение выравниванию общего образования трудовых ресурсов. В большинстве стран постоянно растут затраты на высшее образование, что повышает качество рабочей силы (см. табл. 2).

Таблица 2

Уровень национальных расходов на образование, 2014

Страна	Расходы на образование
Россия	4,1
Казахстан	3,1
США	5,4
Великобритания	5,6
Швеция	7,3
Япония	3,8
Франция	5,9
Австралия	5,1

Источник: сост. авторами на основе данных [5]

В России и Казахстане доля затрат на образование остается сравнительно низкой и составляет 4,1 и 3,1 % к ВВП соответственно. Нормой в современном мире считается уровень 5-6% к ВВП. Например, в странах ОЭСР в среднем он составляет 6,2% к ВВП [5].

Сильной стороной казахстанского и российского образования является получение хорошей теоретической базы, однако, есть существенные недостатки с точки зрения умения применять знания на практике.

В условиях становления креативной экономики необходимо изменить подходы к системе образования, также усилить роль креативных и естественно-научных дисциплин.

Авторская постановка проблемы и выдвижения гипотез условий креативности экономики

Важным условием развития креативной экономики является благоприятная возрастная структура трудовых ресурсов страны.

В качестве гипотезы, проверяемой в рамках данного исследования, выступило следующее положение: существует ли корреляция между возрастной структурой рабочей силы и эффективностью реализации потенциала креативного класса?

Результаты многих исследований, посвященных анализу биографий ученых, композиторов, писателей и художников, свидетельствуют о том, что пик творческой активности человека приходится на период с 30 до 42-45 лет. С годами творческие и жизненные силы иссякают, а для их восстановления и

сохранения требуются внешние и внутренние усилия [6].

Например, Р.Вудвор отмечал, что наиболее благоприятный для креативных открытий возраст – 20-40 лет, а людьми среднего и старого возраста сделано незначительное число открытий. И.Я. Перна, проанализировав биографии нескольких сотен ученых, пришел к выводу, что пик творческой активности, определенный по датам опубликования важнейших трудов, открытий и изобретений приходится на 39 лет, затем наступает медленный спад. По его данным наиболее ранний пик творческой активности наблюдается у математиков (25-30 лет), физиков (25-35 лет), затем идут представители других естественных наук (35-40). Е. Маниш и Г.Фальк изучили соотношение возраста и творческими достижениями лауреатов Нобелевской премии. Полученные результаты показали, что пик приходится на третье десятилетие жизни [7].

В настоящий момент развитые страны переживают длительный спад рождаемости, тем самым в структуре населения растет количество экономически неактивных пожилых людей, а численность трудоспособного населения от 20-55 лет по отношению ко всему населению сокращается. Частично данная тенденция решается за счет мигрантов из развивающихся стран мира [8].

В этом отношении страны с транзитивной экономикой, в том числе Россия и Казахстан обладают определенными преимуществами в кадровом потенциале за счет высокой рождаемости населения (см. табл.3).

Возрастная структура трудовых ресурсов, 2014

Страна	Возраст						
	Всего	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65+
США	100	13,5	22,1	20,7	21,6	16,5	5,6
Великобритания	100	13,7	22,7	21,7	23,7	14,5	3,7
Япония	100	8	17,9	23,4	21,7	17,7	11,3
Австралия	100	16,8	23,2	21,5	20,6	14,3	3,6
Россия	100	9,2	28	24,4	24,7	12,3	1,2
Казахстан	100	12,8	32,1	22,8	22,7	9,1	0,5

Источник: сост. авторами на основе данных [9]

Однако, как в российском, так и казахстанском обществе существуют реальные проблемы для развития и реализации потенциала креативного класса.

Одна из них – это миграция представителей креативного класса, квалифицированных специалистов высокотехнологичных отраслей, творческой интеллигенции, талантливых менеджеров и финансистов за рубеж, которая приводит к серьезной утрате интеллектуального, творческого и научного потенциала, что обрекает на дальнейшее развитие наиболее капиталоемких топливно-сырьевых отраслей. По оценкам экспертов, только за период с начала рыночных преобразований Россия потеряла примерно одну треть своего научного потенциала. Среди потерь как представители научных школ, имеющих мировой уровень (математические, естественные, технические, гуманитарные науки), так и многих других направлений. Причем, из страны уезжают, как правило, молодые ученые, что ведет к существенному росту среднего возраста научных работников. Потеря высококвалифицированных специалистов креативного класса оборачивается тем, что российское общество, затратив значительные финансовые ресурсы на подготовку ученых, менеджеров, специалистов, банкиров, представителей творческой интеллигенции, не только не получило ожидаемой отдачи в виде возможности нормального развития страны и общества в будущем, но и безвозвратно потеряло затраченные средства.

Эффективным инструментарием для недопущения дальнейшего развития подобной негативной тенденции является создание системы стимулов и внутренней мотивации

трудовой деятельности. Эти изменения связаны с относительным сокращением стандартной организации рабочего времени, увеличением оплаты труда, роста мобильности на рынке труда, развитием гибких условий занятости, чередованием профессиональной активности и личного времени, возможностью получения новых навыков и профессионального роста. Профессиональная деятельность должна быть ориентирована, прежде всего на результат, а не на регламентацию самого процесса труда. Например, в США по гибкому расписанию работают трое из пяти ученых и только один из девяти операторов станочников.

Важным направлением развития креативной экономики является ее территориальная привязка. Креативная деятельность традиционно концентрируется на территории городов, так как в основном в городах создано благоприятное пространство для притяжения креативных талантов.

Флорида выделяет следующие приоритеты креативного класса при выборе места жительства:

- наличие плотного рынка труда, что обеспечивает им мобильность в смене места работы в городе без смены места жительства.

- образ жизни, который хотят вести креативные специалисты, связанная с возможностью яркого, насыщенного проведения досуга: как культурного, так и спортивного.

- наличие в городе представителей различных культурных, политических, религиозных взглядов, любых рас и национальностей. Подобная атмосфера воспринимается креативными специалистами.

