Научно-теоретический журнал

Вестник

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова

ISSN 2071- 7318

6

2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.Г. ШУХОВА

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК
БГТУ им. В.Г. ШУХОВА

№ 6, 2018 год

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

Главный редактор: д-р техн. наук, проф. Е.И. Евтушенко
Зам. главного редактора: канд. техн. наук, доц. Н.И. Алфимова

Редакционная коллегия:
Айзенштадт А.М., д-р хим. наук, проф.;
Баженов Ю.М., академик РААСН, д-р техн. наук, проф.;
Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.; Благоевич Деян, PhD, проф.;
Большаков А.Г., д-р арх., проф.; Борисов И.Н., д-р техн. наук, проф.;
Братан С.М., д-р техн. наук, проф.; Везенцев А.И., д-р техн. наук, проф.;
Глаголев С.Н., д-р экон. наук, проф.; Грабовый П.Г., д-р экон. наук, проф.;
Гридчин А.М., д-р техн. наук, проф.; Давидюк А.Н., д-р техн. наук;
Дорошенко Ю.А., д-р экон. наук, проф.; Дуюн Т.А., д-р техн. наук, проф.;
Ерофеев В.Т., академик РААСН, д-р техн. наук, проф.; Зайцев О.Н., д-р техн. наук, проф.;
Ильвицкая С.В., д-р арх., проф.; Козлов А.М., д-р техн. наук, проф.;
Леонович С.Н., иностранный член академик РААСН, д-р техн. наук, проф.;
Лесовик В.С., член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, проф.;
Логачев К.И., д-р техн. наук, проф.; Мещерин В.С., д-р техн. наук, проф.;
Меркулов С.И., член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук, проф.;
Павленко В.И., д-р техн. наук, проф.; Павлович Ненад, PhD;
Пивинский Ю.Е., д-р техн. наук, проф.; Потапов Е.Э., д-р хим. наук, проф.;
Рыбак Л.А., д-р техн. наук, проф.; Савин Л.А., д-р техн. наук, проф.;
Семенцов С.В. д-р арх., проф.; Сиваченко Л.А., д-р техн. наук, проф.; Соболев К.Г., PhD, проф.;
Смоляго Г.А., д-р техн. наук, проф.; Строкова В.В., проф. РАН, д-р техн. наук, проф.;
Тарасова Е.Е., д-р экон. наук, проф.; Уваров В.А., д-р техн. наук, проф.;
Фишер Ханс-Бертрам, н. с.; Ханин С.И., д-р техн. наук, проф.;
Шаповалов Н.А., д-р техн. наук, проф.; Шубенков М.В., академик РААСН, д-р арх., проф.;
Юрьев А.Г. д-р техн. наук, проф.; Яцун С.Ф., д-р техн. наук, проф.

Научно-теоретический журнал «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова» включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата, на соискание ученой степени доктора наук по группам научных специальностей: 05.02.00 – машиностроение и машиноведение; 05.17.00 – химическая технология; 05.23.00 – строительство и архитектура; 08.00.00 – экономические науки.

Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2018

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Шалый Е.Е., Ким Л.В., Леонович С.Н.
ЖЕЛЕЗОБЕТОН ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КАРБОНИЗАЦИИ И ХЛОРИДНОЙ АГРЕССИИ: ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЁТА-ПРОГНОЗА СРОКА СЛУЖБЫ 5
Шелковникова Т.И., Баранов Е.В., Пряженцева Е.А.
СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РЫНОЧНЫХ ПЕРСПЕКТИВ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЕНОСТЕКЛА 15
Траутваин А.И., Ядыкина В.В., Лебедев М.С., Акимов А.Е.
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНВЕРСИОННОГО МЕЛА В КАЧЕСТВЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ 21
Ерофеева И.В.
БИОСТОЙКОСТЬ КАРБОНАТНО-КВАРЦЕВЫХ КОМПОЗИТОВ 28
Малыхина В.С., Рязанова А.А.
АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ТРЕХШАРНИРНЫХ РАМ 33
Щелокова Т.Н.
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ И ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 39
Уварова Н.Б., Парамонов Е.Е.
РАСЧЕТ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОБЩЕННЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ВТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ИСКОМОЙ ФУНКЦИИ 46
Прохоров С.В.
ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА 51
Силин Р.В., Касьянов В.Ф.
ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОГО ПАРКА В КОНТЕКСТЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ 57
Найденова И.В.
ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ РЕОРГАНИЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ В КУЛЬТУРНО-ДЕЛОВЫЕ ЦЕНТРЫ НА ПРИМЕРЕ г. ЭССЕН И ГЕНК 65

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Сумской Д.А., Загороднюк Л.Х., Жерновский И.В.
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ НОВООБРАЗОВАНИЙ В ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ 71
Глаголев Е.С., Воронов В.В.
ЭФФЕКТИВНОЕ КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО ПЕНОБЕТОНА 79

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Семикопенко И.А., Латышев С.С., Воронов В.П., Беляев Д.А., Юрченко А.С.
РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КАЛИБРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА В ПЕРИФЕРИЙНОЙ ЧАСТИ ДЕЗИНТЕГРАТОРА 85
Бондаренко И.Р., Гринёк А.В., Ковалев Л.А.
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗАНИЯ ПРИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ 90
Пугачева Т.М., Михеев Д.А.
МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ ПОСЛЕ НАПЛАВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФЛЮСОВ 97

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Дубкова В.Б.
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ПРИБЫЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА 103
Погорелый М.Ю.
ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ К ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРИРОДЫ КРИПТОВАЛЮТЫ С УЧЕТОМ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИНТЕРЕСА РОССИЙСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 111
Супрун Ю.С.
ПОРЯДОК УЧЕТА ОПЕРАЦИЙ С ПОИСКОВЫМИ АКТИВАМИ 123
Сомина И.В., Баранов В.М., Ковтун Ю.А., Шевцов Р.М.
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОСУДАРСТВА В СВЕТЕ РЕАЛИЗАЦИИ ОДНОГО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПРАВООХРАНИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ВЫЯВЛЕНИЕ ПРЕСТУПЛЕНИЙ В СФЕРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК 129
Ряпухина В.Н., Дорошенко Ю.А.
ПРОБЛЕМА ФИНАНСИРОВАНИЯ НАУКИ В КОНТЕКСТЕ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ В ИННОВАЦИОННУЮ СИСТЕМУ В РОССИИ 135

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

E.E. Shaly, L.V. Kim, S.N. Leonovich
REINFORCED CONCRETE UNDER INFLUENCE OF CARBONIZATION AND CHLORIDE AGGRESSION: PROBABLE MODEL OF SERVICE LIFE CALCULATION 5
T.I. Shelkovnikova, E.V.Baranov, E.A. Pryzhentseva
THE STRATEGIC ANALYSIS AND MARKET PROSPECTS EVALUATION FOR MATERIALS AND PRODUCTS WHICH ARE MADE OF FOAM GLASS 15
A.I. Trautvain, V.V. Yadykina, M.S. Lebedev, A.E. Akimov
PRELIMINARY INVESTIGATIONS OF THE CONVERSION SEAL AS A MINERAL POWDER FOR ASPHALT-CONCRETE MIXTURES 21
I.V. Erofeeva
BIOLOGICAL STABILITY OF CARBONATE-SILICA COMPOSITES 28
V.S. Malykhina, A.A. Ryazanova
THE ANALYSIS OF THREE-HINGED WOODEN FRAME CONSTRUCTIONS 33
T.N. Shchelokova
MODERN TRENDS OF IMPROVEMENT OF WOOD PROPERTIES AND WOOD CONSTRUCTION 39
N.B. Uvarova, E.E. Paramonov
BENT PLATES CALCULATION WITH GENERALIZED EQUATIONS USAGE OF THE FINITE DIFFERENCE METHOD ACCORDING TO THE SECOND DERIVATIVES OF THE REQUIRED FUNCTION 46
S.V. Prokhorov
INCREASE OF ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION PRODUCTION 51
R.V. Silin, V.F. Kas'janov
THE DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR ASSESSING THE QUALITY OF THE URBAN PARK IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF URBAN SETTLEMENTS 57
I.V. Naidenova
THE EUROPEAN EXPERIENCE OF REORGANISATION OF COAL MINES IN THE CULTURAL AND BUSINESS CENTERS ON THE EXAMPLE OF ESSEN AND GENK 65

CHEMICAL TECHNOLOGY

D.A. Sumskoy, L.K. Zagorodnyuk, I.V. Zhernovsky
PECULIARITIES OF FORMATION OF CRYSTALLINE NOVELTIES IN BENDING COMPOSITIONS DEPENDING ON TECHNOLOGY THEIR PREPARATION 71
E.S. Glagolev, V.V. Voronov
EFFICIENT COMPOSITE BINDERS FOR MONOLITHIC FOAM CONCRETE 79

MACHINE BUILDING AND ENGINEERING SCIENCE

I.A. Semikopenko, S.S. Latyshev, V.P. Voronov, D.A. Belyaev, A.S. Yurchenko
CALCULATION OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF CYLINDRICAL BEARING DEVICE IN THE PERIPHERAL PORTION OF THE DISINTEGRATOR 85
I.R. Bondarenko, A.V. Grinyok, L.A. Kovalev
IMITATIVE SIMULATION AS AN EFFECTIVE MEANS OF INVESTIGATION OF POWER CUTTING CHARACTERISTICS AT HIGH-PERFORMANCE MILLIN 90
T.M. Pugacheva, D.A. Mikheev
MATERIALS SCIENCE RESEARCH OF TOOL JOINTS OF DRILL PIPES WELDED BY DIFFERENT FLUXES 97

ECONOMIC SCIENCE

V.B. Dubkova
ABOUT BUILDING PROFITS TAX ENTERPRISES PECULIARITIES ACCORDING DIFFERENTIATED APPROACH 103
M.U. Pogorelyy
APPLICATION OF THE ECONOMETRIC MODEL TO THE RESEARCH OF THEORETICAL BASES OF THE NATURE OF THE CRYPO CURRENCY TAKING INTO AN ACCOUNT THE ECONOMIC INTERESTS OF THE RUSSIAN ENTERPRIS 111
J.S. Suprun
THE PROCEDURE OF ACCOUNTING OPERATION WITH THE SEARCH ASSETS 123
I.V. Somina, V.M. Baranov, Y.A. Kovtun, R.M. Shevtsov
ECONOMIC SECURITY OF THE STATE IN THE LIGHT OF REALIZATION OF ONE OF THE DIRECTIONS OF LAW ENFORCEMENT ACTIVITY: PREVENTION AND DETECTION OF CRIMES IN THE SPHERE OF RAILWAY TRANSPORTATION 129
V.N. Riapukhina, Yu.A. Doroshenko
THE PROBLEM OF FINANCIAL SUPPORT FOR SCIENCE IN THE CONTEXT OF ITS EFFECTIVE INTEGRATION INTO THE INNOVATIVE SYSTEM IN RUSSIA 135

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.12737/article_5b115a5ef027c2.76676320

[1]Шалый Е.Е., аспирант,
[1]Ким Л.В., канд. техн. наук, доц.,
[2]Леонович С.Н., д-р техн. наук, проф.
[1] Дальневосточный федеральный университет
[2] Белорусский национальный технический университет

ЖЕЛЕЗОБЕТОН ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КАРБОНИЗАЦИИ И ХЛОРИДНОЙ АГРЕССИИ: ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЁТА-ПРОГНОЗА СРОКА СЛУЖБЫ

kimlv2@yandex.ru

С развитием Северного Морского Пути и наращиванием нефтедобычи на шельфе сегодня проблема определения долговечности инженерных гидротехнических и портовых сооружений является крайне актуальной. Согласно официальной статистики больше половины портовых сооружений находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют ремонта или реконструкции, в свою очередь это требует значительных капиталовложений. Опыт эксплуатации показал, что средний срок службы большинства гидротехнических сооружений составляет 30–40 лет, тогда как нормативный срок службы должен составлять минимум 50–100 лет. Сегодня около 90 % железобетонных портовых сооружений имеют дефекты бетона и арматуры, которые снижают долговечность и несущую способность. В процессе эксплуатации эти сооружения, как правило, подвергаются комплексу тяжелых агрессивных воздействий, поэтому на стадии проектирования важно предусмотреть целый ряд факторов, которые могут повлиять на фактический срок службы их железобетонных элементов. Существующие методики проектирования не в полном объеме отражают реальные условия эксплуатации гидротехнических сооружений. Это особенно ярко проявляется в районах, где одновременное воздействие таких факторов, как низкие температуры воздуха и большое число ясных дней в зимнее время при сильной солнечной радиации, приводит к резкому изменению реальных условий эксплуатации по сравнению с расчетными. Бетоны многих сооружений и конструкций испытывают большее число агрессивных воздействий, чем это предусматривается нормами проектирования. Поэтому, из выше сказанного следует, что проблема прогноза ресурса железобетонных элементов, как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации, всегда была наименее изученной в теории сооружений и наиболее весомой в социально-экономическом плане. Разработана методика прогнозирования долговечности железобетонных конструкций при совместном воздействии карбонизации и хлоридной агрессии с использованием конечно-разностной и вероятностной моделей. Учтен период инициирования коррозии арматуры и период распространения для условий шельфовой зоны о. Сахалин. Выполнены полевые исследования сооружений портов Холмск и Корсаков. Произведена оценка фронта карбонизации и содержания хлоридов по глубине защитного слоя бетона. Предложена модель, позволяющая определить средний период до ремонта с учетом скорости деградации защитного слоя бетона от одновременного воздействия двух коррозионных процессов: карбонизации и хлоридной агрессии.

Ключевые слова: *армированный бетон, карбонизация, хлоридная агрессия, прогнозирование срока службы, вероятностная модель.*

1. Состояние вопроса и задачи исследований.

Цель исследования: разработать методику расчета долговечности железобетонных конструкций для климатических условий прибрежной зоны морей Дальнего Востока от комплексного воздействия карбонизации и хлоридной агрессии.

Задачи исследования:

1. Проанализировать результаты исследований комплексного воздействия карбонизации и хлоридной агрессии на морской бетон;
2. Усовершенствовать теоретические модели карбонизации и хлоридной агрессии с учетом зарождения и развития трещины в защитном слое бетона;
3. Разработать вероятностный метод прогнозирования срока службы железобетонных портовых конструкций с учетом комплексного воздействия карбонизации и хлоридной агрессии;
4. Экспериментально исследовать техническое состояние железобетонных элементов эксплуатируемых портовых сооружений, и вы-

явить особенности их деградации в морской среде, в том числе, с учетом технологических факторов;

2. Верификация детерминистической модели расчета совместного действия карбонизации и хлоридной агрессии на морской бетон на основе 2-го закона Фика.

Принята модель решения дифференциального уравнения диффузии, выведенная J. Crank, с учетом влияния карбонизации на перенос хлор-ионов в бетоне. Основное уравнение имеет вид:

$$\frac{\partial C_f}{\partial t} = \frac{D^*_{Cl}}{1+(\frac{1}{we})\cdot(\frac{\alpha_L(1-d\cdot a_c)}{(1+\beta_L\frac{C_f}{b})^2})} \frac{\partial^2 C_f}{\partial x^2} \quad (1)$$

где α_L и β_L – эмпирические константы; a_c – степень карбонизации бетона; d – коэффициент понижения связывающей способности хлорида за счет карбонизации; C_{cl} – общее содержание хлорида в бетоне; C_f – содержание свободного хлорида в бетоне; t – время эксплуатации; b – масса вяжущего; x – глубина защитного слоя.

Степень карбонизации бетона определяется из пропорции

$$\%Xc - 100\%\, a_c$$

$$\%\text{КС} - x\%a_c$$

где Xc – предельная величина карбонизации, КС - карбонатная составляющая

$$\text{КС} = \frac{m_{CaCO_3}}{m_н} 100\% \quad (2)$$

Здесь m_{CaCO_3} – масса карбонатной составляющей; $m_н$ – масса навески пробы, определяется экспериментально.

Предельная величина карбонизации Xc определяется по формуле

$$X_c(t) = \sqrt{\frac{2\cdot D_{CO2}}{a_c}\cdot \int_1^t f_T(t)\cdot f_W(t)\cdot C_{CO2}(t)dt}\cdot(\frac{t0}{t})^{0.12} \quad (3)$$

где $f_T(t), f_W(t), C_{CO2}(t)$ – функции влияния температуры, влажности и концентрации CO_2 на коэффициент диффузии; a_c – коэффициент, определяющий количество CO_2, необходимое для превращения всех способных карбонизироваться продуктов гидратации; D_{CO2} – начальный коэффициент диффузии углекислого газа в бетоне.

Для учета влияния CO_2 выполнена оценка содержания углекислого газа в воздухе с учетом срока службы железобетонных конструкций, согласно данным кривой Килинга. Поскольку концентрация хлоридов в морской среде изменяется в зависимости от погодных условий, модель воздействия морской воды на сооружения модифицирована вводом зависимости от расстояния между сооружением и берегом [1–4].

Для верификации модели совместного действия карбонизации и хлоридной агрессии взяты железобетонные конструкции классов XC4 и XS3 по условиям эксплуатации со средними значениями параметров бетонной смеси согласно EN 206:2013 и минимальными толщинами защитного слоя бетона по СП 28.13330.2012. Согласно предложенной методике, проведены расчеты для данных табл. 1.

Для моделирования использована и модифицирована программа в Mathcad (авторы Д. Шестовицкий и Э. Карапетов), выполненная на основе конечно-разностного подхода (рис. 1, табл. 2).

Результаты показали, что карбонизация привела к высвобождению хлоридных ионов в поровый раствор, в следствии чего, уменьшается срок службы конструкции.

3. **Методика вероятностного расчёта совместного действия карбонизации и хлоридной агресси.** представлена методика вероятностного расчета совместного воздействия карбонизации и хлоридной агрессии на бетон. В основе лежит уравнение вероятности отказа:

$$P_f = P(R - S \le 0) \le P \quad (4)$$

где P_f – вероятность отказа; P – допустимая вероятность наступления предельного состояния; S – функция нагружения; R – функция сопротивления конструкции.