тивным классом как индикатор открытости среды новым идеям и возможностям [3].

В настоящее время большинство населения мира живёт в городах и эта доля продолжает расти. Однако, несмотря на то, что быстрый рост городов наблюдается практически во всех странах мира, уровни урбанизации

в разных географических регионах неодинаковы. Например, страны Африки, Центральной и Южной Азии, в том числе Казахстана и в меньшей степени Россия остаются преимущественно сельскохозяйственными (см. табл. 4).

Таблица 4

Структура размещения трудовых ресурсов, 2014

Страна	Размещение трудовых ресурсов		
	Всего	Город	Сельская местность
США	100	84,1	15,9
Великобритания	100	87,4	12,6
Япония	100	92,5	7,5
Австралия	100	65,5	34,5
Россия	100	76,3	23,7
Казахстан	100	54,6	45,4

Источник: сост. авторами на основе данных [9]

В связи с этим проверялась *следующая гипотеза* о том, каким образом влияет невысокий уровень урбанизации России и Казахстана на развитие креативной экономики?

Креативная деятельность успешней всего реализуется в городской среде. В городах находятся университеты, научно-исследовательские центры, обеспечивают мобильность специалистов и творческих идей, благодаря развитой транспортной и информационной инфраструктуре.

Наилучшие предпосылки формирования креативных территории имеются в Казахстане у городов Алматы и Астана. В Алматы уже получили развитие многие креативные отрасли. Здесь расположены самое большое по стране количество научных учреждений, вузов, театров, музеев, сформировался крупный рынок рекламы, медиа, туризма, проводятся разнообразные фестивали и концерты. Новым толчком послужит проведение зимней Универсиады-2017. Все это позволяет сформировать креативную основу самого крупного города Казахстана как культурного центра Центрально-азиатского региона.

Укрепляет свои креативные позиции и Астана, с характерной более узкой специализацией, но обладает потенциалом для качественного креативного прорыва. В Астане за последние годы создана благоприятная инфраструктура и атмосфера креативности, обусловленные статусом столицы, а также потенциалом создаваемым на базе ЭКСПО-2017. Наиболее благоприятным сценарием

использования инфраструктуры ЭКСПО после завершения выставки станет развитие кластера креативных индустрии и услуг. На фоне двух крупных городов республики, скорее всего, будут развиваться возможности других городов, таких как Караганда, Шымкент, Усть-Каменогорск, Павлодар. Их креативный профиль преимущественно связан с развитием научно-образовательного сектора [10].

Особенностью России, выгодно отличающей ее от большинства постсоветских стран является наличие в стране двух мегаполисов – Москва и Санкт-Петербург, и городов миллионников, таких как Новосибирск, Екатеринбург, Красноярск, Нижний Новгород и Казань. Они уже заняли свою креативную нишу среди мировых городов. Касательно других городов России ситуация аналогична Казахстану.

Существенным препятствием формированию креативного класса и развитию креативной экономики для стран с переходной экономикой (Россия, Казахстан) может стать низкая степень диверсификации экономики.

В России и Казахстане вместе с развитой промышленностью, высокую долю в структуре ВВП имеет аграрный сектор. Сфера услуг, которая является проводником развития креативных секторов в сравнении с развитыми странами значительно уступает (см.рис. 5).

В качестве постановки проблемы научного исследования выдвинут вопрос: можно ли считать, что страны с узкой специализацией могут перейти в фазу креативной экономики через традиционные отрасли?

Структура отраслей экономики, 2014

Страна	Услуги	Промышленность и строительство	Сельское хозяйство
США	81%	17%	2%
Великобритания	80%	19%	1%
Австралия	73%	22%	5%
Япония	71%	25%	4%
Россия	65%	28%	7%
Казахстан	54%	40%	6%

Источник: сост. авторами на основе данных [9]

В сложившейся ситуации, когда Россия и Казахстан имеют относительно невысокий уровень развития по основной номенклатуре креативных товаров и услуг имеет смысл использовать конкурентные преимущества в аграрном секторе для развития таких отраслей как ремесла и дизайн [11].

Производство одежды, аксессуаров, предметов домашнего обихода, предметов ремесленного искусства имеют определенный потенциал развития, который при успешной реализации может стать мостиком при переходе к фазе креативной экономики.

Одной из гипотез, выдвигаемых в исследовании является следующее: уровень технического прогресса в значительной степени определяется стоимостью отдельных факторов производства.

Умение оптимально соотносить факторы производства, понимая проблему пределов замещения одного фактора другим, является особым искусством. В настоящее время в научной литературе к общепринятым трем факторам производства – капиталу, земле, и труду (Ж.Б.Сэй – «Трактат по политической экономии», 1803), со времен А. Маршала («Принципы экономикс», 1890) принято относить организацию производства, позднее в трудах А. Тоффлера встречалось предложение дополнить список ресурсов производство информацией. Основоположник современной теории предпринимательства Й. Шумпетер в работе «Теория экономического развития» (1911) утверждал, что предпринимательство относится к факторам производства. В зарубежной литературе иногда среди факторов выделяется менеджмент предприятия (Fuchs S., 1995; Mohr C., 1999)[12].

На наш взгляд, ряд факторов могли быть уточнены с учетом современного порядка ведения бизнеса, в частности, например, под менеджментом как фактора производства в постиндустриальной экономике следует понимать инновационный менеджмент, под ор-

ганизацией производства – научную организацию производства труда. Так как не вся информация может быть связана с факторами производства, то в уточняющем варианте к факторам следует отнести только ту информацию, которая может влиять на технологический прорыв.

Проанализировав предметную область информации и ее классификацию по содержанию можно выделить следующие виды информации, которые могут быть связаны с креативной экономикой – это биржевая и финансовая, коммерческая, деловые новости, научно-техническая, правовая, медицинская, потребительская, развлекательная и бытовая информация. Проведя иерархию важности информации по предметным областям нельзя бытовую, потребительскую и развлекательную информацию выводить за рамки фактора производства, так как данный блок информации формирует креативный класс, хотя на прямую и не является фактором производства. Однако, в креативной экономике косвенно мы можем отнести их как к фактору, формирующий креативный класс.