Для хлоридной коррозии, в вероятностной постановке, S представляет собой значение концентрации хлоридов $C(x,t)$. C_{crit} – параметр критической (пороговой) концентрации хлорида на уровне залегания арматуры, превышение которого приводит к инициированию коррозии. В этом случае вероятность безотказной работы:

$$P_f = P(\{C_{crit} - C(x,t)\} \le 0) \le P \quad (5)$$

$C(x,t)$ определяется с использованием модели, которая базируется на решении 2-го закона диффузии А. Фика с помощью функции ошибки Гаусса (C. Andrade)

$$C_1(x,t) = C_0 \sum_{n=0}^{\infty} a^n \left[erfc\left(\frac{2\cdot n\cdot e+x}{2\sqrt{D_1(t)\cdot t}}\right) - a\cdot erfc(\frac{(2n+2)\cdot e-x}{2\sqrt{D_1(t)\cdot t}})\right] \quad (6)$$

$$C_2(x,t) = \frac{2\cdot k\cdot C_0}{k+1} \sum_{n=0}^{\infty} a^n erfc\left[(\frac{(2n+1)\cdot e+k\cdot x}{2\sqrt{D_1\cdot t}})\right] \quad (7)$$

$$a = \frac{1-k}{1+k} \quad (8)$$

$$k = \sqrt{D_1/D_2} \quad (9)$$

Модель базируется на различии коэффициентов диффузии в одном срезе («скин-эффект»), что происходит либо в результате ремонтного восстановления защитного слоя бетона, либо при действии множества агрессивных факторов внешней среды на конструкцию. В случаях совместного действия карбонизации и хлоридной агрессии, ур. (6) и (7) преобразуются к виду:

$$Ccl_{cb}(x,t) = Cs\sum_{n=0}^{\infty} a^n \left[erfc\left(\frac{2\cdot n\cdot X_c + x}{2\sqrt{D_{cl,cb}(t)\cdot t}}\right) - a\cdot erfc\left(\frac{(2n+2)\cdot X_c - x}{2\sqrt{D_{cl,cb}(t)\cdot t}}\right)\right] \quad (10)$$

$$Ccl_{ucb}(x,t) = \frac{2\cdot k\cdot Cs}{k+1}\sum_{n=0}^{\infty} a^n erfc\left[\left(\frac{(2n+1)\cdot x + k\cdot(x - X_c)}{2\sqrt{D_{cl,cb}\cdot t}}\right)\right] \quad (11)$$

где Cs – поверхностная концентрация хлоридов, %; x – толщина защитного слоя бетона, мм; erfc(x) – обратная функция ошибок Гаусса; $D_{cl,cb}$ – коэффициент диффузии хлоридов карбонизированного бетона; X_c=$X_c(t)$-глубина карбонизации бетона, мм; t – время, годы; a и k – коэффициенты из ур. (8) и (9); $D_{cl,ucb}$ – коэффициент диффузии хлоридов некарбонизированного бетона.

Таблица 1

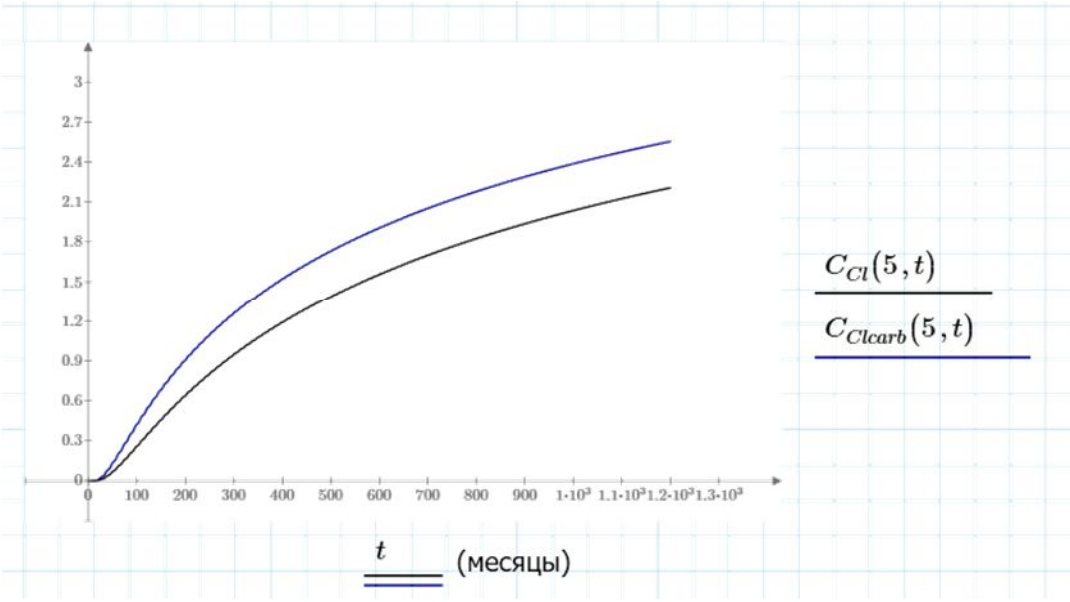
Исходные данные конечно-разностной модели

Параметр	Ед. изм.	Участок о. Сахалин		
		Северный	Центральный	Южный
T_{max}	°C	18,3	20,5	17,7
T_{min}	°C	-7,3	-6,2	-2,4
W_{max}	%	86	81	85
W_{min}	%	74	76	71
w/b		0,4	0,4	0,4
b	кг/м^3	350	350	350
Карбонизация				
g_e,	-	2,5	2,5	2,5
f_e	-	5	5	5
E	кДж/моль	40	40	40
R	кДж/К	$8{,}314\cdot10^{-3}$	$8{,}314\cdot10^{-3}$	$8{,}314\cdot10^{-3}$
C_S	кг/м^3	$3{,}890\cdot10^{-4}$	$3{,}890\cdot10^{-4}$	$3{,}890\cdot10^{-4}$
D_{CO2}	см^2/с	$3{,}399\cdot10^{-4}$	$3{,}399\cdot10^{-4}$	$3{,}399\cdot10^{-4}$
n_m	-	0.12	0.12	0.12
Хлоридная агрессия				
E	кДж/моль	41,8	41,8	41,8
R	кДж/К	$8{,}314\cdot10^{-3}$	$8{,}314\cdot10^{-3}$	$8{,}314\cdot10^{-3}$
α_L	–	0,1185	0,1185	0,1185
β_L	-	0,09	0,09	0,09
W_{ref}	%	65	65	65
$C_{env}(L)$	кг/м^3	6,2	6,2	6,2
m	-	0,4	0,4	0,4
t_0	дней (лет)	28 (0,0767)	28(0,0767)	28(0,0767)
t	лет	50	50	50

Таблица 2

Результаты моделирования

Параметр	Ед. изм.	Место эксплуатации		
		Северный	Центральный	Южный
Фронт карбонизации (t=50 лет)	мм	30,8	29,6	29,4
Степень карбонизации	-	0,61	0,6	0,6
Концентрация хлоридов на глубине залегания арматуры без учета карбонизации (при t=50 лет)	%	0,55	0,65	0,44
Тоже с учетом карбонизации (при t=50 лет)	%	0,65	0,6	0,54
Время инициации хлоридной коррозии без учета карбонизации	годы	50	40	43
Тоже с учетом карбонизации	годы	45	35	30



$C_{Cl}(x;t)$ – концентрация ионов хлорида на глубине защитного слоя X см без учета карбонизация в зависимости от времени t, кг-м^3. $C_{Cl}(x;t)$ - концентрация ионов хлорида на глубине защитного слоя X см с учетом карбонизации, в зависимости от времени t, кг-м^3. Критическая концентрация хлорида принята 0,4 % или 1,4 кг/м^3 по массе вяжущего

Рис. 1. График изменения концентрации хлоридов в защитном слое бетона с учетом и без учета карбонизации (южный участок)

В исследовании также учитывается сопротивление между слоями, которое возникает в результате разницы коэффициентов диффузии в одном срезе:

$$Ccl_{ucb}(x,t) = \frac{2\cdot k\cdot Cs\cdot R}{k+1}\sum_{n=0}^{\infty} a^n erfc\left[\left(\frac{(2n+1)\cdot x+k\cdot(x-X_c)}{2\sqrt{D_{cl,cb}\cdot t}}\right)\right] \quad (12)$$

где R – сопротивление между слоями; $C(x,t)$ с учетом действия карбонизации рассчитывается, как система из ур. (10) и (12).

В расчетную модель комбинированного действия карбонизации и хлоридной агрессии входит ряд базисных переменных. Предложены рекомендации по средним значениям этих переменных и их типам распределения. Для южной части о. Сахалин в табл. 3 даны их средние значения, стандартное отклонение и тип распределения.

Таблица 3

Данные для вероятностного моделирования концентрации хлоридов

Параметр	Ед. изм.	Южная часть о. Сахалин		
		Тип распределения	Среднее значение	Стандартное отклонение
Cs	%	Const	2,5	–
x	мм	Const	вектор из множества $\{0-50\}$	–
$D^0_{cl,cb}$	м^2/с	Normal	$11{,}689\cdot10^{-12}$	$1{,}2\cdot10^{-12}$
$D^0_{cl,ucb}$	–	Normal	$2{,}387\cdot10^{-12}$	$1{,}2\cdot10^{-12}$
k_e	–	Normal	0,67	0,05
	К	Normal	-	–
	К	Const	273	–
k_t	–	Normal	0,80	0,05
k_c	–	Normal	1	0,125
t_0	год	Const	0,0767	–
t	год	Const	вектор из множества $\{t_0-50\}$	–
ncl	–	Beta	0,3	a=0; b=1
C_{crit}	%	Normal	0,4	0,063

Для аналитического решения прямой задачи определения вероятности ресурсного отказа и обратной задачи определения процентного ресурса конструкций использовано имитационное моделирование с вычислением необходимых функционалов, например, содержания хлоридов на заданной глубине, срока службы и т.п.

Для компьютерной реализации в программе Matlab написан код для расчета по модели проникновения хлоридов с учетом эффекта карбонизации. Результат расчета программы - вероятности ресурсного отказа конструкции и индексы надежности в течение срока службы для различных значений толщин защитного слоя бетона. На первом этапе программа определяет глубины карбонизации и изменение концентрации хлоридов по глубине (рис. 2–4).

Далее, после построения графиков рис. 2–4 программа вычисляет вероятность отказа железобетонной конструкции и ее индекс надежности (рис. 5 и 6, табл. 4). Для 50 лет эксплуатации на южном участке о. Сахалин вероятность отказа получена $p_f = 98$ %.

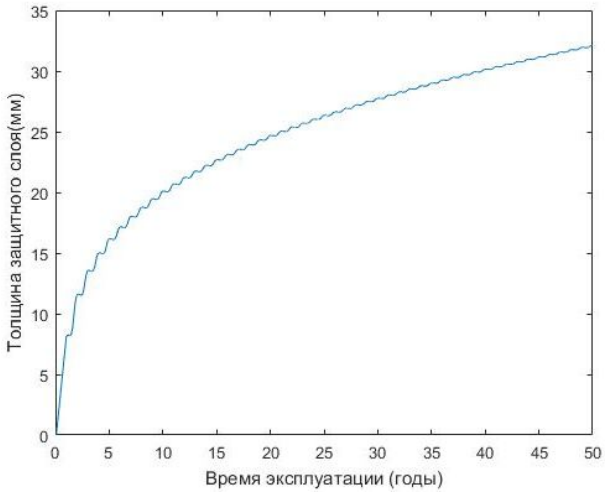


Рис. 2. Рост глубины карбонизации с течением времени

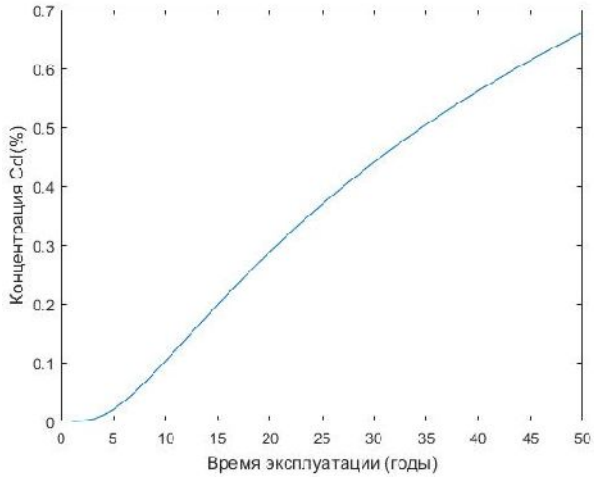


Рис. 3. Изменение концентрации хлоридов в приарматурной зоне для всего срока эксплуатаии

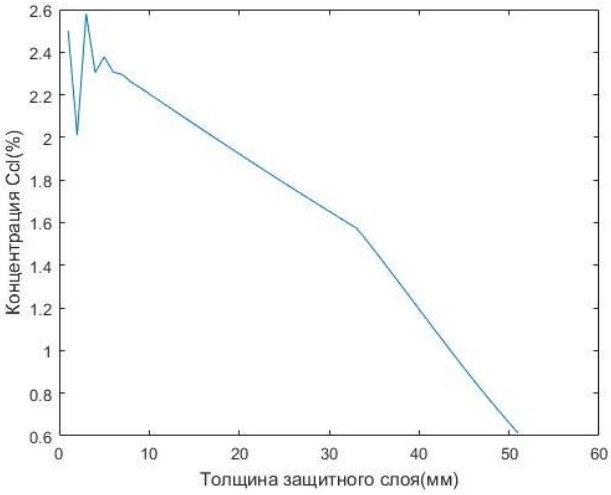


Рис. 4. Профиль концентрации хлоридов в приарматурной зоне
в последний год эксплуатации (50 лет)

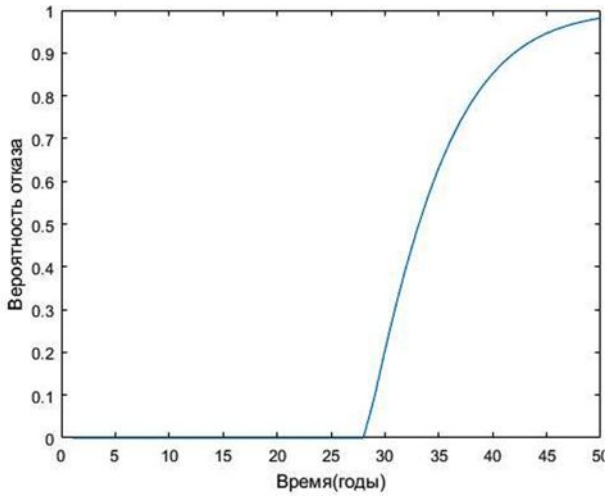


Рис. 5. Вероятность отказа конструкции

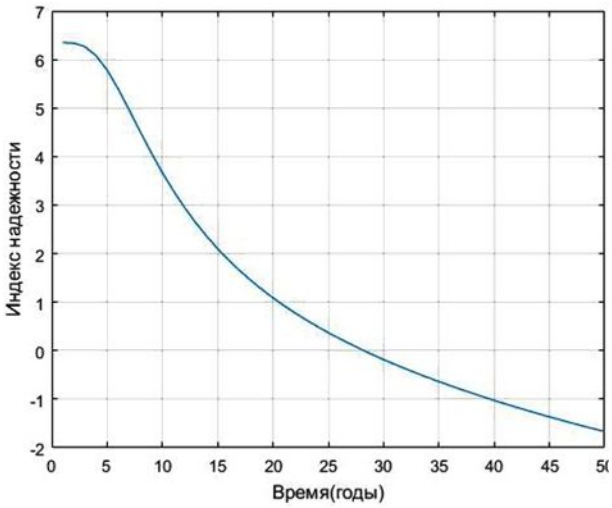


Рис. 6. Индекс надежности конструкции

Таблица 4

Вероятность отказа и индекс надежности железобетонных конструкций в зависимости от срока эксплуатации для южного участка о. Сахалин

Срок эксплуатации	Вероятность отказа, p_f	Индекс надежности, β
10	0,0001	3,688
20	0,005	1,102
30	0,19	-0,173
40	0,849	-1,02
50	0,981	-1,66

4. Результаты натурных исследований

Работы включали: визуальный осмотр, определение критических элементов и областей, определение прочности и толщины защитного слоя бетона, выбор тестовых зон по результатам измерений.

В тестовых зонах проведены: визуальный осмотр для выбора мест тестирования и отбора проб, проверка глубины защитного слоя бетона, выбор мест отбора проб в «наихудших местах» конструкций, определение глубины карбонизации способом фенолфталеиновой пробы в 6 и более местах (на свежеобломанных и просверленных участках); отбор пластин для хлоридных профилей: (минимум шесть пластин в каждой тестовой зоне минимального размера 70×70 мм и минимальной глубины 50 мм).

В лаборатории определены: с помощью ионоселективного электрода значение концентрации хлоридов по глубине образцов, способом фенолфталеиновой пробы – глубина карбонизации.

Результаты моделирования совместного действия карбонизации и хлоридной агрессии и их сравнение с экспериментальными данными (табл. 5).