Заключение

Мировая практика показывает то, что развитые страны все больше осознают значение креативного сектора для будущего экономического развития, тем самым наращивая творческий потенциал в этой сфере. Креативная экономика стала одним из ведущих драйверов развития, вытеснив традиционные отрасли промышленности и сельского хозяйства. Стратегические планы развития таких стран как США, Гонконга, Сингапур и др. направлены на создание благоприятных условий для развития творческого потенциала людей, поддержку креативных отраслей, и защиту прав интеллектуальной собственности.

Таким образом, в сложившихся условиях России и Казахстана необходимо ускорить процесс трансформации действующей экономической системы, и создать благоприят-

ные условия для перехода в фазу креативной экономики. В первую очередь, это увеличение затрат на развитие основных секторов креативной экономики – образование, наука, здравоохранение, спорт, культура. Во-вторых, это создание системы стимулов инновационной деятельности внутреннего содержания. В третьих развитие инфраструктуры креативного сектора через создания образовательных организации, научно-исследовательских центров, строительства объектов сферы культуры и спорта и др. В-четвертых, важным условием является государственная поддержка креативного сектора, и выделение ее в качестве приоритетного направления развития экономики страны.

Библиографический список

1. Хокинс, Дж. Креативная экономика. Как превратить идеи в деньги : учебник / Дж. Хокинс ; пер. с англ. – М. : Классика XXI, 2011. – 256 с.
2. Лэндри, Ч. Креативный город : учебник / Ч. Лэндри ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Классика-XXI», 2006. – 399 с.
3. Флорида, Р. Креативный класс: люди, которые меняют будущее : учебник / пер. с англ. Р.Флорида. – М. : Издательский дом «Классика-XXI», 2005. – 421с.
4. U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, Occupational Employment Statistics (OES) Survey, 2010. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.bls.gov/oes/>
5. Рейтинг стран мира по уровню расходов на образование [Электронный ресурс] / режим доступа: <http://data.worldbank.org/>
6. Rolf g. Heinze. The Creative Economy: Vision or Illusion in the Structural Change? / Rolf g. Heinze, Fabian Hoose // European Planning Studies Journal – Germany, 2013. 516- 533 p.
7. Ильин, Е.П. Психология творчества, креативности, одаренности : учебник / Е.П. Ильин. – СПб. : Изд.Питер, 2009. – 448 с.
8. Dagmar Veselá. Knowledge-based Economy vs. Creative Economy / Dagmar Veselá, Katarína Klimová // Procedia - Social and Behavioral Sciences 141 – Slovakia, 2014. – 413 – 417 p.
9. International Labour Organization «Statistics and Database» [Электронный ресурс] / режим доступа: <http://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/lang--en/index.htm>
10. Альжанова, Ф.Г. Креативная экономика: синергия культуры, бизнеса и технологии (Мировая практика и Казахстан) : учебное пособие / Ф.Г. Альжанова, Ф.М. Днишев. – Вена, Австрия : Ассоциация перспективных исследований и высшего образования «Восток-Запад», 2015. – 276 с.
11. Патласов, О.Ю. Условия перехода к фазе креативного развития экономик Казахстана и России / О.Ю. Патласов, Е.К. Жаров // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – Омск : Изд-во НОУ ВПО «ОмГА», 2016. – № 2(24).

12. Патласов, О.Ю. Организация производства и предпринимательства в АПК : учебное пособие / О.Ю. Патласов, Ф.Я. Начитов, Ф.К. Шакиров – Омск : Изд. ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2004. – 596 с.

FORMING OF THE CREATIVE CLASS IN THE CONDITIONS OF NEW ECONOMIC REALITY

O. Yu. Patlasov

Abstract. Dependence between age structure of labor power and efficiency of implementation of creative potential of a creative class is disclosed. Influence of urban saturation of the country on development of creative economy is studied. Possibilities of the countries with narrow specialization to transition to a phase of creative development through traditional industries are revealed. It is proved that the level of technical progress is to some extent determined by the cost of separate production factors.

Keywords: creative economy, creative class, creative city, creative environment, creative sector.

References

1. Hawkins J. Creative economy. How to turn ideas into money: The textbook of the lane with English/J. Hawkins. – M.: Classics of XXI, 2011. – 256 p.
2. Lendri Ch. Creative city: The textbook of the lane with English / Ch. Lendri. - M.: Classic-XXI publishing house, 2006. – 399 pages.
3. Florida River. Creative class: people who change the future: The textbook of the lane with English / R. Florida. - M.: Classic -XXI publishing house, 2005. – 421 p.
4. U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, Occupational Employment Statistics (OES) Survey, 2010. [Electronic resource] / access Mode: <http://www.bls.gov/oes/>
5. A rating of the countries of the world on the expense level on education [An electronic resource] / the access mode: <http://data.worldbank.org/>
6. Rolf g. Heinze. The Creative Economy: Vision or Illusion in the Structural Change? / Rolf g. Heinze, Fabian Hoose//European Planning Studies Journal – Germany, 2013. 516-533 p.
7. Ilyin E.P. Psychology of creativity, creativity, endowments: textbook / E.P. Ilyin. – SPb.: Prod. St. Petersburg, 2009. – 448 p.
8. Dagmar Veselá. Knowledge-based Economy vs. Creative Economy/Dagmar Veselá, Katarína Klimová//Procedia - Social and Behavioral Sciences 141 – Slovakia, 2014. 413 – 417 p.
9. International Labour Organization "Statistics and Database" [An electronic resource] / access mode: <http://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/lang--en/index.htm>
10. Alzhanova F.G., Dnishev F.M. Creative economy: synergy of culture, business and technology (World practice and Kazakhstan): Education guidance / F.G. Alzhanova, F.M. Dnishev. - Vienna, Austria: Association perspective research and the higher education "East-West", 2015 - 276.

11. Patlasov O. Yu., E.K's Heats. Conditions of transition to a phase of creative development of economies of Kazakhstan and Russia//Science about the person: humanitarian researches. – Omsk: Publishing house "OMGA", 2016. – No. 2(24).

12. Patlasov O. Yu. Production organization and entrepreneurs in agrarian and industrial complex: The education guidance / O. Yu. Patlasov, F.Ya. Natchitov, F.K. Shakirov – Omsk: Prod. FGOU VPO OMGAU, 2004. – 596 pages.

Олег Юрьевич Патласов, доктор экономических наук, профессор, Омский региональный институт, Омская гуманитарная академия e-mail: opatlasov@mail.ru; Ержан Каирович Жаров, аспирант, Омская гуманитарная академия, e-mail: zharov-05@mail.ru.

Oleg Yuryevich Patlasov, the Doctor of Economics, professor, Omsk regional institute, Omsk humanitarian academy, e-mail: opatlasov@mail.ru; Yerzhan Kairovich Zharov, graduate student, Omsk humanitarian academy, e-mail: zharov-05@mail.ru.

УДК 330.4:330.48

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ С УЧЕТОМ РИСКОВ

Е.А. Штеле¹, М.А. Гусева², Л.А. Руди³

¹Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

²Негосударственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский финансово-промышленный университет «Синергия»

³Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)

Аннотация. В статье рассматривается проблема учета риска и неопределенности при принятии решения об инвестировании. При этом проводится анализ существующих методов оценки риска инвестиционных проектов. В работе приведены определение, авторская классификация рисков, присущих инвестиционным проектам, разграничивающая риски по группам и по стадиям осуществления инвестиционного проекта. Авторами разработана поэтапная методика учета рисков путем включения рискованной надбавки в ставку дисконтирования, сочетающая в себе качественные и количественные методы оценки рисков.

Ключевые слова: оценка риска, риск инвестиционного проекта, учет рисков.

Введение

Эффективность инвестиционного проекта зависит от показателей, соизмеряющих полученный эффект с затратами на его реализацию. Однако, помимо этого, любой инвестиционный проект неразрывно связан с рисками, поэтому крайне важным аспектом оценки рисков инвестиционных проектов является их своевременное выявление, учет и оценка влияния на показатели эффективности и риск возможностей устранения.

На практике, как правило, в модель инвестиционного проекта включается надбавка за риск, без описания метода расчета и учета специфических особенностей проекта. Несмотря на наличие трудов по оценке рисков инвестиционных проектов в отечественной и зарубежной литературе, единого подхода и главного алгоритма оценки рисков, сочетающих в себе как качественные, так и количественные методы на настоящий момент не представлено.

Целью настоящей статьи - разработка методики поэтапной оценки рисков инвестиционного проекта. В соответствии с целью были поставлены **задачи:** определить понятие и виды инвестиционных рисков; обобщить существующие методики оценки рисков инвестиционного проекта; предложить методику поэтапной оценки рисков инвестиционного проекта.

Определение и классификация рисков

Существование риска при инвестировании связано с трудностями в прогнозировании будущих событий с высокой точностью. Существует три фактора, искажающих расчеты инвестиционного проекта: отсутствие или неполнота информации относительно того, что может повлиять на деятельность организации; неопределенность поведения покупателей и конкурентов; случайные события, такие как форс-мажорные обстоятельства. Поэтому риск - это возможность отклонения не только в сторону ухудшения фактических по-

казателей, но также и их улучшения. Риск всегда сопряжен с инвестиционным планированием. Другими словами, инвестиционный риск представляет собой совокупность событий, воздействие которых возможно повлияет на эффективность инвестиционного проекта. Это определение не относится к наиболее часто встречающимся, но именно такой точки зрения придерживается Л. Галиц, который определяет риск «как любое изменение исхода», включающее в себя не только нежелательный (снижение прибыльности), но и желательный исход события (ее увеличение) и др. [1, с. 76-77; 2, с.157].

Из определения вытекает сущность риска, заключающаяся в возможности управления им путем использования мер по прогнозированию наступления неблагоприятных событий. Однако это не гарантирует полную защищенность от рисков инвестиционных проектов, поскольку важной составляющей риска является внешняя среда, точное прогнозирование которой часто затруднено.

В процессе анализа проектов с точки зрения наличия рисков, определение величины риска является необходимым этапом, целью которого является повышение эффективности управления инвестиционным проектом.

Содержание этапа включает:

- описание конкретных элементов выявленного риска;
- определение факторов, которые способствуют его появлению;
- выделение вида деятельности, который будет подвержен риску;
- количественная оценка риска.

Благодаря выявлению факторов, способных повлиять на проект (отсутствие или неточность информации; наличие неопределенности внешней среды; изменчивость конъюнктуры рынка; несогласованность интересов участников проекта и др.) и своевременному устранению отклонений от заранее запланированных результатов, негативные последствия, связанные с функционированием инвестиционного проекта, могут быть предотвращены или нейтрализованы.

В настоящее время в экономической теории нет единой, общепринятой классификации рисков, ускоряющей процесс принятия инвестиционных решений и сокращающей затраты по их проведению. Авторами приведена классификация рисков инвестиционного проекта в зависимости от стадии инвестиционного проекта в табл.1.