Таблица 5

Сравнение расчетных и экспериментальных результатов

Тип	Место отбора пробы	Возраст конструкции	Глубина защитного слоя, мм	Измеренная концентрация Cl, %	Расчетная концентрация Cl, %	Концентрация Cl, % по вероятностной модели
Холмский морской торговый порт						
Х4	Железобетонная колонна пешеходного моста	33	10	2,24	2,80	2,20
			20	1,97	2,20	1,90
			30	1,64	1,81	1,62
			40	1,10	1,20	1,03
			50	0,51	0,58	0,49
Х5	Железобетонная балка пешеходного моста	33	10	2,25	2,28	2,21
			20	1,98	2,21	1,94
			30	1,68	1,82	1,62
			40	1,10	1,20	1,03
			50	0,50	0,58	0,49
Корсаковский морской торговый порт						
К4	Фундамент под знак СНО	44	10	2,32	2,76	2,13
			20	1,81	2,19	1,77
			30	1,46	1,77	1,44
			40	1,10	1,17	1,07
			50	0,55	0,63	0,53
К5	Железобетонная опорная под трубы.	46	10	2,32	2,79	2,15
			20	1,81	1,22	1,80
			30	1,48	1,81	1,50
			40	1,10	1,23	1,10
			50	0,55	0,65	0,55

Получена хорошая сходимость с вероятностной моделью и удовлетворительная с конечно-разностной (последняя не учитывает «скин-эффект»). Коэффициент диффузии в конечно-разностной модели постоянен на всей глубине защитного слоя, т.е. нет разбивки на 2 слоя с разной диффузией и нет сопротивления между этими слоями, поэтому концентрации хлоридов в приарматурной зоне завышена. Однако, эта модель может быть применима для расчета совместного действия карбонизации и хлоридной агрессии при малой глубине карбо-

низации, когда «скин-эффект» не оказывает значительного влияния на концентрацию хлоридов в приарматурной зоне.

Таким образом, при незначительной глубине карбонизации (до 8 мм) расчет можно вести по конечно-разностной модели, при значительной – значения завышены и расчет следует вести по вероятностной модели. На практике при глубине карбонизации до 8 мм эффект совместного действия карбонизации и хлоридной агрессии не учитывается, и используется модель DuraCrete. Таким образом, наиболее точная модель – вероятностная.

5. Вероятностная модель для определения параметров для ремонта защитного слоя бетона. В этом случае предполагается, что необратимые последствия, приводящие к хлоридной коррозии арматуры в карбонизированном бетоне, могут начинаться уже при концентрации ионов хлорида 0,2 %. Используя это значение как критическое, при котором необходимо проводить ремонт защитного слоя бетона, а также используя модель для двойной среды ур. (10) и (12), разработана программа расчета среднего времени и глубины ремонта поврежденного защитного слоя, которая также позволяет прогнозировать срок службы конструкции, но уже с учетом ремонта (табл. 4 и рис. 7). В качестве материала для ремонта выбран раствор, аналогичный исходному составу бетона.

После 50 лет эксплуатации в наиболее неблагоприятном районе о. Сахалин по условиям эксплуатации, вероятность отказа составила pf =58 %. Таким образом, ремонт конструкции способом замены карбонизированного слоя новым с аналогичными характеристиками увеличивает долговечность. Например, в конструкции, в которой инициировалась коррозия после 29 лет эксплуатации, новое время инициации составляет 45 лет.

Таблица 4

Срок службы железобетонной конструкции с учетом ремонта защитного слоя бетона

Параметр	Ед. изм.	Место эксплуатации
		Южная часть о. Сахалин
Время инициации хлоридной коррозии без учета замены карбонизированного слоя	год	29
Срок службы конструкции без учета замены карбонизированного слоя	год	33
Среднее время замены карбонизированного слоя	год	16
Средняя глубина замены карбонизированного слоя	мм	24,5
Время инициации хлоридной коррозии с учетом замены карбонизированного слоя	год	45
Срок службы конструкции с учетом замены карбонизированного слоя	год	49

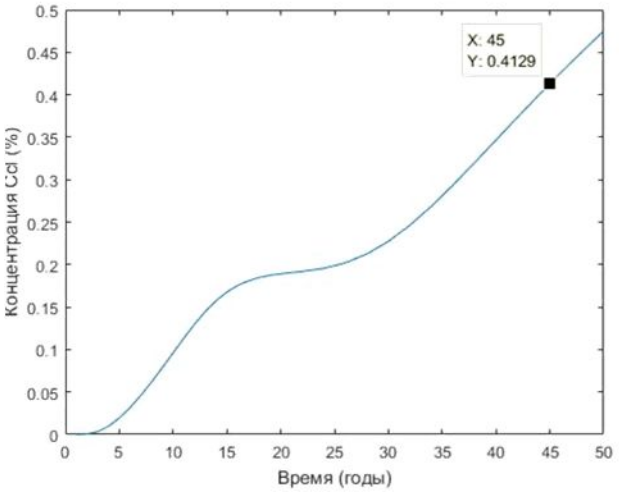


Рис. 7. Изменение концентрации хлоридов в приарматурной зоне для всего срока эксплуатаии с учетом ремонта

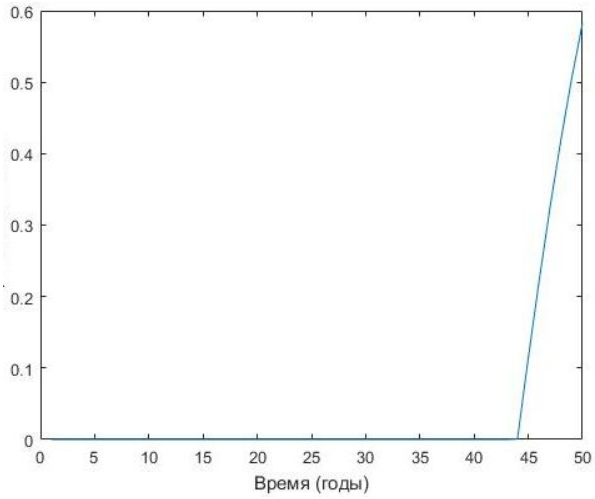


Рис. 8. Вероятность отказа отремонтированной конструкции

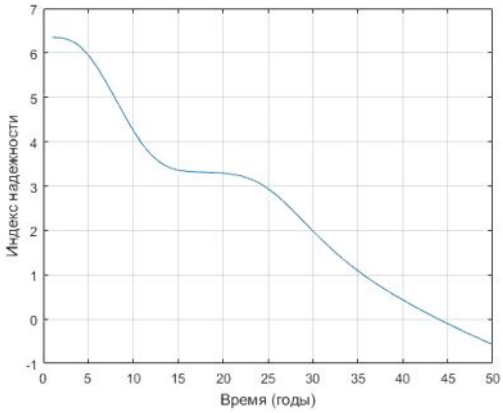


Рис. 9. Индекс надежности отремонтированной конструкции

Таблица 5

Вероятность отказа и индекс надежности отремонтированной железобетонной конструкции в зависимости от срока эксплуатации для наиболее неблагоприятного района о. Сахалин по условиям эксплуатации

Срок эксплуатации	Вероятность отказа, p_f	Индекс надежности, β
10	0,0001	4,27
20	0,0008	3,29
30	0,012	2,00
40	0,109	0,44
50	0,582	-0,57

Заключение.

1. На основе анализа моделей совместного действия карбонизации и хлоридной агрессии защитного слоя бетона и верификации с экспериментальными данными определена модель для оценки долговечности морских железобетонных конструкций, учитывающая следующие факторы: толщину защитного слоя бетона; коэффициенты диффузии хлоридов в карбонизированном и некарбонизированном бетоне; критическое содержание и поверхностное содержание хлоридов, поверхностное содержание CO_2, их время воздействия; морские условия; фронт карбонизации и др. Часть значений являются случайными величинами с заданными законами распределения.

2. Разработана методика определения срока ремонта конструкции и глубины ремонта защитного слоя бетона сооружений.

3. Разработана методика прогнозирования долговечности железобетонных конструкций при воздействии агрессивной морской среды с учетом ремонта конструкции и с использованием вероятностной модели расчета.

4. Выполнена верификация результатов расчетов вероятности отказа железобетонных элементов по предложенной вероятностной модели.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанные модели позволяют рассчитывать глубину карбонизации, концентрацию ионов хлорида на заданной глубине, срок эксплуатации конструкции, время ее возможного ремонта и глубину возможного восстановления защитного слоя бетона для прибрежной и шельфовой зоны Дальнего Востока.

Разработанную методику прогнозирования долговечности железобетонных конструкций при совместном воздействии карбонизации и агрессивной хлоридсодержащей среды с использованием конечно-разностной модели расчета предлагается использовать при глубине карбонизации до 8 мм.

Разработанную методику прогнозирования долговечности железобетонных конструкций при совместном воздействии карбонизации и агрессивной хлоридсодержащей среды с использованием вероятностной модели расчета можно использовать:

- при оценке эксплуатационной пригодности (безопасности) при обследовании железобетонных конструкций прибрежных и шельфовых сооружений;
- при прогнозировании срока службы вновь проектируемых железобетонных конструкций;
- при расчете необходимой толщины защитного слоя бетона проектируемых железобетонных конструкций при заданном сроке службы и условиях эксплуатации;
- при расчете срока службы бетона в конкретных условиях эксплуатации.
- при прогнозировании срока ремонта эксплуатируемых сооружений;

Полученные результаты могут использоваться в проектировании новых сооружений и/или ремонте (реконструкции) существующих сооружений, эксплуатируемых в агрессивных условиях морской среды, а также в учебном процессе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шалый Е.Е., Ким Л.В., Леонович С.Н. Имитационное моделирование деградации железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, Владивосток: Симпозиум РААСН-2016, VI Междунар. симпозиум «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений», 15–20 августа 2016.

2. Шалый Е.Е., Джоголюк А.Г., Ким Л.В., Леонович С.Н., Латыш А.В., Коледа Е.А. Уровень карбонизации бетона портовых сооружений Корсаковского порта, Саранск: Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций: материалы всероссийской научно-технической конф., посвященной памяти заслуженного деятеля науки Российской Федерации, академика РААСН, докт. техн. наук, проф. Соломатова В.И. редкол.: В.П. Селяев [и др.]; отв. ред. Т.А. Низина. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2016, С. 235–238.

3. Шалый Е.Е., Ким Л.В., Леонович С.Н., Степенова А.В. Модель расчета глубины и распространения хлоридов в бетоне гидротехнических сооружений о. Сахалин, Современные технологии и развитие политического образования [Электронный ресурс]: междунар. научн. конфер., Владивосток, 19–23 сентября 2016 // Дальневост. федерал. ун-т; отв. ред.: А.Т. Беккер, В.И. Петухов. Электрон. дан. Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 291–292 с., 2016. Режим доступа: https://www.dvfu.ru/science/publishing-activities/cataloque-of-books-fefu/. Загл. с экр. ISBN 978-5-7444-3855-5.

4. Leonovich S., Shalyi E., Falaleeva N., Kim L. The influence of carbon dioxide on the durability of offshore concrete, 26 International Ocean and Polar Engineering Conference, ISOPE-2016, Rhodes, Greece, June 26 – July 1, 2016.

Информация об авторах
Шалый Евгений Евгеньевич, аспирант (соискатель) кафедры гидротехнических сооружений.
E-mail: john_shamali@mail.ru
Дальневосточный Федеральный Университет.
Россия, 690106, Владивосток, ул. Нерчинская, 40.

Ким Лев Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий конструкторской лабораторией МНОЦ «Арктика».
E-mail: kimlv2@yandex.ru
Дальневосточный Федеральный Университет.
Россия, 690950, Владивосток, ул. Суханова, 8.

Леонович Сергей Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология строительного производства», декан строительного факультета БНТУ.
E-mail: sleonovich@mail.ru
Белорусский национальный технический университет.
Беларусь, 220013, Минск, пр-т Независимости, 65.

Поступила в апреле 2018 г.
© Шалый Е.Е., Ким Л.В., Леонович С.Н., 2018

E.E. Shaly, L.V. Kim, S.N. Leonovich

REINFORCED CONCRETE UNDER INFLUENCE OF CARBONIZATION AND CHLORIDE AGGRESSION: PROBABLE MODEL OF SERVICE LIFE CALCULATION

The problem of determining the longevity of engineering hydraulic engineering and port facilities is extremely urgent today due to the development of the Northern Sea Route and the increase in oil production is actual. According to the official statistics, more than half of the port facilities are in unsatisfactory condition and require repair or reconstruction, which in turn requires considerable capital investment. Operational experience has shown that the average service life of most hydraulic structures is from 30 to 40 years, whereas the standard service life should be at least 50–100 years. Today, about 90 % of reinforced concrete port facilities have defects in concrete and reinforcement, which reduce durability and bearing capacity. In the process of operation these structures are usually exposed to a complex of severe aggressive influences, therefore it is important to provide at the design stage a number of factors that may affect the actual service life of their reinforced concrete elements. Existing design techniques do not fully reflect the actual operating conditions of hydraulic structures. This is particularly evident in areas where the simultaneous impact of

such factors is as low air temperatures and a large number of clear days in winter with strong solar radiation leads to a drastic change in the real operating conditions compared to the calculated ones. Concretes of many structures and structures experience great number of aggressive impacts than is provided for by design standards. Therefore, from the above, it follows that the problem of resource forecasting of reinforced concrete elements, both at the design stage and in the process of exploitation, has always been the least studied in the theory of structures and the most significant in the socioeconomic sense. A technique for predicting the durability of reinforced concrete structures under the combined effect of carbonization and chloride aggression using finite-difference and probability models is developed. The period of initiation of corrosion of the reinforcement and the period of propagation for the conditions of the shelf zone are taken into account. Sakhalin. Field surveys of the port facilities of Kholmsk and Korsakov have been carried out. The carbonization front and the chloride content were estimated from the depth of the protective layer of concrete. A model is proposed which allows determining the average period before repair, taking into account the rate of degradation of the protective layer of concrete from the simultaneous action of two corrosion processes: carbonization and chloride aggression.

Keywords: *reinforced concrete, carbonization, chloride aggression, forecasting of service life, probabilistic model.*

REFERENCES

1. Shalyi E.E., Kim L.V., Leonovich S.N. Imitating modeling of degradation of reinforced concrete designs of hydraulic engineering constructions. RAACS-2016 symposium, VI International symposium "Current problems of computer modeling of designs and constructions", Vladivostok, 2016.
2. Shalyi E.E., Dzhogolyuk A.G., Kim L.V., Leonovich S.N., Latvian A. V., Koleda E.A. Level of carbonization of concrete of port constructions of Korsakovsky port. Durability of construction materials, products and designs: materials of the All-Russian scientific and technical conference, Saransk, 2016.
3. Shalyi E.E., Kim L.V., Leonovich S.N., Stepenova A.V. Model of calculation of depth and distribution of chlorides in concrete of hydrotechnical constructions of Sakhalin Island. Modern technologies and development of political education [Electronic resource]: international scientific conference, Vladivostok, 2016.
4. Leonovich S., Shalyi E., Falaleeva N., Kim L. The influence of carbon dioxide on the durability of offshore concrete (English), International Ocean and Polar Engineering Conference, ISOPE-2016, Rhodes, Greece, 2016.

Information about the author
Evgeny E. Shaly, Postgraduate student.
E-mail: john_shamali@mail.ru
Far Eastern Federal University.
Russia, 690106, Vladivostok, Nerchinskaya st., 40.

Lev V. Kim, PhD, Assistant professor, Associate Professor.
E-mail: kimlv2@yandex.ru
Far Eastern Federal University.
Russia, 690950, Vladivostok, Sukhanov st., 8.

Sergei N. Leonovich, PhD, Professor.
E-mail: sleonovich@mail.ru
Belarussian national technical university.
Belarus, 220013, Minsk, Nezavisimosti ave., 65.

Received in April 2018

DOI: 10.12737/article_5b115a5f648ca5.27747964

Шелковникова Т.И., канд. техн. наук, доц.,
Баранов Е.В., канд. техн. наук, доц.,
Пряженцева Е.А., магистрант
Воронежский государственный технический университет

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РЫНОЧНЫХ ПЕРСПЕКТИВ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЕНОСТЕКЛА

tschelk@mail.ru

В современном гражданском и промышленном строительстве применяют разнообразные строительные материалы, созданные на основе керамики, стекла, вяжущих материалов. Но наибольшее значение среди них, приобретают теплоизоляционные материалы, выполняющую роль по сбережению энергетических ресурсов и поддержание необходимого температурного режима внутри помещений. Из всех видов теплоизоляции, пеностекло является наиболее универсальным материалом, сочетающим высокие теплоизоляционные свойства, экологическую безопасность, негорючесть, биостойкость и, практически, неограниченный срок эксплуатации, благодаря преимущественно ячеистой структуре пористости. Разнообразие материалов и изделий из пеностекла (блоки, щебень гравий, гранулированное, микрогранулированное пеностекло) может обеспечить потребности практически всех областей строительства и промышленной теплоизоляции. Масштабным потребителем зернистых материалов из пеностекла может стать дорожное строительство. Относительно высокая стоимость материалов из пеностекла порой является сдерживающим фактором для его применения, однако, особенностью применения пеностекла является отсутствие эксплуатационных затрат благодаря высокой долговечности, что выгодно отличает его от других материалов. Расположение предприятий-производителей пеностекла неравномерно по территории России и не вполне отвечает потребностям рынка. Малочисленность предприятий в восточных и северных регионах должна быть устранена после выполнения маркетинговых и экономических обоснований целесообразности.

Ключевые слова: *теплоизоляция, пеностекло, рынок, щебень из пеностекла, силикатные и щелочные стекла, диапазон отпускных цен, физико-механические свойства, строительство, промышленная теплоизоляция, дорожное строительство, эксплуатационные затраты, топология, предприятия-производители.*

На современном этапе развития общества происходит постоянное повышение требований к комфортности проживания, возрастает спрос на экологическую недвижимость. Одним из эффектных инструментов улучшения среды обитания является развитие «зеленого строительства», целью которого является снижение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла здания. В связи с этим, перед жилищным строительством ставится задача по расширению производства, номенклатуры и объемов теплоизоляционных материалов, предназначенных для изоляции объектов, эксплуатируемых в различных условиях. Ассортимент теплоизоляционных материалов весьма широк. Однако, для выбора рационального материала необходимо выполнять оценку физико-механических, эксплуатационных свойств и провести анализ единовременных и эксплуатационных затрат. Традиционно, основное внимание потребитель уделяет стоимости материала, забывая, порой, о необходимости периодической полной или частичной замены теплоизоляции в конструкциях. На долю эксплуатационных затрат при длительном сроке службы зданий приходятся весьма большие расходы. Согласно литературным данным, установлено, что минераловатные изделия имеют срок эксплуатации, составляет до 50 лет, пенополистирола – около 20 лет, материалы из пеностекла – более 100 лет [1].