Таблица 1

Группировка рисков по стадиям инвестиционного проекта	
Стадии проекта	Группы рисков
Риски проектирования	Кадровый (отсутствие квалифицированных менеджеров, способных осуществить бизнес идею, ошибки в расчетах.); Политический (негативное отношение властей к реализации проекта, высокие транзакционные издержки);
Риски этапа строительства	Валютный (волатильность курса национальной валюты); Финансовый (перебои финансирования проекта по этапам его строительства); Строительный (нарушение сроков поставки сырья, материалов, комплектующих, осуществления строительно-монтажных работ); Кадровый (Неэффективный контроль выполнения работ).
Риски функционирования проекта	Экологический (вредность производства); Правовой (принятие законов, ограничивающих деятельность предприятия, повышение налоговых ставок); Финансово-экономический (снижение цен конкурентами, рост цен на сырье, зависимость от нескольких покупателей, несвоевременная поставка сырья и материалов и т.п.); Кадровый (низкая квалификация кадров, недостаток рабочей силы, изменение заработной платы); Технический (низкое качество продукта, сырья; выход из строя оборудования); Личностный (неэффективное распределение прибыли); Потребительский (падение спроса на товар, снижение доходов у потребителей, монополия); Рыночный (несоответствие физических объемов продаж проектной оценке).
Риски ликвидации проекта	Ликвидационный (неспособность ликвидировать проект по проектной стоимости).

В отечественной и зарубежной литературе существует множество методик анализа и оценки инвестиционных рисков, каждая из которых относится к одной из двух обоб-

щающих групп – качественного или количественного анализа инвестиционных рисков.

Качественные методы оценки позволяют аналитику-исследователю подготовить об-

ширную базу для дальнейшего анализа рисков проекта. Методы, входящие в состав качественных, чаще всего не несут в себе математических расчетов, они позволяют в основном осуществить логический анализ возможных событий и их последствий, путем проведения переговоров либо на основе уже имеющейся информации. Они, как правило, применимы уже на самых ранних стадиях разработки проекта начиная с момента создания идеи, что и является их основным достоинством.

К качественной группе оценки рисков инвестиционного проекта относятся: экспертный метод (метод «Дельфи», метод «мозгового штурма»), метод уместности затрат, метод аналогий. В отличие от качественных, количественные методы позволяют более наглядно оценить проект. Зачастую количественные методы базируются на применении теории вероятности и математической статистики.

Авторы предприняли попытку выстроить некий общий алгоритм оценки и учета рисков при определении эффективности инвестиционных проектов, опираясь на существующие качественные и количественные методы. На практике, как правило, в модель инвестиционного проекта включается надбавка за риск без описания метода надбавки (конкретной величины и математических действий с ней). Считаем, что с помощью сочетания качественного и количественного анализа можно выделить размер риска, относящийся к данной модели с учетом всех специфических особенностей проекта, что не описано в экономической литературе.

Так в работах А.Ю. Поповой, рассмотрены лишь разновидности количественных и качественных методов, однако как таковая методология оценки отсутствует [3]. В статье Т.В. Тимофеева детально рассмотрены методы, предложена методика определения надбавки за риск, но, методы рассмотрены обособленно друг от друга [4]. В работе отсутствует комплексная оценка, основанная на сочетании методов, в результате проведения которой будет выделен наиболее широкий спектр рисков, как на основании мнения экспертов, так и с помощью расчетов. Предложенная модель Т.К. Ретинской включает в себя ряд последовательных этапов реализации инвестиционного проекта. Вначале осуществляется сбор информации об инвестиционном проекте, выявляются и документируются риски, после чего проводится процедура качественной и количественной обработки. Недостатком работы является отсутст-

вие описания способа проведения методики, путем выделения конкретных методов качественной и количественной оценки [5].

По словам Б.А. Батина «в настоящее время ощущается недостаточность работ, направленных на количественную оценку рисков инвестиционных проектов, связанных с реальным инвестированием» [6, с. 48-53]. Особенностью методики являются предложенные им надбавки за риск в соответствии с видом риска. Все риски представлены в строгой иерархии и готовой процентной оценке (надбавке). Но при применении предлагаемой методики может возникнуть ряд вопросов относительно того, к какой группе относить тот или иной риск, поскольку в работе не указано, какие риски относятся к данным группам. Также, остается спорным вопрос об обоснованности полученных оценок. Наиболее полная работа И.В. Липсица отражает этапы оценки риска, однако не включает количественные методы в методологию оценки, что исключает выявление тех рисков, которые невозможно оценить при качественном анализе [7, с. 44].

В работе М.Ю. Бабаева рисковая часть зависит от среднеквадратического отклонения доходности [8, с. 87]. Чем выше отклонение, тем выше риск. Данная методика является экономически обоснованной, обладает простотой и понятностью. Единственным недостатком, являются проблемы применения в российской практике. Значение рискованной ставки более 25% делает проект нереализуемым, поскольку инвестиционный потенциал в России находится на низком уровне и вероятность вложения инвесторами в высоко рискованные проекты исключена

Авторами разработана последовательная методика оценки рисков инвестиционного проекта, включающая в себя обе группы методов.

На первом этапе для выявления факторов, влияющих на эффективность инвестиционного проекта, используется *анализ чувствительности*, относящийся к группе количественных методов. Целью анализа является выявление наиболее важных элементов, изменение которых приведет к критичному изменению показателей эффективности инвестиционного проекта. Именно на данных элементах следует сосредоточить внимание при дальнейшей оценке рисков. В качестве переменных особого внимания заслуживает цена за единицу продукции, элементы себестоимости, и объем продаж. Результирующим показателем примем чистый дисконтированный доход проекта.

На основе полученных данных, для наглядного отображения построим график изменения значений результирующего показателя при изменении переменных. В результате чего выделяются те показатели, которые в наибольшей степени влияют на проект. Эти показатели станут основой для экспертов при оценке степени важности рисков на третьем этапе (при оценке финансово-экономического, кадрового, потребительского и рыночного рисков).

Вторым этапом оценки были выбраны *экспертные методы*, поскольку они не требуют больших затрат на проведение; дают возможность получения информации, подвергающейся статической обработке; в результате дают оценку, на основе большого количества мнений высококвалифицированных специалистов. Мнения экспертов учитываются для выявления максимально возможного количества рисков, способных повлиять на проект. На данном этапе составляется список всевозможных рисков, связанных с реализацией и дальнейшим функционированием проекта.

Используется следующая последовательность:

2.1 формируется список всевозможных рисков, имеющих отношение к проекту, с использованием приведенной классификации рисков (табл. 1).

2.2 создается группа экспертов, в составе которых находятся высококвалифицированные специалисты, имеющие опыт работы с инвестиционными проектами. Размер экспертной группы составляет 5-10 человек.

2.3 Экспертам предоставляется анкета, в которой указываются 2 вопроса:

- какова степень влияния данной группы рисков на результат?

- с какой вероятностью произойдет это событие?

Предложенные группы рисков должны быть оценены по любой из удобных шкал, которые впоследствии можно преобразовать в проценты/ доли. Вероятность наступления по возможности рассчитывается с помощью математических методов, которые можно найти на интернет-сайтах страховых компаний. По объему сделок, премий и величине выплат, представленных в отчетности страховых компаний можно сделать взвешенные выводы.

После оценивания экспертами, результаты анализируются на степень согласованности с помощью коэффициента конкордации. В случае если коэффициент больше 70%, мнения считаются согласованными и результаты используются при дальнейшей оценке. В обратном случае, необходимо провести переоценку (возможно, для этого понадобится вторичное обсуждение экспертами вопросов анкеты) [9, с. 35].

Третьим этапом является заполнение таблицы на основе полученных, в которой будут отражены согласованные оценки экспертов, вероятность наступления риска, а также же количественная оценка риска инвестиционного проекта. По каждому риску определяется средние арифметические значения из групп с наименьшими, средними и наибольшими оценками (для формирования в дальнейшем различных надбавок за риск по оптимистичному, реалистичному и пессимистичному сценариям). В зависимости от вероятности наступления определяется приоритет риска, который послужит основой для дальнейших расчетов по определению количественной оценки рисков.

Таблица 2

Определение количественной оценки рисков инвестиционного проекта

Группа рисков	Степень влияния группы рисков на результат				Среднее значение	Вероятность наступления	Приоритет	Вес показателя	Итоговая оценка риска
	№ эксперта								
	1	2	...	n					
1									
...									
m									

Следующим шагом устанавливаем вес каждой группы в соответствии с приоритетом по формулам.

Для рисков с наименьшим приоритетом:

$$W_k = \frac{2}{n \left(\frac{\min \text{приоритет}}{\max \text{приоритет}} + 1 \right)},$$

где W_k – вес простых рисков группы наименьшего приоритета;

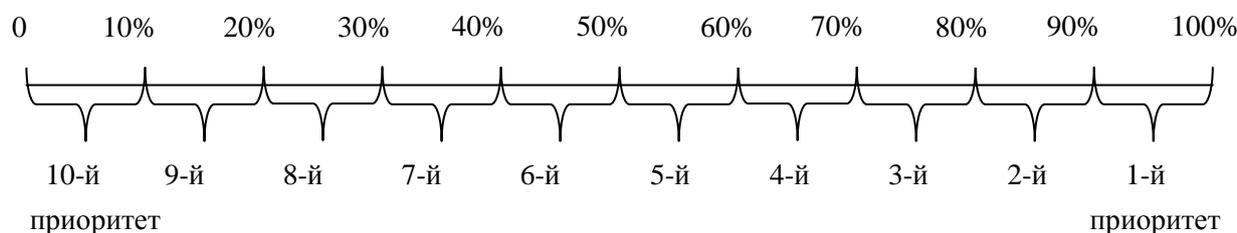
n – количество приоритетов.

Для всех остальных приоритетов:

$$W_j = W_k \times \frac{(n-j) \times \frac{\min \text{ приоритет}}{\max \text{ приоритет}} + j - 1}{n-1},$$

где W_j – вес простых рисков по группам приоритетов;

j – номер приоритета. [10 с. 110-114]:



– Приоритет рисков инвестиционного проекта

В результате, путем перемножения среднего значения и веса показателя получим оценку, сумма которых даст количественную оценку рисков инвестиционного проекта.

На четвертом этапе полученное значение подразделяется на две группы:

- управляемые риски;
- неуправляемые риски.

Для управляемых рисков разрабатываются мероприятия по снижению уровня рисков. После разработки мероприятия возможно повторное проведение количественной оценки рисков. Впоследствии управляемые риски (стоимость мероприятий по их осуществлению) должны быть включены в оттоки проекта. Неуправляемые риски включаются вставку дисконта в виде надбавки за риск путем сложения со средневзвешенной стоимостью капитала (WACC).

На последнем пятом этапе проект снова оценивается на предмет эффективности, на этот раз, включая надбавку за риск. В результате, возможен ответ на вопрос «Способен ли чистый дисконтированный доход нейтрализовать те риски, которые попали в группу неуправляемых?» Объединение графика, рассчитывающего эффективность инвестиционного проекта без надбавки за риск и графика, включающего надбавку, покажет, достаточно ли запаса прочности проекта для покрытия выделенных рисков.

Заключение

Приведенная методика позволяет по конкретному алгоритму оценить степень увеличения ставки дисконтирования на величину риска, а не вводить общепринятые абстрактные надбавки по отраслям или видам инвестиционных проектов, что снизит степень неопределенности при принятии инвестиционного решения.