Таким образом, пеностекло, как негорючий, биостойкий, водостойкий, долговечный, экологически безопасный материал, представляет огромный интерес для всех. Важным преимуществом пеностекла по сравнению с некоторыми природными и искусственными изоляционными материалами является его неорганический состав и низкое водопоглощение (2–20 %), а также устойчивость против гнили, микроорганизмов, действия высоких температур, щелочей, кислот [2].

Анализируя европейский опыт применения пеностекла в гражданском строительстве за последние десятилетие, можно выделить характерные типы зданий и сооружений где нашло применение пеностекло:

- высотные здания и небоскребы (головные отделения банков, корпораций и фирм).

- административные и общественные сооружения, имеющие оригинальные архитектурные решения со сложной конструкцией и криволинейными поверхностями (спортивные комплексы, кинотеатры, общественные центры, технопарки).
- здания с историческими формами и фасадами (дворцы, театры, университеты, храмы).
- сооружения с большой площадью кровли (гипермаркеты, терминалы аэропортов, сборочные конвейеры, стадионы и спортивные площадки).
- здания гостиниц и отелей.

Пеностекло, находит все более широкое применение при строительстве дорог, жилых, промышленных зданий, социальных объектов, некоторых станций столичного метрополитена, Северо-Западной хорды в Москве (дорога, тоннель), жилых домов в Калужской области [3].

Весьма значимыми объектами применения блочного пеностекла стали: Большой Кремлевский дворец, парк «Патриот» (г. Москва).

Пеностекольный щебень нашел широкое применение при формировании ландшафтного парка «Зарядье» (г. Москва). Пеностекольный щебень обладает целым рядом полезных свойств: легкий, прочный, устойчивый к агрессивным средам, морозостойкий и долговечный. Удалось решить проблему снижения нагрузки на бетонные перекрытия заглубленных помещений (паркинг, магазины, технические помещения) и сформировать над ними многометровый сложный ландшафт со взрослыми деревьями. При формировании парка было использовано около 16 тыс. куб. м пеностекольного щебня. Насыпная толщина слоя составила от 40 см до 5,2 м в зависимости от характера ландшафта [3].

Сырьевыми материалами в производстве пеностекла традиционно являются силикатные щелочные стекла. В последнее время ассортимент сырьевых материалов для производства пеностекла, значительно расширен (хотя и не новое сырье не нашло своего места в действующем ГОСТе): вулканическое водосодержащее стекло (перлит), порода с содержанием кристаллических фаз и стекла (базальт), бытовые и промышленные отходы силикатных стекол, шлаки, жидкое стекло, цеолиты, опоки и др. [4, 5, 7, 10].

Широкому применению пеностекла способствуют его высокие физико-механические свойства. Главная особенность пеностекла состоит в том, что этот материал обладает неизменными высокими теплотехническими свойствами, которые не изменяются практически на протяжении всего срока его эксплуатации. Низкая теплопроводность пеностекла объясняется его ячеистой структурой. Большое количество замкнутых ячеек газовой среды разделены тонкими плёнками стекла. Пеностекло обладает уникальным для минеральных пористых материалов соотношением прочность – плотность и имеет среди них высокую прочностью на сжатие. Стеклянные ячейки пеностекла являются водо- и паронепроницаемыми, что делает невозможным накопление влаги в структуре материала. Пористая структура пеностекла обеспечивает отличные звукоизоляционные свойства.

Пеностекло – это неорганический теплоизоляционный материал на основе стекла и имеет один из высоких классов пожаробезопасности и огнестойкости среди всех классических строительных теплоизоляционных материалов. Температура применения пеностекла находится в пределах от -200 °С до +600 °С.

Высокая химическая и биологическая стойкость и отсутствие соединений, способных синтезировать или выделять вредные вещества, позволяют говорить о его высокой экологической и санитарной безопасности.

Материал имеет длительный срок эксплуатации, высокую стабильность размеров, прочен, не проникаем для влаги, морозостоек, сохраняет свои теплоизоляционные и прочностные характеристики на протяжении всего срока эксплуатации здания.

Основные физико-механические свойства отечественных материалов на основе пеностекла представлены в таблице 1. [2, 11].

Таблица 1

Физико-механические свойства отечественных материалов на основе пеностекла

Характеристика	Пеностекольный щебень	Блочное пеностекло	Гранулированное пеностекло
Средняя плотность, кг/м^3	–	80–200	–
Насыпная плотность, кг/м^3	100–170	–	110–400
Теплопроводность, Вт/(м ºС)	0,07	0,08	0,05
Прочность на сжатие, МПа	От 0,4	1–3,5	0,4–1,5
Температура эксплуатации, ºС	От -200 до +550	От -200 до +400	От -200 до +450
Водопоглощение, %	5,0	2,5	3,5–5,0
Уровень горючести, группа	НГ	НГ	НГ
Морозостойкость, количество циклов	100	100	100

Проведенный анализ показал, что российский рынок пеностекла находится в зачаточном состоянии. Несмотря на то, что пеностекло выпускается с 30-х гг. 20 века – это малознакомый продукт для российского рынка. Сказывается скованность молодых предприятий, не имеющих пока возможности широко рекламировать свою продукцию, а также предпринимать другие маркетинговые усилия для продвижения продукции, а также отсутствие нормативных документов на применение. Безусловно, рынок пеностекла, несмотря на все эти недостатки, в ближайшие годы будет активно расти.

Ассортимент материалов из пеностекла представлен в основном следующими разновидностями: блочное пеностекло (плиты, блоки); гранулированное пеностекло; пеностекольный щебень. На основании информации официальных сайтов предприятий-производителей изделий из пеностекла, построена структура численности функционирующих предприятий. Всего в России действуют 8 предприятий, строящихся предприятий – 3. Основное количество производителей пеностекольных материалов выпускают щебень и блочное пеностекло (рис. 1) [2, 3].

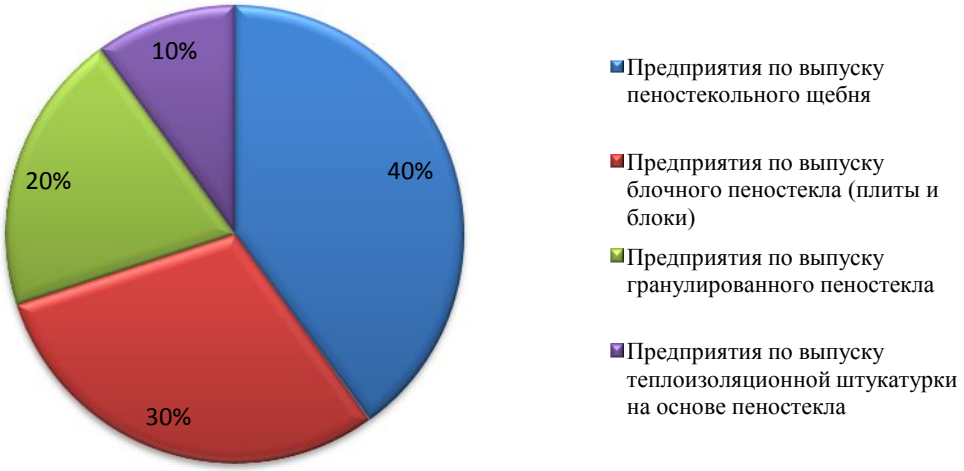


Рис. 1. Структура численности действующих предприятий по выпуску изделий из пеностекла в России

На основании анализа территориального размещения предприятий, производящих пеностекло в России составлена топология предприятий (см. рис. 2), красными флажками обозначены действующие предприятия, а синими – проектируемые, планируемые или предприятия, остановившие производство. Установлено, что большинство предприятий сосредоточенно в европейской части России. Лидирующими производителями пеностекла являются: «ICM Glass», «СТЭС-Владимир», «Пеноситал».

Цена материалов из пеностекла не может быть отнесена к низкой ценовой категории (табл. 2). Но высокая химическая устойчивость, длительный (около 100 лет) срок эксплуатации пеностекла позволяют существенно сократить эксплуатационные затраты. Здания и конструкции изготовленные с применением пеностекольных материалов не требуют в своем жизненном цикле замены теплоизоляции, что существенно снижает расходы на закупку материалов и их демонтаж и монтаж.

Таблица 2

Диапазон отпускных цен на пеностекло

Вид изделий	Отпускная цена, руб/м^3
Пеностекольный щебень	3500–4500
Блочное пеностекло	9700–19500
Гранулированное пеностекло	6000–22500

Представленный диапазон цен рассматривался на основе игроков рынка действующих предприятий по производству пеностекла в России. Отпускная цена на материалы из пеностекла актуальна на начало 2018 года.

Таким образом, пеностекло, как эффективный теплоизоляционный материал, пока еще не нашел широкого применения в строительной индустрии и основной причиной тому является достаточно высокая стоимость и отсутствие нормативных документов на применение, но несмотря на это в дальнейшем рынок пеностекла несомненно будет развиваться и расти.

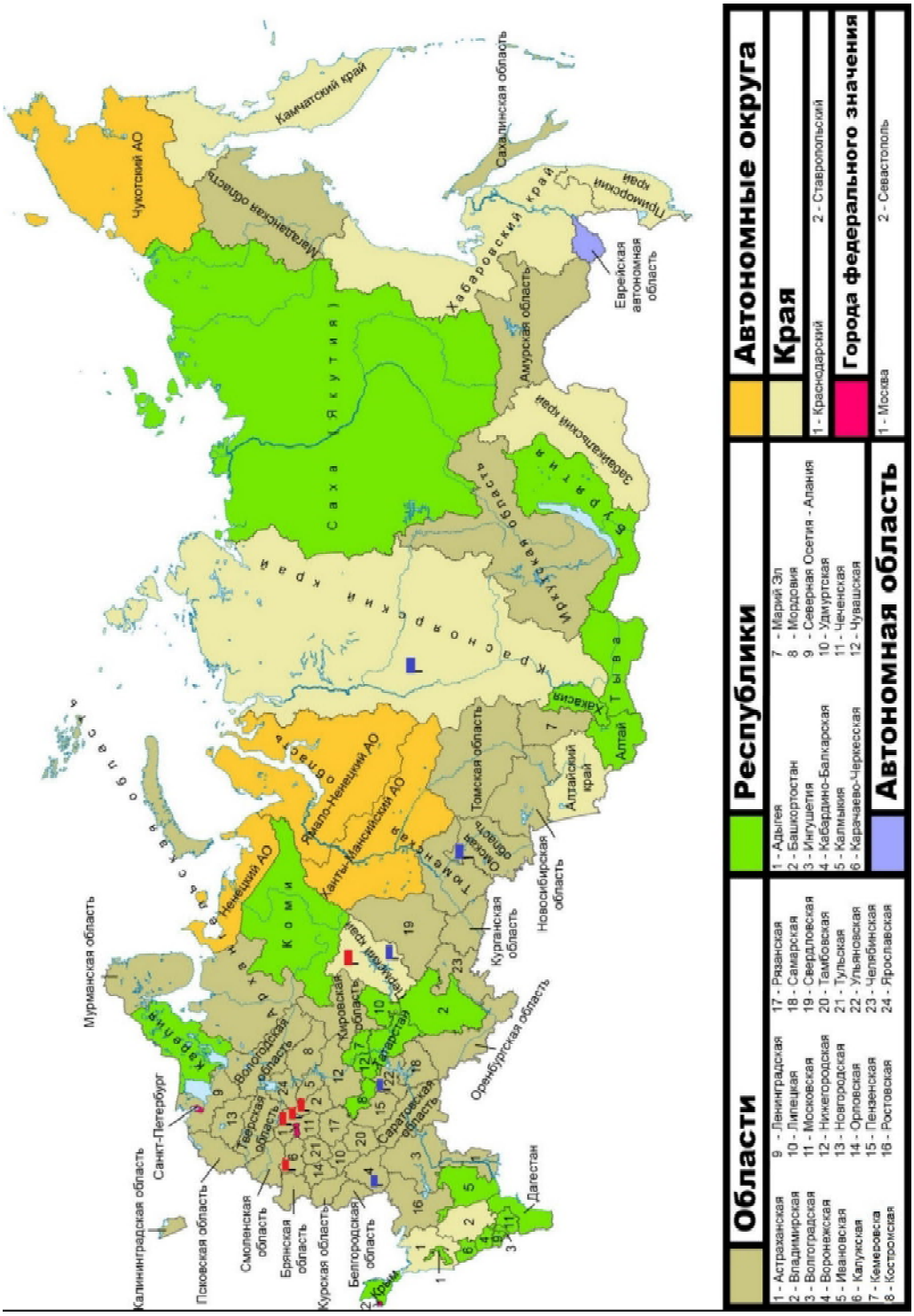


Рис. 2. Топография действующих предприятий

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Min'ko N.I., Puchka O.V., Stepanova M.N., Vaysera S.S. Теплоизоляционное стекло. Пеностекло. 2-е изд., испр. Белгород: Изд-во БГТУ, 2016, 262 с.

2. http://www.eco-penosteklo.ru/ Пеностекло.

3. Пеностекло для "Зарядья". Стеклосоюз [Электронные данные]. URL: http://steklosouz.ru/news/show&id=4710

4. Казьмина О.В. Физико-химические закономерности получения пенокристаллических материалов на основе кремниземистого и алюмосиликатного сырья. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: Томск, НИТПУ, 2010 г.

5. Вайсман Я.И., Кетов А.А., Кетов П.А. Получение вспененных материалов на основе синтезируемых силикатных стекол // Журнал прикладной химии. 2013. Т. 86. № 7. С. 1016–1021.

6. Российский рынок пеностекла. [Электронные данные]. URL: http://www.samsdom.ru/proizvoditelu-penostekla/

7. Шелковникова Т.И., Баранов Е.В., Петухова Н.С., Тищенко И.В. Основные физико-химические закономерности получения пористых материалов из техногенных стекол отводненных в различных условиях // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2012. №5. С. 50–56.

8. Лесовик В.С., Пучка О.В., Вайсера С.С., Елистраткин М.Ю. Новое поколение строительных композитов на основе пеностекла // Строительство и реконструкция. 2015. № 3 (59). С. 146–154.

9. Сапочева А.В., Горегляд С.Ю. Пеностекло для экологического строительства в России// Строительные материалы. 2015. № 1. С. 30–31.

10. Дёмин А.М. Расчет свойств сырца пеностекла в интервале температур термообработки // Физика и химия стекла. 2013. Т. 39. № 4. С. 660–666.

11. ГОСТ 33949-2016 «Изделия из пеностекла теплоизоляционные для зданий и сооружений» Технические условия.

Информация об авторах

Шелковникова Татьяна Иннокентьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов изделий и конструкций.
E-mail: tschelk@mail.ru
Воронежский государственный технический университет.
Адрес: Россия, 394060, Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84.

Баранов Евгений Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов изделий и конструкций.
E-mail: baranov.evg@mail.ru
Воронежский государственный технический университет.
Адрес: Россия, 394060, Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84.

Пряженцева Екатерина Александровна, магистрант.
E-mail: Priajentsewa.kat@mail.ru
Воронежский государственный технический университет.
Адрес: Россия, 394060, Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84.

Поступила в марте 2018 г.
© Шелковникова Т.И., Баранов Е.В., Пряженцева Е.А., 2018

T.I. Shelkovnikova, E.V. Baranov, E.A. Pryzhentseva

THE STRATEGIC ANALYSIS AND MARKET PROSPECTS EVALUATION FOR MATERIALS AND PRODUCTS WHICH ARE MADE OF FOAM GLASS

In a modern civilization and industrial construction a variety of building materials is used, which is created on the basis of ceramics, glass and binders. But the most important ones among them are thermal insulation materials, which play a role in saving energy resources and maintaining the necessary temperature inside the buildings. Among all types of insulation, foam glass is the most versatile material that combines high insulating properties, environmental safety, incombustibility and almost an unlimited lifetime due to the predominantly cellular structure of porosity. The variety of materials and products from foam glass (blocks, crushed gravel, granulated, micro-granular foam glass) can meet the needs of almost all areas of construction and industrial thermal insulation. Road construction can be a large-scale consumer of granular materials from foam glass. The relatively high cost of the foamed glass materials is sometimes deterrent to its use. However, the feature of the foam glass using is the lack of operating costs due to its high durability, which distinguished it from other materials. The location of enterprises producing foam glass is uneven across the territory of Russia and does not fully meet the needs of the market. The small number of enterprises in the estern and nothern regions should be eliminated after carrying out marketing and economic feasibility studies.

Keywords: *thermal insulation, foam glass, market, crushed stone made of foam glass, silicate and alkaline glasses, range of selling prices, physical and mechanical properties, building, industial thermal insulation, operating costs, topology, manufacturing companies.*

REFERENCES

1. Min'ko N.I., Puchka O.V., Stepanova M.N., Vaysera S.S. Heat insulating glass. Foam glass. 2 nd ed., Rev. Belgorod: BSTU Publishing House, 2016, 262 p.

2. Specifications 5914-001-73893595-2005. Products and materials from foam glass.

3. Foam glass for "Charge". Steklooz [Electronic data]. URL: http://steklosouz.ru/news/show&id=4710

4. Kazmina O.V. Physicochemical regularities in the production of penocrystalline materials on the basis of siliceous and aluminosilicate raw materials. The dissertation author's abstract on the competition of a scientific degree of Doctor of Technical Sciences: Tomsk, NITPU.

5. Vaisman Ya.I., Ketov A.A., Ketov P.A. Preparation of foamed materials on the basis of synthesized silicate glasses. Journal of Applied Chemistry, 2013, vol. 86, no. 7, pp. 1016–1021.

6. Russian market of foam glass. [Electronic data]. URL: http://www.samsdom.ru/proizvoditel-penostekla/

7. Shelkovnikova T.I., Baranov E.V., Petuhova N.S., Tishchenko N.V. Basic physical and chemical patterns of obtaining porous materials from man-made glasses discharged under various conditions. Scientific herald of Voronezh State Architectural and Construction University. Series: Physicochemical problems and high technologies of building materials science, 2012, no. 5, pp. 50–56.

8. Lesovik V.S., Puchka O.V., Vaysera S.S. Elistratkin M.Yu. New Generation of Building Composites Based on Foam Glass. Construction and Reconstruction, 2015, no. 3 (59), pp. 146–154.

9. Sapocheva A.V., Goreglyad S.Yu. Foamglass for environmental construction in Russia. Stroitel'nye materialyno, 2015, no. 1, pp. 30–31.

10. Demin A.M. Calculation of the properties of raw glass in the temperature range of heat treatment. Physics and Chemistry of Glass, 2013, vol. 39, no. 4, 660–666.

11. GOST 33949-2016 "Products from foam glass heat-insulating for buildings and structures" Technical conditions

Information about the authors

Tatyana I. Shelkovnikova, PhD, Assistant professor.
E-mail: tschelk@mail.ru
Voronezh State Technical University.
Russia, 394060, Voronezh, 20 years of October st., 84.

Evgeny V. Baranov, PhD, Assistant professor.
E-mail: baranov.evg@mail.ru
Voronezh State Technical University.
Russia, 394060, Voronezh, 20 years of October st., 84.

Ekaterina A. Pryazhentseva, Masterstudent
E-mail: Priajentsewa.kat@mail.ru
Voronezh State Technical University
Russia, 394060, Voronezh, 20 years of October st., 84.

Received in March 2018

DOI:10.12737/article_5b115a5fca2155.86312327

Траутваин А.И., канд. техн. наук, доц.,
Ядыкина В.В., д-р техн. наук, проф.,
Лебедев М.С., канд., техн. наук, доц.,
Акимов А.Е., канд. техн. наук
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНВЕРСИОННОГО МЕЛА В КАЧЕСТВЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

trautvain@bk.ru

Анализ сложившейся ситуации в сфере дорожного строительства, показал, что при строительстве автомобильных дорог, в частности при приготовлении асфальтобетонных смесей необходимо использование большого количества качественного минерального порошка. Решение данной проблемы может лежать в плоскости расширения сырьевых ресурсов за счет использования карбонаткальциевых отходов (конверсионного карбонатного мела). Конверсионный карбонат кальция является побочным продуктом, образующимся при выпуске азотсодержащих удобрений и может стать заменой традиционно используемому известняковому минеральному порошку. Было отмечено, что исследуемый отход по химическому и гранулометрическому составу близок к традиционному минеральному порошку. Однако, поверхность зерна образца конверсионного мела имеет значительно более сложный микрорельеф, с большим количеством углублений и впадин, что обеспечивает зерну большую удельную поверхность по сравнению с таким же зерном традиционного материала. Данная особенность может привести к более высокой структурирующей способности такого минерального порошка по отношению к органическому вяжущему и явлениям избирательной адсорбции компонентов битума на его поверхности. Предварительные исследования исходного сырья показали, что по совокупности свойств конверсионный мел может быть использован в качестве сырьевого материала пригодного для производства минерального порошка для асфальтобетона.

Ключевые слова: *минеральный порошок, конверсионный мел, техногенное сырье, асфальтобетон.*

Введение. Производство асфальтобетонных смесей на местных сырьевых материалах с высокими эксплуатационными показателями является одной из важных проблем, решение которой позволит уменьшить себестоимость асфальтобетонных покрытий без ухудшения физико-механических показателей и долговечности покрытий.

Разработка асфальтобетона с использованием не традиционных компонентов представляет собой, по существу, процесс решения задачи формирования в материале системы контактов и силовых связей его структурных элементов, пространственного размещения этих контактов и связей в объеме композита по критериям наиболее эффективной, оптимальной их сопротивляемости эксплуатационным воздействиям [1]. Асфальтобетон является сложной многокомпонентной системой, в которой все составляющие выполняют определенную роль. Одной из составляющих асфальтобетона является тонкодисперсный порошок [2].

Методология. Химический состав горных пород, из которых получали наполнители, определен рентгенофлуоресцентным анализом, минеральный состав – рентгенофазовым анализом. Анализ образцов карбонатного сырья для производства минеральных порошков выполнен на спектрометре серии ARL 9900 WorkStation со встроенной системой дифракции («Thermo Fisher Scientific»).

Гранулометрический состав материала оценивали по распределению частиц по размерам. Определяли методом лазерной дифракции с помощью лазерного анализатора размеров частиц FRITSCH Analysette 22 NanoTec plus.

Микроструктурные особенности материалов изучались на сканирующем электронном микроскопе TESCAN MIRA 3 LMU.

Основная часть. Минеральный порошок, обладая наибольшей удельной поверхностью среди минеральных материалов в составе асфальтобетонов, является одним из ключевых компонентов асфальтобетонной смеси, который, вступая во взаимодействие с битумом, переводит его в пленочное состояние. Таким образом, от химических и физических характеристик поверхности минерального порошка напрямую зависят такие важные характеристики асфальто-

бетона как теплостойкость, трещиностойкость, усталостная долговечность [3–4].

Традиционные минеральные порошки изготавливаются помолом известняка – сырья, не имеющего достаточного распространения во многих регионах России [5–8]. Поэтому, в целях расширения сырьевой базы, перевода производства на локальное сырье и решение вопросов утилизации отходов промышленности производится исследование нетрадиционных видов сырья для приготовления минеральных порошков, в частности, мел конверсионный (карбонат кальция).

Чтобы найти возможность применения подобных порошков в органоминеральных смесях без ухудшения их свойств, необходимо разобраться во взаимодействиях между минеральным порошком и органическим вяжущим [9]. В основном они происходят на поверхности раздела, фаз поэтому изучение свойств поверхностных слоев необходимо для понимания структуры и механизма образования смеси минерального порошка с органическим вяжущим [3].

Известно, что ориентация углеводородных цепей органического вяжущего может быть различной: часть цепи, содержащая активные функциональные группы, может быть ориентирована в сторону поверхности минерального порошка (типа кальцита) и от его поверхности (типа кварца) [9–10].

Порошки первого типа, имеющие положительный заряд поверхности, предложили называть активными по отношению к органическому вяжущему, второго типа – с отрицательным зарядом поверхности – инактивными. При этом активные функциональные группы органического вяжущего при взаимодействии с активными порошками расходуют химическую энергию на образование соединений, прочно удерживающих органические молекулы на поверхности порошка, и утрачивают свою первоначальную реакционную способность, т.е. минеральный порошок "блокирует" активные группы вяжущего. Компоненты вяжущего типа масел могут либо отчасти фильтроваться внутрь минеральных частиц (пористые порошки), либо адсорбироваться полностью на их поверхности (плотные порошки) [3].

Конверсионный мел является побочным продуктом, образующимся при выпуске азотсодержащих удобрений. Для предприятий, осуществляющих выпуск такой продукции серьезной проблемой является складирование и хранение конверсионного мела. Его объемы достаточно велики, а потребление другими предприятиями мало, что приводит к необходимости хранения данного материала, в том числе на землях сельскохозяйственных угодьях.

С другой стороны, 1 км асфальтобетонного покрытия на магистральной многополосной автомобильной дороге шириной 21м, толщина слоя покрытия 18 см - потребует до 700т минерального порошка. С учетом темпов строительства в одной только Белгородской области сезонная потребность в минеральном порошке составляет до 35000 т.

Таким образом, анализ возможности применения конверсионного мела и разработка технологии производства минерального порошка на его основе позволит решить сразу две важные задачи: утилизация побочного продукта производства и локализация производства компонентов асфальтобетона в пределах одного региона с минимизацией транспортно-логистических расходов. Что в свою очередь позволит снизить себестоимость производства асфальтобетона без потерь качества материала.

Химический состав горных пород, из которых получали наполнители, определен рентгенофлуоресцентным анализом, минеральный состав – рентгенофазовым анализом (табл. 1). Анализ образцов карбонатного сырья для производства минеральных порошков выполнен на спектрометре серии ARL 9900 WorkStation со встроенной системой дифракции («Thermo Fisher Scientific»).

Таблица 1

Химический состав конверсионного карбоната кальция

Материал	Содержание оксидов, вес.%								
	CaO	MgO	CO_2	SrO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	Другие
Карбонат кальция для сельского хозяйства Сорт 1	54,60	–	42,81	1,70	0,25	0,03	0,07	0,36	0,18
Мел конверсионный Марка А	54,57	–	42,79	1,73	0,25	0,03	0,07	0,36	0,20
Известняк	48,98	1,31	39,85	0,03	6,84	1,32	0,67	–	1,00

Примечание: CO_2 рассчитан только для оксидов кальция и магния

По данным РФА, приведенным в таблице 1, конверсионный мел состоит из минерала кальцита $CaCO_3$. Присутствие в химическом составе оксида стронция (SrO) может объяснить изоморфным замещением атома кальция на атом стронция в структуре кальцита, поскольку эти два элемента находятся в одной группе Периодической системы, но для стронция характерен немного больший атомный радиус. Необходимо отметить общность химического состава различных сырьевых компонентов: известнякового минерального порошка, карбоната кальция для сельского хозяйства и конверсионного мела. Так же как и в известняке основным компонентом является карбонат кальция - химическое соединение, характеризующееся эффективным взаимодействием с компонентами нефтяного битума.

Известно, что пленки из органического вяжущего более интенсивно притягиваются к поверхности минеральных частиц с большим количеством положительных электрических центров. При этом, чем сильнее выражены положительные заряды поверхности минерала, тем выше адгезия к ним органических вяжущих. К тому же адгезионные силы увеличиваются по сравнению с когезионными с увеличением смачивания поверхности минеральных частиц органической жидкостью. При объединении минерального порошка с органическим вяжущим на поверхности раздела протекают процессы физической адсорбции и хемсорбционные. Последние обусловливают высокие показатели вязкости и прочности смеси. Наиболее характерным порошком с большим количеством положительных адсорбционных центров и высокой структурирующей ролью является известняковый. При насыщении смеси этого порошка с органическим вяжущим водой некоторая часть пленок вяжущего смещается с тех участков порошка, где имелось лишь избирательное смачивание и протекали процессы физической адсорбции. Однако в этой системе таких участков немного и, в основном, они проявляются на более крупных частицах, особенно при малоактивном вяжущем, имеющем незначительное количество соединений, в состав которых входит группа -C00H- [9, 11–12].

Гранулометрический состав материала оценивали по распределению частиц по размерам (рис. 1). Определяли методом лазерной дифракции с помощью лазерного анализатора размеров частиц FRITSCH Analysette 22 NanoTec plus.

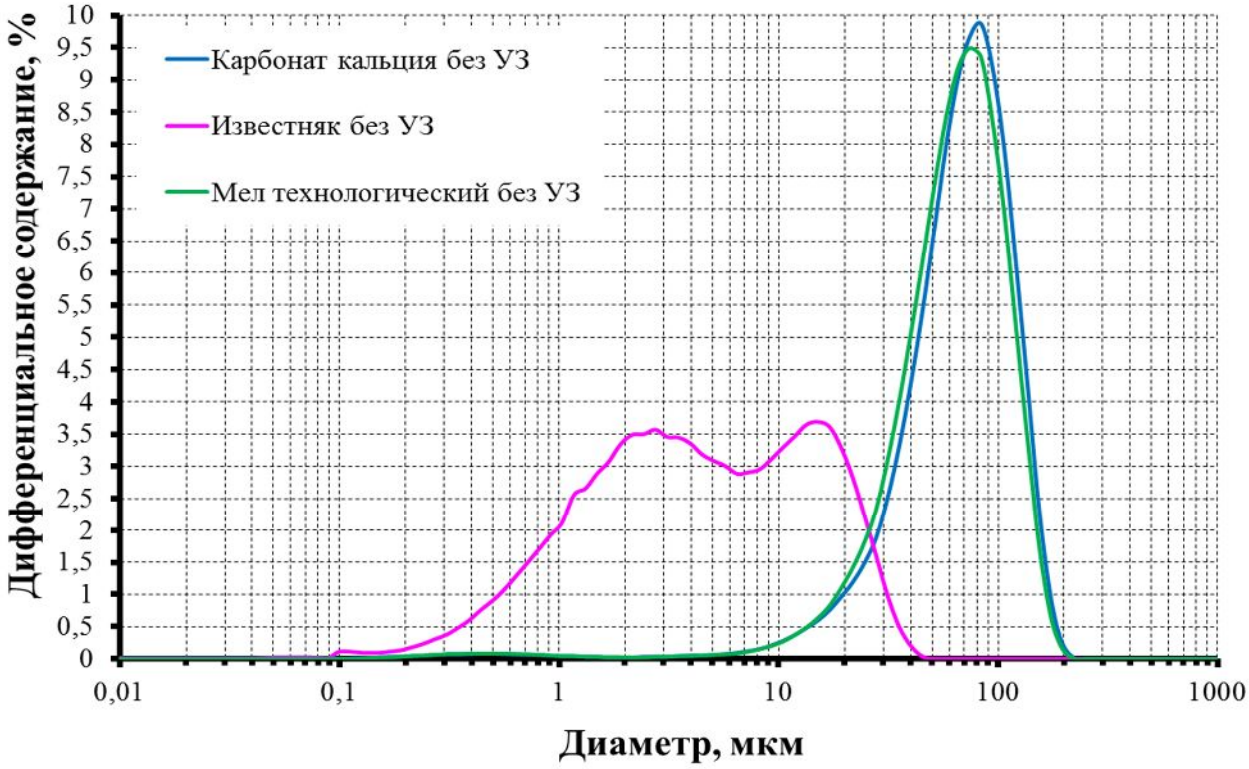


Рис. 1. Кривые распределения частиц конверсионного карбоната кальция и минерального порошка из известняка

Как видно из рис. 1, конверсионный карбонат кальция крупноват для минерального порошка, преобладающий размер частиц (пик распределения частиц по размерам) в районе 70–80 мкм. При этом существенных явлений растворения вещества в воде и распада агрегатов под действием ультразвука не обнаружено.

Таким образом, в отличии от минерального порошка, конверсионный мел по гранулометрическому составу является менее однородным и

содержащим более крупные частицы. Данная особенность не позволит использовать материал без предварительного размола. С другой стороны, дополнительный размол не только улучшит гранулометрический состав и удельную поверхность, но и позволит провести механическую, а, при необходимости, механо-химическую, активацию.

По результатам СЭМ видна необычная структура зерна порошка конверсионного мела, нехарактерная для кальцита (рис. 2). Микроструктурные особенности материалов изучались на сканирующем электронном микроскопе TESCAN MIRA 3 LMU.

а *б*

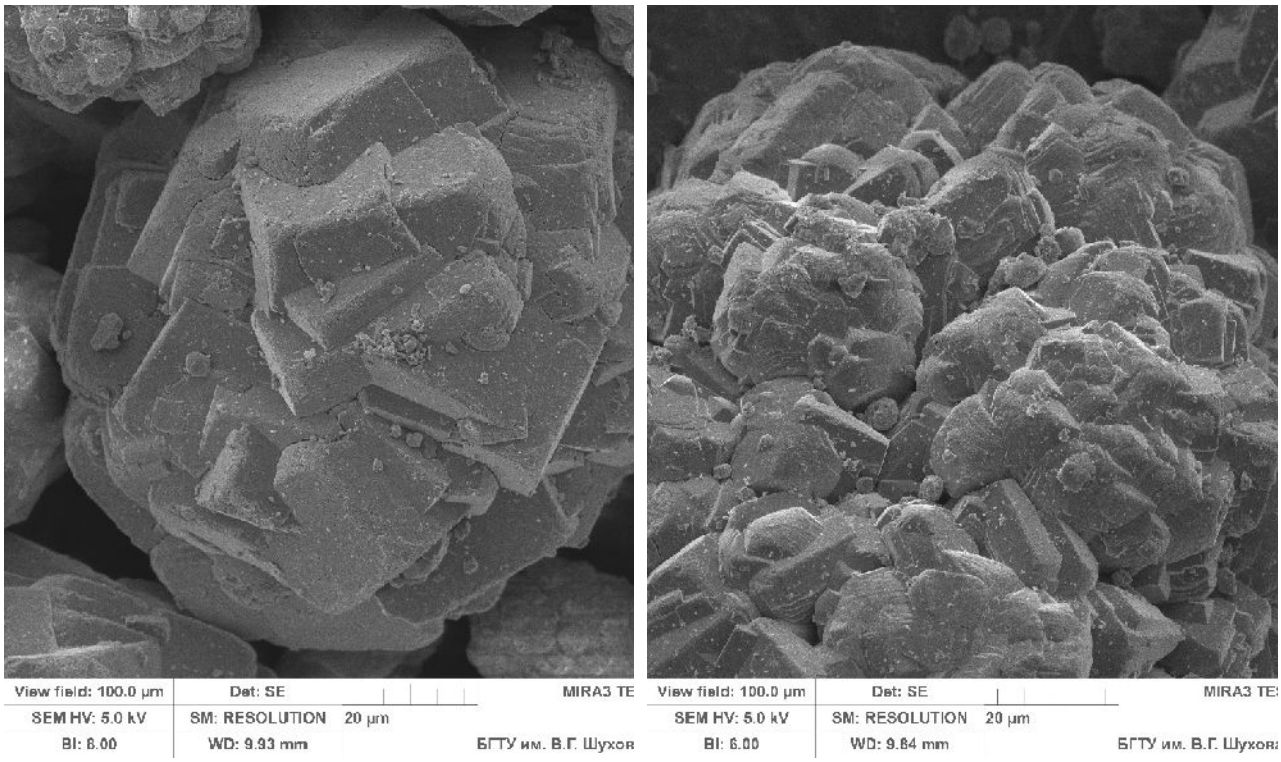


Рис. 2. Микрофотографии карбонатного минерального порошка (а) и конверсионного мела (б)

Приведенные микрофотографии показывают значительные различия между традиционным карбонатным порошком (рис. 2а) и конверсионным мелом (рис. 2б). Поверхность зерна образца конверсионного мела имеет значительно более сложный микрорельеф, с большим количеством углублений и впадин, что обеспечивает зерну большую удельную поверхность по сравнению с таким же зерном традиционного материала. Данная особенность может привести к более высокой структурирующей способности такого минерального порошка по отношению к органическому вяжущему и явлениям избирательной адсорбции компонентов битума на его поверхности.