Библиографический список

1. Шамин, А.Е. Финансовый менеджмент. / А.Е. Шамин, О.А. Фролова, О.А. Зубренкова. – Княгинино : НГИЭИ, 2011 – 274 с.
2. Галиц, Л. Финансовая инженерия. Инструменты и способы управления финансовым риском / Л. Галиц. ТВП. – М., 1998.
3. Попова, А.Ю. Оценка риска инвестиционного проекта / А.Ю. Попова // Экономические исследования. – 2006. – № 3.
4. Тимофеев, Т.В. Анализ и оценка рисков инвестиционных проектов / Т.В. Тимофеев // Финансовый директор. – 2015. – № 3.
5. Левкович, А.И., Анализ рисков в инвестиционных проектах / А.И. Левкович, Т.К. Ретинская // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2006. – № 2(9). – С. 280 - 283.
6. Батин, Б.А. Экспертно-аналитический подход к оценке рисков инвестиционных проектов предприятия / Б.А. Батин // Транспортное дело России. «Морские вести России». – 2009. – № 4. – С. 45-56
7. Липсиц, И. В. Инвестиционный анализ. Подготовка и оценка инвестиций в реальные активы / И.В. Липсиц, В.В. Косов. – М. : ИНФРА-М, 2011 – 219 с.
8. Бабаев, М.Ю. Идентификация и оценка финансовых рисков инвестиционных проектов / М.Ю. Бабаев. – СПб., 2004. – 199с.
9. Гуцыкова, С.В. Метод экспертных оценок. Теория и практика / С.В. Гуцыкова. – М. : Институт психологии РАН, 2011. – 144 с.
10. Медведева, О.В. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности / О.В. Медведева, Е.В. Шпилевская, А.В. Немова – М. : Проспект, 2010 – 419 с.

ASSESSMENT METHOD OF INVESTMENT PROJECTS EFFICIENCY IN VIEW OF THE RISKS

E.A. Shtele, M.A. Guseva, L.A. Rudi

Abstract. The article discusses the problem of accounting for risk and uncertainty in decision-making

on investment. At the same time the analysis of existing methods for risk assessment of investment projects. The paper presents the definition, the author's classification of the risks inherent in investment projects, delimiting risks in groups and stages of the implementation of the investment project. The authors have developed a phased method of accounting risk by incorporating risk premium in the discount rate, combines qualitative and quantitative risk assessment methods.

Key words: risk assessment, investment projects risk, accounting for risk.

References

1. Shamin A.E. Financial management. Knyagini-no: NGIEI, 2011. 274 p.
2. Galits L. Financial engineering. *Tools and methods of financial risk management*. TVP - Moscow, 1998. 199 p.
3. Popova A.Yu. *Risk assessment of the investment project*. Ekonomicheskie issledovaniya. 2006. no. 3.
4. Timofeev T.V. *Analysis and assessment of the risks of investment projects*. Finansovyy direktor. 2015. no. 3.
5. Levkovich A.I., Retinskaya T.K. *Risk assessment of the investment project*. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo.. Vypusk 2(9). N.Novgorod, 2006. - pp. 280 - 283.
6. Batin B.A. *Expert-analytical approach to risk assessment of investment projects of the enterprise*. Transportnoe delo Rossii. «Morskie vesti Rossii» (Moscow) 2009. № 4. pp. 45-56.
7. Lipsits, I. V. Kosov. V.V. *Investment analysis*. Moscow, 2011. 219 p.
8. Babaev M.Yu. *Identification and assessment of the financial risks of investment projects*. "S.-Peterb. gos. un-t ekonomiki i finansov". 2004.
9. Gutsykova S.V. *The method of expert estimations*. Theory and practice / S.V. Gutsykova. – Moscow, Institut psikhologii RAN, 2011. – 144 p.
10. Medvedeva O.V, Shpilevskaya O.V, Nemova A.V. *Comprehensive economic analysis of economic activity*. Moscow, «Prospekt», 2010, 419 p.

Штеле Евгения Анатольевна (Омск, Россия) – кандидат экономических наук, доцент кафедры Финансы, кредит, бухгалтерский учет и аудит ФГБОУ ВО ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения» (644000, г. Омск, пр. Маркса 35, e-mail: shtele@list.ru).

Руди Лариса Аркадьевна (Омск, Россия) – кандидат экономических наук, доцент кафедры Финансы, кредит, бухгалтерский учет и аудит ФГБОУ ВО ФГБОУ ВО Омский государственный университет путей сообщения (644000, г. Омск, пр. Маркса 35, e-mail: shtele@list.ru).

Гусева Марина Александровна (Омск, Россия) – студент, НОУ ВПО «Московский финансово-промышленный университет «Синергия»(644000, г. Омск, пр. Маркса 18, e-mail: shtele@list.ru).

E.A. Shtele (Omsk,Russia), Ph. D. in Economic Sciences, Ass. Professor, Department of Finance, Credit and Audit, Omsk State Transport University (64400, 35 Marks st., Omsk, Russia, e-mail: shtele@list.ru).

Guseva M.A. (Omsk,Russia), student, Private Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow Financial-Industrial University" Synergy" (64400, 18 Marks st., Omsk, Russia, e-mail: shtele@list.ru).

L.A. Rudi (Omsk,Russia), Ph. D. in Economic Sciences, Ass. Professor, Department of Finance, Credit and Audit, Omsk State Transport University (64400, 35 Marks st., Omsk, Russia, e-mail: shtele@list.ru).

Требования по оформлению рукописей, направляемых в научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ»

Для публикации принимаются рукописи по направлениям: **Транспортное, горное и строительное машиностроение; Транспорт; Строительство и архитектура; Информатика, вычислительная техника и управление; Экономические науки.**

Рукопись должна быть оригинальной, не опубликованной ранее в других печатных изданиях, написана в контексте современной литературы, обладать новизной и соответствовать профилю журнала. Автор отвечает за достоверность сведений, точность цитирования и ссылок на официальные документы и другие источники. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи, сотрудниками редакции, членами редколлегии, а также рецензентами данной работы.

1. Заголовок. На первой странице указываются: индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) (размер шрифта 10 пт) – слева в верхнем углу; Далее по центру полужирным шрифтом размером 12 пт прописными буквами печатается название статьи, ниже обычным шрифтом (12 пт.) – инициалы, фамилия автора, место работы и наименование города и страны. **Заглавие авторского материала,** поступающего в редакцию, на русском и английском языках, должно быть адекватным его содержанию и по возможности кратким.

2. Аннотация. Статья должна иметь развернутую аннотацию (не менее 500 символов) на русском и английском языках. Начинается словом «**Аннотация**» с прописной буквы (шрифт полужирный, курсив, 10 пт); точка; затем с прописной буквы текст (курсив, 10 пт). Аннотация не должна содержать ссылки на разделы, формулы, рисунки, номера цитируемой литературы.