Предварительные исследования исходного сырья показали, что по совокупности свойств конверсионный мел может быть использован в качестве пригодного сырьевого материала для производства минерального порошка для асфальтобетона. По химическому составу материал близок к традиционными известняковым минеральным порошкам, а гранулометрический состав и свойства поверхности могут быть исправлены путем дополнительного измельчения. Применение современных технологий измельчения позволит не только достичь нужных показателей крупности и однородности, но и произвести механическую или механохимическую активацию для достижения необходимых свойств поверхности [13–15].

Выводы. В ходе выполнения работы были проведены предварительные исследования нетрадиционных видов сырья для приготовления минеральных порошков, в частности, мела конверсионного.

Конверсионный карбонат кальция является побочным продуктом, образующимся при выпуске азотсодержащих удобрений и может стать заменой традиционно используемому известняковому минеральному порошку. Было отмечено, что исследуемый отход по химическому и гранулометрическому составу близок к традиционному минеральному порошку. Однако, поверхность зерна образца конверсионного мела имеет значительно более сложный микрорельеф, с большим количеством углублений и впадин, что обеспечивает зерну большую удельную поверхность по сравнению с таким же зерном традиционного материала. Данная особенность может

привести к более высокой структурирующей способности такого минерального порошка по отношению к органическому вяжущему и явлениям избирательной адсорбции компонентов битума на его поверхности.

***Источник финансирования**. РФФИ и Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чернышов Е.М. Некоторые итоги развития научных исследований в области системно-структурного строительного материаловедения и высоких технологий (к 70-летию открытия специальности инженер–строитель–технолог в Воронежском государственном архитектурно-строительном университете) //Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2014. № 2. С. 3–17.

2. Буртан С.Т., Мустафин С.К. Принципы управления качеством асфальтобетона на основе оптимизации состава и сочетания компонентов битумоминеральных смесей // Автомобильные дороги. 2013. №. 7. С. 980.

3. Ликомаскина М.А. Исследование влияния минеральных порошков различного химико-минералогического состава на свойства асфальтобетонных смесей // Региональная архитектура и строительство. 2017. №. 2. С. 53–63.

4. Афиногенов О.П., Вайдуров С.С. Применение в асфальтобетонных смесях минерального порошка из перлита Хасынского месторождения // Молодой ученый. 2014. №. 2. С. 104–107.

5. Хитров К.А. Исследование возможности применения пыли-уноса асфальтосмесительных установок взамен традиционных порошков для строительства лесовозных автодорог: Автореф. дис. канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2010. 18 с.

6. Чериков С.Т., Эрбаева Р.С., Баткибекова М.Б. Использование известковых отходов сахарного производства в качестве минерального порошка при изготовлении асфальтобетонных смесей // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2012. Т. 26. С. 226–230.

7. Сергуткина О.Р. Комплекс исследований для научно-обоснованного использования техногенных продуктов в производстве строительных композитов // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Сер.: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2013. №. 6. С. 105.

8. Чернышов Е.М., Потамошнева Н.Д. Проблемы развития научных основ и прикладных решений в задачах строительно-технологической утилизации техногенных отходов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. №. 6. С. 21–26.

9. Киселёв В.П. Органический компонент асфальтобетонных смесей // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. №. 3. С. 207–218.

10. Подольский В.П., Ерохин А.В. Коррозионная устойчивость асфальтобетонов с использованием минерального порошка из углеродсодержащих материалов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2008. №. 1. С. 149–152.

11. Кузнецов Д.А., Высоцкая М.А., Барабаш Д.Е. Влияние адгезионных добавок на интенсивность деградационных процессов дорожных битумов // Строительные материалы. 2012. №. 10. С. 24–27.

12. Yadykina V.V., Gridchin A. M., Trautvain A. I., Tobolenko S. S. Influence of the Type of the Fiber Component of the Stabilizing Additive for Stone Mastic Asphalt Concrete on the Structure of an Organic Binder // Applied Mechanics and Materials. 2016. Vol. 835. P. 494–500. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.835.494.

13. Yadykina V.V., Gridchin A.M., Trautvain A.I., Khoroshikh A.S. Increasing the Reactivity of the Mineral Powders by Modifying // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 749. P. 348–352 DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.749.348.

14. Trautvain A., Yadykina V., Gridchin A., Pashkova Ch. Evaluating the effectiveness of preparing activated mineral powders from technogenic raw materials for asphalt mixtures // Procedia Engineering. 2015. Vol. 117. P. 355–361.

15. Пат. 2450991 РФ, МПК7 C04B26/26. Способ получения минерального порошка для асфальтобетонной смеси / Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Траутваин А.И.; Заявитель и патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова". №2010132428/03; заявл. 02.08.2010; опубл. 20.05.2012.

Информация об авторах

Траутваин Анна Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог.
E-mail: trautvain@bk.ru.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Ядыкина Валентина Васильевна, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильных и железных дорог.
E-mail: vvya@intbel.ru.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Лебедев Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, научный сотрудник ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова.
E-mail: michaell1987@ya.ru.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Акимов Андрей Евгеньевич, кандидат технических наук, ведущий инженер ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова.
E-mail: akimov548@gmail.com.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в марте 2018 г.
© Траутваин А.И., Ядыкина В.В., Лебедев М.С., Акимов А.Е., 2018

A.I. Trautvain, V.V. Yadykina, M.S. Lebedev, A.E. Akimov

PRELIMINARY INVESTIGATIONS OF THE CONVERSION SEAL AS A MINERAL POWDER FOR ASPHALT-CONCRETE MIXTURES

Analysis of the current situation in the field of road construction showed that while building roads, in particular when preparing asphalt mixtures, it is necessary to use a large amount of high-quality mineral powder. The solution of this problem can lie in the plane of expanding the raw material resources through the use of carbonaceous waste (conversion carbonate chalk). Conversion of calcium carbonate is a by-product formed during the release of nitrogen fertilizers and can become a substitute for the traditionally used limestone mineral powder. It was noted that the investigated waste in terms of chemical and granulometric composition is similar to the traditional mineral powder. However, the surface of the grain of the conversion chalk sample has a much more complex surface relief, with a large number of depressions and depressions, which provides the grain with a larger specific surface compared to the same grain of the traditional material. This feature can lead to a higher structuring ability of such a mineral powder in relation to an organic astringent and phenomena of selective adsorption of bitumen components on its surface. Preliminary studies of the feedstock showed that for a combination of properties, conversion chalk can be used as a raw material of a suitable mineral powder for asphalt concrete.

Keywords: *mineral powder, conversion chalk, technogenic raw materials, asphaltic concrete.*

REFERENCES

1. Chernyshov E.M. Some results of the development of scientific research in the field of structural structural materials science and high technologies (on the occasion of the 70th anniversary of the opening of the specialty of the engineer-constructor-technologist at the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering). Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physicochemical problems and high technologies of building materials science. Voronezh, 2014, no. 2, pp. 3-17.

2. Burtan S. T., Mustafin S. Principles of quality control of asphalt concrete on the basis of optimization of composition and combination of components of bituminous mineral mixtures. Automobile roads, 2013, no. 7, pp. 980.

3. Likomaskina M.A. Investigation of the influence of mineral powders of various chemical and mineralogical composition on the properties of asphalt-concrete mixture. Regional architecture and construction, 2017, no. 2, pp. 53–63.

4. Afinogenov O.P., Vaidurov S.S. Application in asphalt mixtures of mineral powder from perlite of the Khasyn deposit. Young scientist, 2014, no. 2, pp. 104–107.

5. Khitrov K.A. Investigation of the possibility of using dust asphyxiation of asphalt mixing plants in place of traditional powders for the construction of logging roads: Abstract. dis. Cand. tech. sciences. St. Petersburg, 2010, 18 p.

6. Cherikov S.T., Erbaeva R.S., Batkibekova M.B. Use of calcareous waste of sugar production as a mineral powder in the manufacture of asphalt-concrete mixtures. Izvestiya Kyrgyz State Technical

University named I. Razzakova, 2012, vol. 26, pp. 226–230.

7. Sergutkina O.R. A complex of studies for the scientifically-based use of technogenic products in the production of building composites. Scientific Herald of the Voronezh State Agricultural Academy. Ser.: Physical and chemical problems and high technologies of building materials science, 2013, no. 6, pp. 105.

8. Chernyshov E.M., Potamoshneva N.D. Problems of development of scientific foundations and applied solutions in the tasks of building and technological utilization of man-made waste. Building materials, equipment, technologies of the XXI century, 2014, no. 6, pp. 21–26.

9. Kiselev V.P. Organic component of asphalt-concrete mixtures. Bulletin of Tomsk State Architectural and Construction University, 2012, no. 3, pp. 207–218.

10. Podolsky V.P., Erokhin A.V. Corrosion stability of asphalt concrete using mineral powder from carbon-containing materials. Scientific herald of the Voronezh State Architectural and Construction University. Construction and architecture, 2008, no 1, pp. 149–152.

11. Kuznetsov D.A., Vysotskaya M.A., Barabash D.E. Influence of adhesion additives on the intensity of degradation processes of road bitumen. Building Materials, 2012, no. 10, pp. 24–27.

12. Yadykina V.V., Gridchin A.M., Trautvain A.I., Tobolenko S.S. Influence of the Type of the Fiber Component of the Stabilizing Additive for Stone Mastic Asphalt Concrete on the Structure of an Organic Binder. Applied Mechanics and Materials, 2016, vol. 835, pp. 494–500. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.835.494.

13. Yadykina V.V., Gridchin A.M., Trautvain A.I., Khoroshikh A.S. Increasing the Reactivity of the Mineral Powders by Modifying. Applied Mechanics and Materials, 2015, vol. 749, pp. 348–352 DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.749.348.

14. Trautvain A., Yadykina V., Gridchin A., Pashkova Ch. Evaluating the effectiveness of preparing activated mineral powders from technogenic raw materials for asphalt mixtures. Procedia Engineering. 2015, vol. 117, pp. 355–361.

15. Yadikina V.V., Gridchin A.M., Trautvain A.I. The method of obtaining a mineral powder for an asphalt-concrete mixture, no. 2450991, 2012.

Information about the author
Anna I. Trautvain, PhD, Assistant professor.
E-mail: trautvain@bk.ru.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Yadykina V. Vasil'yevna, PhD, Professor.
E-mail: vvya@intbel.ru.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Mikhail S. Lebedev, PhD., Researcher of the Center for High Technologies.
E-mail: michaell1987@ya.ru.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46

Andrey E. Akimov, Ph.D., Leading engineer of the Center for High Technologies.
E-mail: akimov548@gmail.com.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Received in March 2018

DOI: 10.12737/article_5b115a615b7740.81075577

Ерофеева И.В., м. н. с.
НИИ строительной физики РААСН

БИОСТОЙКОСТЬ КАРБОНАТНО-КВАРЦЕВЫХ КОМПОЗИТОВ

anna19811981@mail.ru

Одним из эффективных способов улучшения свойств цементных композитов является применение при их изготовлении комплексных добавок, состоящих из мелкого и тонкозернистого наполнителя. При оптимальном соотношении наполнителей различной дисперсности достигается, наряду с улучшением упругопрочностных свойств, снижение пористости и повышение долговечности. Статья посвящена исследованию долговечности карбонатно-кварцевых композитов в условиях воздействия микробиологической среды, состоящей из мицелиальных грибов. Рассмотрены цементные композиты, наполненные добавками различной дисперсности – кварцем, известняком и доломитом. Задача решалась с помощью симплекс–решетчатого плана Шеффе. Исследована обрастаемость материалов мицелиальными грибами по ГОСТ 9049-91 методами 1 и 3. Рассмотрение обрастаемости материалов, содержащих мононаполнители, показывает, что в меньшей степени обрастают мицелиальными грибами композиции, наполненные органогенным известняком. Этот же наполнитель, а также доломитовый приводят к большему повышению биостойкости композиций с бипарным наполнителем.

Ключевые слова: *биостойкость, наполненные композиты, известняки, доломит, кварц; симплекс-решетчатый план, грибостойкость, фунгицидность, карбонатно-кварцевые композиты.*

Введение. Для экономии вяжущих и регулирования физико-технических свойств композиционных строительных материалов используются порошкообразные и волокнистые наполнители.

Наполнители в цементных системах делятся на активные и инертные. При этом первые способны вступать в химическое взаимодействие с продуктами гидратации цемента.

Из многочисленных исследований отечественных и зарубежных авторов следует, что одним из эффективных способов улучшения свойств цементных композитов является применение при их изготовлении комплексных добавок, состоящих из мелкого и тонкозернистого наполнителя [1, 2, 3]. При их оптимальном соотношении достигается, наряду с улучшением упругопрочностных свойств, снижение пористости и повышение долговечности.

В последнее время актуальными являются исследования биостойкости цементных композитов [4, 5, 6, 7].

Основная часть. Исследования биостойкости цементных композитов проведены по ГОСТ 9049-91 с применением симплекс-решетчатого плана Шеффе.

Прочность наполненной цементной системы – результат синтеза процессов химического, физико-химического, физико-механического взаимодействия, в которых наполнитель принимает самое активное участие. Химически активные наполнители реагируют с продуктами гидратации цемента, связывая их в нерастворимые соединения. Кремнеземистые наполнители, вступая во взаимодействие с гидроксидом кальция ($Ca(OH)_2$), образуют низкоосновные гидросиликаты, а карбонаты кальция и магния взаимодействуя с алюмосодержащими клинкерными минералами, образуют комплексные соединения типа $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Ca(Mg)CO_3 \cdot 11H_2O$. Выявлена также возможность обменных реакций между карбонатными наполнителями и гидросиликатами кальция [1, 12].

В ряде работ [1, 12] отмечалось, что применение карбонатных добавок способствует уменьшению водопотребности, расслаиваемости и водоотделения бетонных смесей; повышению их водоудерживающей способности, пластичности, плотности и однородности; снижению усадки, водопоглощения и тепловыделения бетонов, а также улучшает их атмосфероустойчивость, водо-, морозо- и кислотостойкость, стойкость к агрессивному воздействию морской воды и придает цементному камню и бетону более светлый цвет.

В условиях повышенной влажности и температуры материалы способны подвергаться микробиологическим повреждениям. Биодеструкция осуществляется преимущественно микроскопическими грибами. Их рост происходит вследствие того, что последние используют отдельные компоненты материала в качестве источника питания, а также за счет находящихся на поверхности внешних загрязнений. Разрушение материалов происходит как в результате механического воздействия мицелия микромицетов, так и под влиянием метаболитов, выделяемых микромицетами в процессе жизнедеятельности [4, 5, 6, 7].

В ходе работы было проведено исследование возможности использования микроскопическими грибами композитов в качестве источника питания. Нами были проведены исследования грибокостойкости и фунгицидности.

Грибостойкость композитов – это способность данного материала не служить источником питания для грибов-деструкторов, т.е. не подвергаться биоповреждению. Фунгицидность – это способность материала вызывать гибель грибов-деструкторов. Композиты, обладающие фунгицидными свойствами, не подвергаются процессу биоповреждения микромицетами даже при наличии внешних загрязнений.

Ниже приведены результаты испытаний грибостойкости и фунгицидности цементных композитов, наполненных порошками, полученными измельчением кварцевого песка и карбонатных пород – известняка речного, доломита горного, известняка органогенного, химический состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний составов с наполнителем

№ опыта	Индекс	Состав смеси, мас. ч.			Относительные показатели составов					
					с речным известняком		с доломитом горным		с органогенным известняком	
		X_1	X_2	X_3	$К_г$	$К_ф$	$К_г$	$К_ф$	$К_г$	$К_ф$
1	n_1	1	0	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	n_2	0	1	0	1,00	1,00	1,00	0,80	0,83	0,92
3	n_3	0	0	1	1,00	1,00	1,00	0,73	0,75	0,83
4	n_{122}	1/3	2/3	0	1,12	0,92	1,00	0,73	0,83	0,83
5	n_{133}	1/3	0	2/3	0,75	0,92	0,33	0,73	0,92	0,92
6	n_{233}	0	1/3	2/3	0,87	1,00	1,00	0,80	0,67	1,00
7	n_{112}	2/3	1/3	0	0,62	1,00	1,33	0,80	0,50	1,08
8	n_{113}	2/3	0	1/3	0,75	1,00	1,33	0,73	0,50	0,83
9	n_{223}	0	2/3	1/3	1,00	1,00	1,00	0,73	0,67	1,17
10	n_{123}	1/3	1/3	1/3	0,75	0,92	0,33	0,87	0,75	0,92

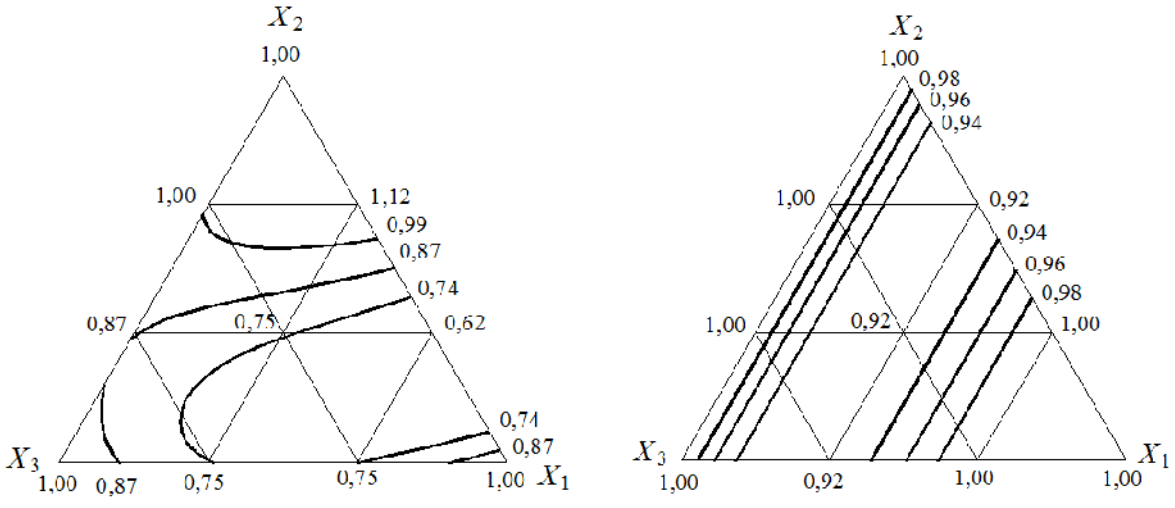
Изучались композиции, полученные на основе как порошков различной дисперсности, так и смесей кварцевого и карбонатного наполнителя. Исследования проведены с применением методов математического планирования эксперимента (использован симплекс-решетчатый план, предложенный Шеффе). Для выполнения эксперимента была реализована матрица в виде плана, состоящая из 10 опытов. Факторами варьирования являлись: X_1 – количество кварцевого порошка дисперсностью 3100–3300 см^2/г; X_2 – количество карбонатного порошка дисперсностью 6 000–6 200 см^2/г; X_3 – количество карбонатного порошка дисперсностью 9000–9200 см^2/г.

Были изготовлены и испытаны образцы цементных композитов со 100 % содержанием смеси наполнителей по отношению к цементу. Испытания проводились на образцах-призмах размером 1×1×3 см. Вначале определялись абсолютные значения грибостойкости и фунгицидности каждого состава, затем производился пересчет на относительные показатели по отношению к обрастаемости образцов (методами 1 и 3) составов, наполненных только порошком кварцевого песка:

$$К_г = Г_{сн}/ Г_{кн}, К_ф = Ф_{сн}/ Ф_{кн},$$

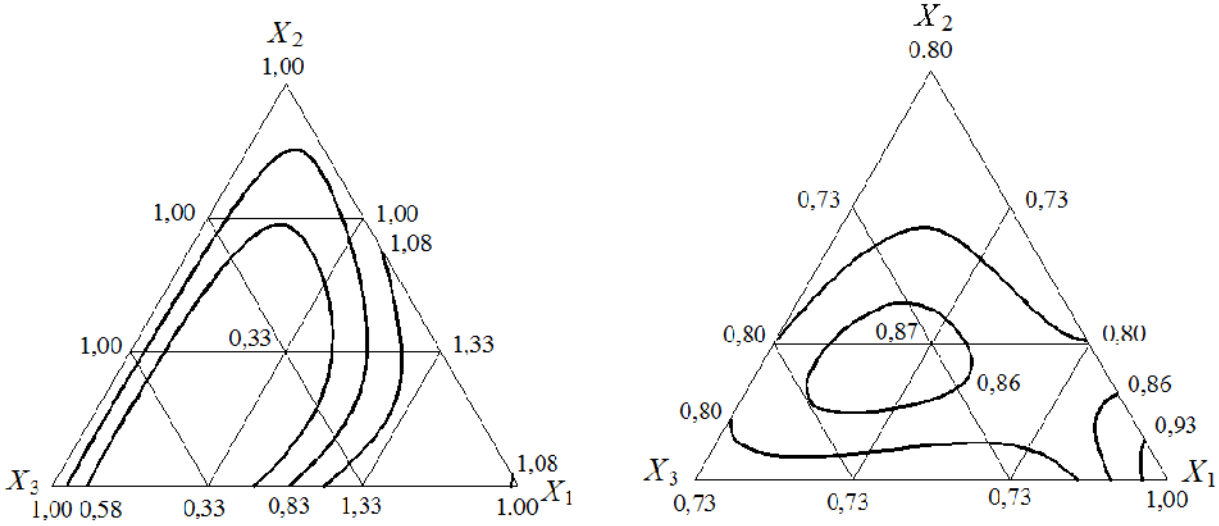
где $К_г$ и $К_ф$ – относительные показатели грибостойкости и фунгицидности составов, наполненных кварцевокарбонатными порошками, по сравнению с кварценаполненными; $Г_{сн}$ и $Г_{кн}$ – абсолютные показатели грибостойкости составов, наполненных соответственно кварцево-карбонатным и кварцевым наполнителями; $Ф_{сн}$ и $Ф_{кн}$ – абсолютные показатели фунгицидности составов, наполненных соответственно кварцево-карбонатным и кварцевым наполнителями. Результаты выполненных испытаний приведены в таблице.

1. На основании найденных уравнений регрессии были построены графики в виде линий равных значений $К_г$ и $К_ф$, представленные на рисунках 1–3.



а *б*

Рис. 1. Линии равных значений $К_г$ (*а*) и $К_ф$ (*б*) наполненных кварцевым песком и известняком речным



а *б*

Рис. 2. Линии равных значений $К_г$ (*а*) и $К_ф$ (*б*) цементных композитов, наполненных кварцевым песком и доломитом горным

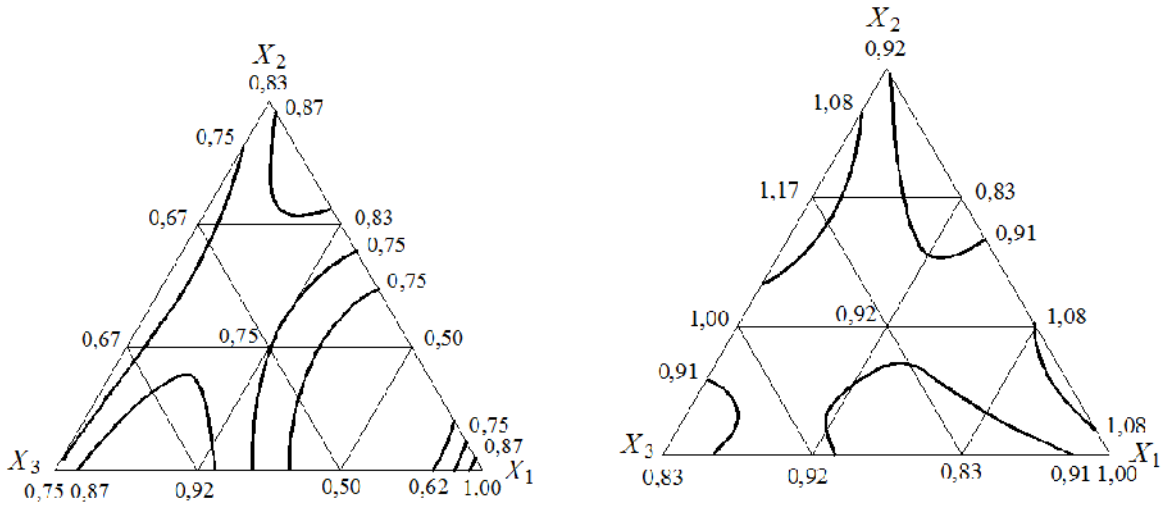


Рис. 3. Линии равных значений $К_г$ (*а*) и $К_ф$ (*б*) цементных композитов, наполненных кварцевым песком и известняком органогенным

Графические зависимости демонстрируют изменение показателей биостойкости составов отдельно с кварцевым, известняковым и доломитовым наполнителями, а также смесями кварцевого наполнителя с порошками речного известняка, доломита, органогенного известняка.

Выводы. Изучение обрастаемости материалов, содержащих мононаполнители, показывает, что в меньшей степени обрастают мицелиальными грибами композиции, наполненные органогенным известняком.

1. Этот же наполнитель, а также доломитовый приводят к большему повышению биостойкости композиций с бинарным наполнителем.

2. Наблюдается снижение обрастаемости образцов с органогенным наполнителем при испытании по методу 1 на 50 %, а по методу 3 – на 27 %, при наполнении доломитом – соответственно на 67 и 27 %, известняком горным – на 38 и 8 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. Киев: Издательство Будівельник, 1991. 135 с.

2. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. Киев: Издательство Будівельник, 1989. 128 с.

3. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Колленарди М. Добавки в бетон: Справочное пособие: М.: Стройиздат, 1988. 575 с.

4. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. Биологическое сопротивление материалов. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. 196 с.

5. Андреюк Е.И., Козлова И.А., Рожанская А.М. Микробиологическая коррозия строительных сталей и бетонов // Биоповреждения в строительстве. Москва. 1984. С. 209–218.

6. Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Светлов Д.А. Защита зданий и сооружений биоцидными препаратами на основе гуанидина от микробиологических повреждений Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010. 164 с.

7. Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Морозов Е.А. Микробиологическое разрушение материалов. М: АСВ, 2008. 128 с.

8. Белов В.В., Субботин СЛ., Куляев П.В. Прочностные и деформативные свойства бетонов с карбонатными микронаполнителями // Строительные материалы. 2015. № 3. С. 25–29.

9. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Портландцемент. М.: Стройиздат, 1967. 303 с.

10. Ерофеева И.В., Калашников В.И. Удельный расход цемента на единицу прочности бетонов нового поколения // Modems cientific potential. 2016. Vol. 17. P. 11–13.

11. Пакерс И., Хаймс Б., Барреген Б., Гонзела Р. Самоуплотняющийся бетон с измельченным карбонатом кальция // CPI. Международное бетонное производство. 2012. № 1. С. 34–40.

12. Тимашев В.В., Колбасов В.М. Свойства цементов с карбонатными добавками // Цемент. 1981. № 10. С. 10–12.

Информация об авторах
Ерофеева Ирина Владимировна, младший научный сотрудник.
E-mail: mila55510@yandex.ru
НИИ строительной физики РААСН
Россия, 127238, Москва, Локомотивный проезд, 21.

Поступила в марте 2018 г.
© Ерофеева И.В.

I.V. Erofeeva

BIOLOGICAL STABILITY OF CARBONATE-SILICA COMPOSITES

One of the effective ways to improve the properties of cement composites is the use of complex additives in their manufacture, consisting of fine and fine-grained filler. With an optimal ratio of fillers of different dispersivity is achieved, along with the improvement of elastic-strength properties, reduced porosity and increased durability. The article is devoted to the study of the durability of carbonate-quartz composites under the influence of microbiological medium consisting of mycelial fungi. Cement composites filled with additives of different dispersion - quartz, limestone and dolomite are considered. The problem was solved with the help of simplex lattice plan Sheffa. Investigated appealability of filamentous fungi materials according to GOST 9049-91 methods 1 and 3. Consideration of reversibility materials containing monopalmitate shows that to a lesser extent, are overgrown with filamentous fungi a composition filled with organogenic limestone. The same filler, as well as dolomite lead to a greater increase in the biostability of compositions with a BiPar filler.

Keywords: *biostability, filled composites, limestone, dolomite, quartz; the simplex-lattice plan, mould, fungicides, carbonate-silica composites.*

REFERENCES

1. Dvorkin L.I., Solomatov V.I., Vyrovoy V.N., Chudnovsky S.M. Cement concrete with mineral fillers. Kyiv: Budivelnik Publishing House, 1991. 135 p.

2. Afanasiev N.F., Tseluiko M.K. Additives in concretes and mortars. Kyiv: Budivelnik Publishing House, 1989. 128 p.

3. Ramachandran V.S., Feldman R.F., M. Kallenrode Additive to concrete: reference book: M.: Stroyizdat, 1988. 575 p.

4. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Smirnov V.F. Biological resistance of materials. Saransk: Publishing house of Muzzles. UN-TA, 2001. 196 p.

5. Andreyuk E.I., Kozlova I.A., Rozanska A.M. Microbiological corrosion of structural steel and concrete. Biodegradation in construction. Moscow, 1984, pp. 209–218.

6. Erofeev V.T., Smirnov V.F., Svetlov D.A. Protection of buildings and structures with biocide preparations based on guanidine from microbiological damages of Saransk: publishing House of Mords. UN-TA, 2010. 164 p.

7. Erofeev V.T., Smirnov V.F., Morozov E.A. Microbiological decomposition of materials. M: DIA, 2008. 128 p.

8. Belov V.V., Subbotin S.L., Kulyaev P.V. Strength and deformation properties of concrete with carbonate micro-fillers. Stroitel'nye materialy, 2015, no. 3, pp. 25–29.

9. Butt Y.M., Timashev V.V., Portland Cement, Moscow: Stroyizdat, 1967. 303 p.

10. Erofeeva I.V., Kalashnikov V.I. Specific consumption of cement per unit of strength of new generation concrete. Modems cientific potential, 2016, vol. 17, pp. 11–13.

11. Packer I., Hyams B., Barragan B., Gonzalo R. Self-compacting concrete with crushed calcium carbonate. CPI. International concrete production, 2012, no. 1, pp. 34–40.

12. Timashev V.V., Kolbasov V.M. Properties of cements with carbonate additives. Cement. 1981, no. 10, pp. 10–12.

Information about the author
Irina V. Erofeeva, Junior researcher.
E-mail: mila55510@yandex.ru
Research Institute of building physics RAASN.
Russia, 127238, Moscow, Locomotive travel, 21.

Received in March 2018

DOI:10.12737/article_5b115a643c3876.11511924

Малыхина В.С., канд. тех. наук, доц.,
Рязанова А.А., магистрант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ТРЕХШАРНИРНЫХ РАМ

malihinaval@yandex.ru

Несмотря на бурное развитие индустрии строительных материалов и конструкций, актуальными остаются традиционные решения. По-прежнему в современном строительстве при проектировании успешно применяется дерево – древнейший конструкционный материал. Разновидностью деревянных конструкций являются клееные трехшарнирные рамы. Они высокотехнологичны, отвечают требованиям поточно-конвейерного производства, экологичны, обладают высокими эстетическими качествами, легкостью и долговечностью материала, что позволяет расширить область их применения и повысить конкурентоспособность. В связи с этим возникает вопрос о выборе наиболее рационального варианта конструктивного решения рамы.

В статье рассматриваются различные виды деревянных дощатоклееных рам. Затрагиваются вопросы достоинств и недостатков рам с различным конструктивным решением. Рассмотрены варианты выполнения соединения стойки и ригеля рамы. Выполнен анализ несущей способности карнизных узлов рамы из прямолинейных элементов.

Ключевые слова: *деревянная рама, карнизный узел, коньковый узел, клееные деревянные конструкции, зубчатый шип, пятиугольная вставка.*

Различные виды деревянных конструкций успешно применяются в современном строительстве. Это объясняется легкостью и долговечностью материала, экологичностью и высокими эстетическими качествами. Разновидностью деревянных конструкций являются трехшарнирные дощатоклееные рамы. Это один из основных классов несущих деревянных конструкций. В отечественном строительстве широкое применение получили однопролетные рамы пролетом 12–24 м, однако встречаются и рамы пролетом до 60–80 м [1]. В данной статье рассмотрены различные варианты деревянных рам, изложены их основные достоинства и недостатки.

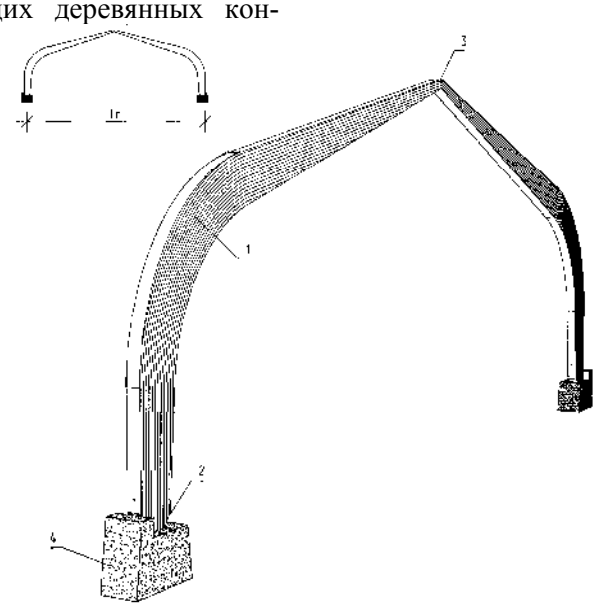


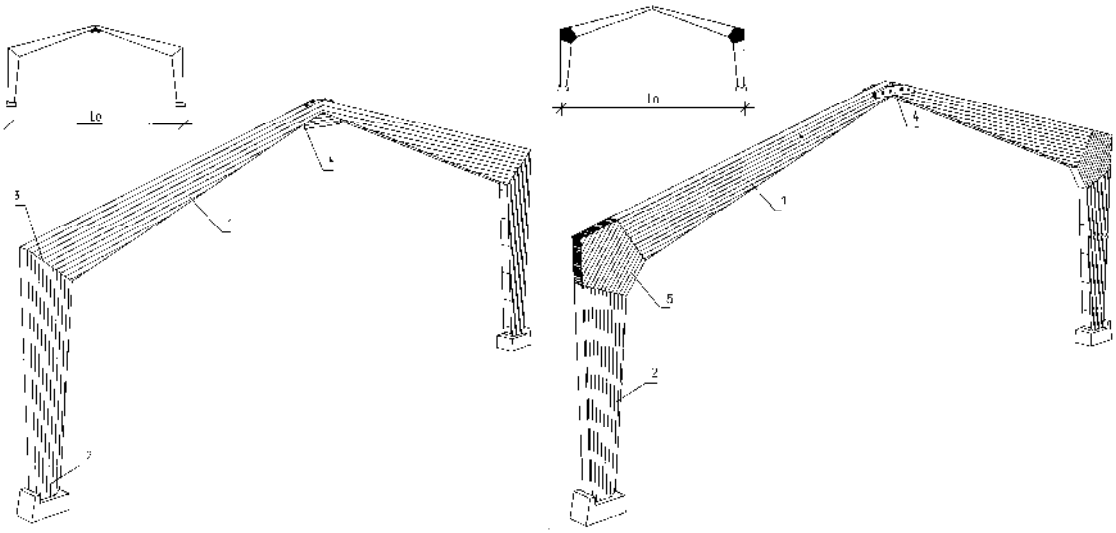
Рис. 1. Гнутоклеенная рама:
1 – полурама, 2 – опорная часть рамы с подрезкой, 3 – коньковая часть полурамы,
4 – фундамент, воспринимающий горизонтальный распор

Гнутоклееная трехшарнирная рама (рис. 1) состоит из двух полурам, имеющих Г-образную форму прямоугольного переменного по высоте сечения, которые изогнуты при изготовлении в зоне карниза. Узел, образуемый плавным переходом от стойки к ригелю, выполняется цельноклееным. Данный вид рам относят к конструкциям полной заводской готовности. Первым до-

стоинством этой рамы является то, что данная рама состоит из двух довольно крупных элементов, называемых полурамами. Элементы при сборке соединяются всего тремя узлами – одним коньковым и двумя опорными. Еще одно достоинство – это переменная высота сечений, которая максимальна в зоне изгиба, где действуют наибольшие изгибающие моменты, и наименьшая в узлах, где моменты отсутствуют. Различную высоту сечения получают путем изменения количества досок в клееном пакете. Это осуществляется в сжатой зоне ригеля, т.к. в растянутой зоне может произойти отрыв досок. Переменное сечение позволяет экономно расходовать древесину и наиболее рационально использовать прочность древесины. Для данных рам в растянутых сечениях используют древесину 1-го сорта, в остальных – 2 и 3-го сортов.