3. Ключевые слова размещаются после аннотации, на русском и английском языках (не более 5 семантических единиц).

4. Содержание научной (практической) статьи должны включать:

- **вводную часть**, где автором обосновывается актуальность темы и целесообразность ее разработки, определяются цель и задачи исследования;

- **основную часть статьи**, разделенную на поименованные разделы, где автором на основе анализа и синтеза информации раскрываются процессы и методы исследования проблемы и разработки темы, подробно приводятся результаты проведенного исследования;

- **заключительная часть**, где автором формулируются выводы, даются рекомендации, раскрываются результаты исследования, содержащие научную новизну, указываются возможные направления дальнейших исследований.

По тексту обязательны **ссылки на источники информации** оформляются числами, заключенными в квадратные скобки (например [1]). Библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 и тщательно выверяются. Если ссылка на источник информации в тексте статьи повторяется, то повторно в квадратных скобках указывается его номер из списка (без использования в библиографическом списке следующего порядкового номера и ссылки «Там же»). В случае, когда ссылаются на различные материалы из одного источника, в квадратных скобках указывают каждый раз еще и номер страницы, например, [1, с. 17] или [1, с. 28–29].

5. Библиографический список. Печатается по центру ниже основного текста и через строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту. Желательно, чтобы для статьи объемом в 5-7 страниц количество ссылок в библиографическом списке было не менее 8. Отсутствие необоснованного самоцитирования: доля ссылок на статьи авторов рукописи, изданные ранее, не должно превышать 25% от общего количества ссылок.

6. Библиографический список на латинице (References).

7. Информация об авторах (на русском / английском языке) Места работы всех авторов, их должности и контактная информация (если есть электронные адреса, обязательно указать их).

Правила оформления рукописи:

Объем рукописи должен быть не менее **5 страниц** и не должен превышать **7 страниц, включая таблицы и графический материал.** Рукопись должна содержать не более 5 рисунков и (или) 5 таблиц. Количество авторов не должно превышать четырех. Формат А4, шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный. **Поля:** верхнее – 3,5 см, остальные – по 2,5. **Основной текст рукописи** набирается шрифтом 10 пт. Все сокращения при первом употреблении должны быть полностью расшифрованы, за исключением общепринятых терминов и математических величин. Информация о грантах приводится в виде сноски в конце первой страницы статьи. **Формулы** необходимо набирать в редакторе формул **Microsoft Equation**. Перенос формул допускаются на знаках «плюс» и «минус», реже – на знаке «умножение». Эти знаки повторяются в начале и в конце переноса. Формулы следует нумеровать (нумерация сквозная по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы. **Рисунки, схемы и графики** предоставляются в электронном виде включенными в текст, в стандартных графических форматах с обязательной подрисуночной подписью, и отдельными файлами с расширением (**JPEG, GIF, BMP**). Должны быть пронумерованы (Таблица 1 – Заголовок, Рис. 1. Наименование), озаглавлены (таблицы должны иметь заглавие, выравнивание по левому краю, а иллюстрации – подрисуночные подписи, выравнивание по

центру). В основном тексте должны содержаться лишь ссылки на них: **на рисунке 1....., Рисунки и фотографии** должны быть ясными и четкими, с хорошо проработанными деталями с учетом последующего уменьшения. При представлении цветных рисунков автор должен предварительно проверить их качество при использовании черно-белой печати. **Таблицы** предоставляются в редакторе Word. **Отсканированные версии рисунков, схем, таблиц и формул не допускаются.**

В редакцию необходимо предоставить следующие материалы:

- текст рукописи на русском языке в электронном и бумажном виде. (в редакторе Microsoft Office Word 2003 – шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный. с подписью авторов, с фразой: **«статья публикуется впервые» и датой;**

- **регистрационную карту автора:** фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, название организации, служебный адрес, телефон, e-mail;

- **рецензию специалиста с ученой степенью** по тематике рецензируемого материала. Рецензия должна быть заверенная в отделе кадров той организации, в которой работает рецензент;

- **экспертное заключение** о возможности опубликования в открытой печати;

- **лицензионной договор** между ФГБОУ ВО «СибАДИ» и авторами;

- **справку о статусе** / месте учебы (если автор является аспирантом).

Решение о принятии к публикации или отклонении рукописи принимается редколлегией.

Редакция направляет авторам статьи, требующих доработки, письмо с текстом замечаний. Доработанная статья должна быть представлена в редакцию не позднее **двух недель**. К доработанной статье должно быть приложено письмо от авторов, содержащее ответы на все замечания и указывающее все изменения, сделанные в статье.

К публикации в одном номере издания принимается не более одной статьи одного автора.

Редакция сохраняет за собой право производить литературную редакцию и коррекцию материалов в соответствии с требованиями современного русского языка и стилем издания без согласования с автором (-ами). При необходимости более серьезных исправлений правка согласовывается с автором (-ами) или статья направляется автору (-ам) на доработку.

Название файлов должно быть следующим: «Статья_Иванова_АП», «Рисунки_Иванова_АП», «РК_Иванова_АП», «РФ_ст_Иванова_АП»

Статьи, направляемые в редакцию, без соблюдения выше перечисленных требований, не публикуются.

Контактная информация:

e-mail: Vestnik_Sibadi@sibadi.org;

Почтовый адрес редакции: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Редакция научного рецензируемого журнала

«Вестник СибАДИ»,

патентно-информационный отдел – каб. 3226.

Тел. (3812) 65-23-45,

Выпускающий редактор «Вестника СибАДИ» – Мороз Марина Сергеевна

Поступившие в редакцию материалы не возвращаются.

Гонорары не выплачиваются.

Статьи аспирантов публикуются бесплатно.

Информация о научном рецензируемом журнале «Вестник СибАДИ» размещена на сайте: <http://vestnik.sibadi.org>