Большое влияние на несущую способность имеет радиус кривизны рамы: чем меньше отношение радиуса кривизны к толщине доски, тем ниже несущая способность клееного элемента [2]. Но не всегда габариты здания позволяют использовать большие радиусы. Увеличение радиуса кривизны позволяет применять доски большей толщины, что приводит к меньшему числу отходов при острожке, уменьшает расход клея. Например, при снижении толщины доски до 16 мм отходы древесины и расход клея увеличивается до 80 % по сравнению с пиломатериалом толщиной 33–35 мм [3]. При этом значительно увеличивается трудоемкость изготовления. В итоге оказывается, что гнутоклеенные рамы являются наиболее дорогими по себестоимости. Еще один недостаток – сложность транспортирования больших изогнутых полурам при значительных расстояниях до мест установки от завода-изготовителя.

Еще один вид рам – это рамы из прямолинейных элементов (рис. 2), состоящие из двух полурам. Каждая полурама имеет Г-образную форму с переломом оси в месте карнизного узла.



а) *б)*

Рис. 1. Рама из прямоугольных элементов:
а) с карнизным узлом на зубчатом клеевом соединении; б) с пятиугольной вставкой в карнизном узле:
1 – ригельная часть рамы, 2 – стоечная часть рамы, 3 – соединение ригеля и стойки на зубчатом шипе,
4 – деревянная накладка, 5 – пятиугольная клееная вставка на зубчатом соединении

Полурама состоит из двух прямых элементов – стойки и полуригеля, которые целесообразно получать из клееных заготовок (рис. 3).

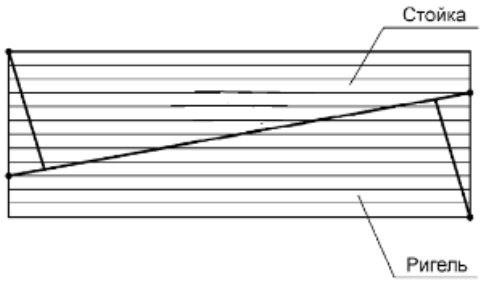


Рис. 3. Клееная заготовка для изготовления стойки и ригеля рамы

Наиболее сложным и ответственным является конструирование карнизного узла, в месте стыка ригеля и стойки. В карнизном узле следует обеспечить передачу значительной продольной силы и изгибающего момента.

Существует несколько конструктивных решений жестких карнизных узлов. На рисунке 4 представлена рама с карнизным узлом на зубчатом клеевом соединении. В данном случае следует учитывать, что продольное усилие, действующее в рассматриваемом сечении, направлено под углом α. Еще одним вариантом карнизного узла является узел с пятиугольной вставкой. Проанализировав данные варианты, получим, что величина расчетного сопротивления сжатию вдоль волокон больше расчетного сопротивления древесины сжатию под углом α к направлению волокон. Из этого следует, что карнизный узел с пятиугольной вставкой способен выдержать большие напряжения, в сравнении с узлом на зубчатом клеевом соединении [4, 7].

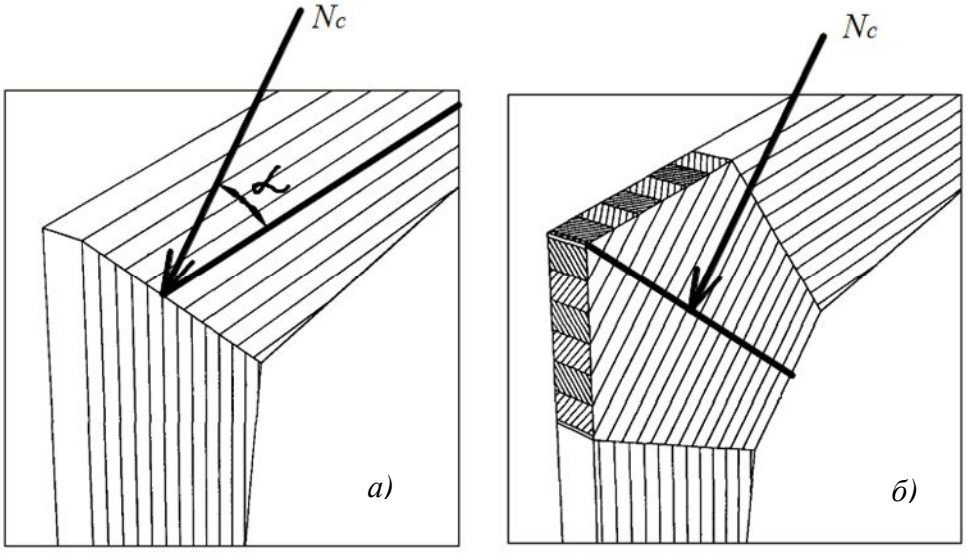


Рис. 4. Схема продольного усилия в карнизном узле:
а) соединение зубчатым шипом под углом; б) соединение пятиугольной вставкой

К недостаткам рамы из прямолинейных элементов относится сложность транспортировки.

Двухподкосная клеедеревянная трехшарнирная рама (рис. 5а) состоит из двух полуригелей переменного сечения, двух стоек, и двух подкосов постоянного сечения. Недостаток этой рамы - наличие больших растягивающих усилий в карнизных узлах.

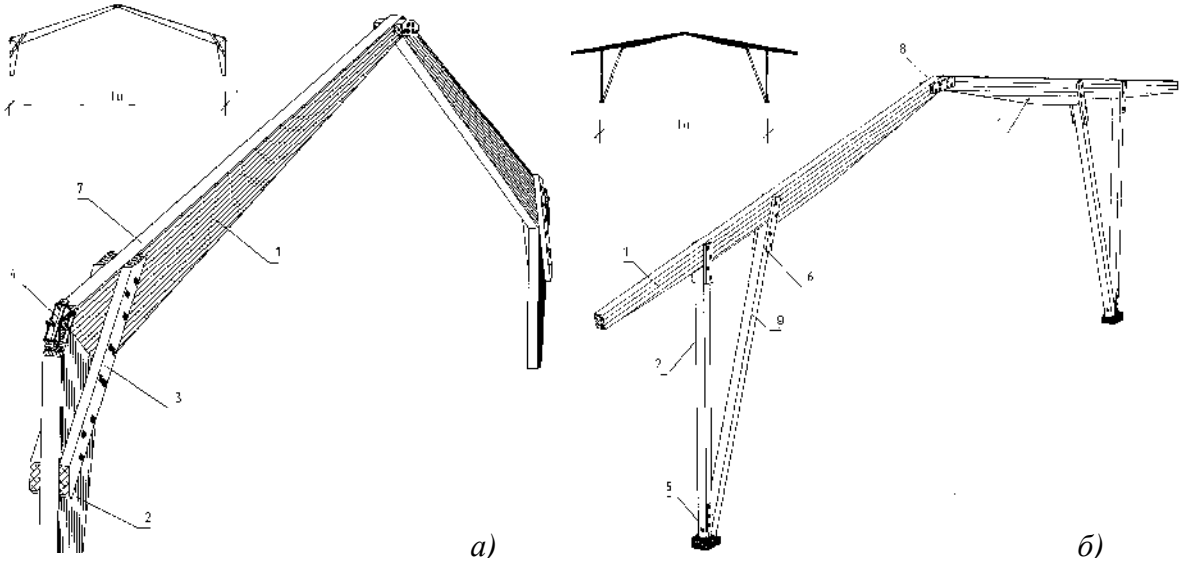


Рис. 5. Двухподкосная рама (а) и рама с внутренними опорными подкосами (б):
1 – ригель рамы; 2 – стойка рамы, 3 – дощатый подкос на стяжных болтах, 4 – монтажный стык, 5 – фундамент с анкерными пластинами, 6 – деревянные накладки с овальными отверстиями, 7 – защитная доска на клею, 8 – коньковый узел с деревянными накладками, 9 – цельнодеревянный или клееный подкос

Клеедеревянная трехшарнирная рама с опорными подкосами (рис. 5б). Она состоит из двух полуригелей, имеющих переменное сечение, двух подкосов и двух стоек постоянного сечения. Подкосы служат дополнительной опорой для ригеля, что приводит к значительному уменьшению изгибающих моментов в ригеле рамы. Это рама сборно-разборная рама, состоящая из прямых клеедеревянных элементов, являющихся простыми в изготовлении. Они без затруднений могут транспортироваться к месту монтажа любым видом транспорта. Основным недостатком этой рамы является значительно большее, чем в бесподкосной раме, количество элементов и узлов, а также работа стоек на растяжение и изгиб от ветровой нагрузки и значительная длина сжатых подкосов.

Еще один вариант сборно-разборной рамы – трехшарнирная на нагелях по кругу в карнизном узле. Карнизный узел выполнен путём соединения на цилиндрических нагелях, которые располагают по одной или двум окружностям. В данном случае стойка состоит из двух ветвей, между которыми заводится одинарный ригель. Впервые такая конструкция рамы была изобретена в Германии. Сборно-разборные узлы весьма облегчают транспортировку. Сборка рамы производится на строительной площадке.

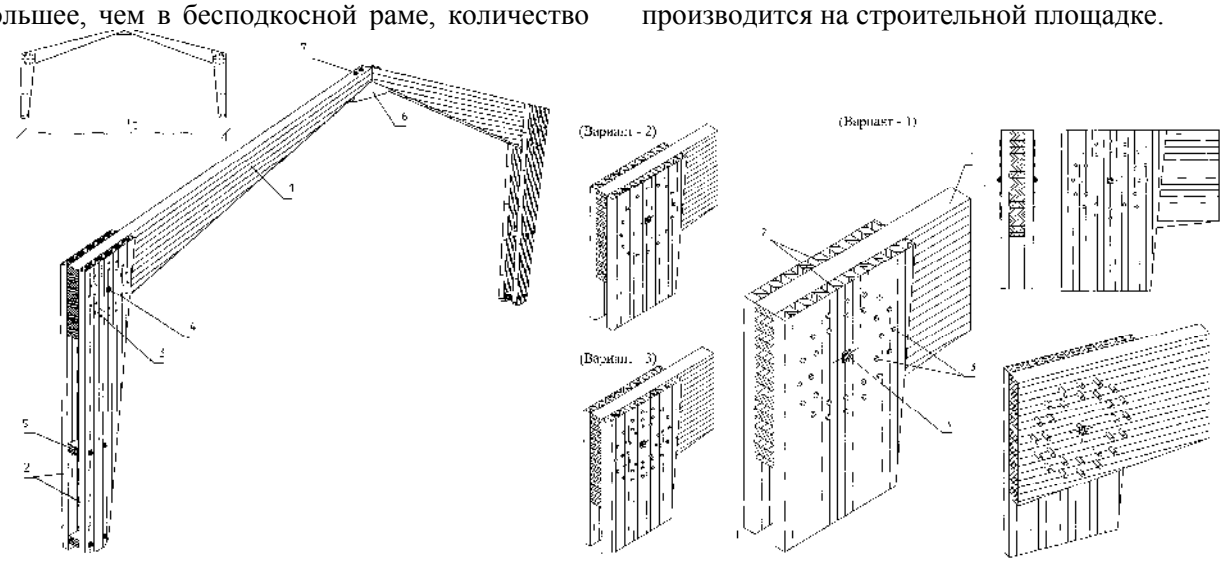


Рис. 6. Рама на нагелях по кругу в карнизном узле: а) общий вид; б) варианты карнизных узлов: 1 – ригель рамы; 2 – стойка рамы; 3 – нагели, расставленные по окружностям; 4 – монтажный болт с квадратной шайбой; 5 – деревянная прокладка; 6 – деревянная накладка; 7 – стяжные болты

Конструктивные решения трехшарнирных рам весьма разнообразны. Поэтому при выборе конструктивного решения рам следует учитывать их основные преимущества и недостатки, имеющие определяющее значение в той или иной ситуации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малыхина В.С., Денисов А.Н. Современное деревянное строительство // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 5. С. 30–36.

2. Малыхина В.С. Проектирование и расчет конструкций из дерева и пластмасс: учебное пособие для студентов направления бакалавриата 270010 – Строительство. М-во образования и науки Российской Федерации, Белгородский гос. технологический ун-т им. В.Г. Шухова. Белгород: БГТУ, 2014. 368 с.

3. Малыхина В. С. Конструкции из дерева и пластмасс. Учеб. пособие. 2 е изд. испр. и доп. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 226 с.

4. Малыхина В.С., Рязанова А.А. Варианты коньковых узлов трехшарнирных дощатых клееных рам// Наука и инновации в строительстве (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): сборник докладов международной научно-практической конференции: в 2 т. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 67–73.

5. Офицерова Л.И. Конструкции из дерева и пластмасс: Курс лекций для студентов строительных специальностей. Часть 2. Томск: STT, 2006, 132 с.

6. Шмидт А.Б., Дмитриев П.А. Атлас строительных конструкций из клееной древесины и водостойкой фанеры. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2001. 292 с.

7. Чебыкин А.А., Фрицлер Ю.А., Кудрявцев С.В. К расчету зубчато-шипового клеевого соединения карнизных узлов рам // Академиче-

ский вестник УралНИИпроект РААСН. 2015. №2. С. 86–89.

8. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25–80. Минстрой России. М., 2017.

9. Арискин М.В., Гуляев Д.В., Агеева И.Ю. Исследование напряженно-деформированного состояния деревянных гнутоклееных рам // Молодой ученый. 2013. №3. С. 16–19.

10. Арискин М.В., Куценко Е.В. Моделирование рам с гнутоклеенными стойками и прямолинейным ригелем // Новый университет. Серия: Технические науки. 2013. №10(20). С. 23–27.

Информация об авторах

Малыхина Валентина Степановна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.
E-mail: malihinaval@yandex.ru.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Рязанова Анна Александровна, магистрант кафедры строительства и городского хозяйства.
E-mail: anna.riazanowa@yandex.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в феврале 2018 г.
© Малыхина В.С., Рязанова А.А., 2018

V.S. Malykhina, A.A. Ryazanova

THE ANALYSIS OF THREE-HINGED WOODEN FRAME CONSTRUCTIONS

Despite the rapid development of the building materials industry and constructions, traditional solutions remain relevant. Wood – the oldest constructional material- is still successfully applied in modern design. The glued three-star frames are a kind of wooden structures. They're easy, high-tech, environmentally friendly, long-life, moreover, they meet the requirements of flow production and have high aesthetic qualities. All this helps to expand their application area and improve competitive qualities. In this regard, the question concerning the choice of the most rational constructive variant of frame arises. The article deals with different types of laminated wooden frames. The advantages and disadvantages of various frame constructions are considered. The variants of connection of the frame rack and crossbar are considered. The analysis of the bearing capacity of frame eaves nodes made of rectilinear elements is carried out.

Keywords: *wooden frame, cornice joint, ridge site, laminated wood construction, finger joint, pentagonal insert.*

REFERENCES

1. Malykhina V.S., Denisov A.N. Modern wooden construction. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 5, pp. 30–36.

2. Malykhina V.S. Design and calculation of structures made of wood and plastics: a tutorial for students areas of undergraduate 270010 – Construction. Ministry of education and science of the Russian Federation, Belgorod state technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod: BGTU, 2014. 368 p.

3. Malykhina V.S. Constructions made of wood and plastics. Textbook. 2 edition revised and supplemented. Belgorod: BGTU, 2008, 226 p.

4. Malykhina V.S., Ryazanova A.A. Options ridge nodes fully articulated laminated wooden frames. Science and innovation in construction (to the 45th anniversary of the Department of construction and urban economy): proceedings of the international scientific-practical conference: 2 t.. Belgorod state technological University named after V. G. Shukhov, 2017, pp. 67–73.

5. Ofitserova L.I. Constructions made of wood and plastics: a course of lectures for students of construction specialties. Part 2. Tomsk: STT, 2006. 132 p.

6. Shmidt A.B., Dmitriev P.A. Atlas building structures made of laminated wood and waterproof plywood. Moscow, Association of building universities, 2001, 292 p.

7. Chebykin A.A., Fritsler Yu.A., Kudryavtsev S.V. Design approach of finger joint in frame cornice. Academic Bulletin of the UralNIIproject RAASN, 2015, no. 2, pp. 86–89.

8. SP 64.13330.2017.Wooden structure. Updated version of Construction norms and rules II-25–80. Moscow, 2017

9. Ariskin M.V., Gulyaev D.V., Ageeva I.Yu. Investigation of the stress-strain state of a curved wooden frames. Young scientist, 2013, no. 3, pp. 16–19.

10. Ariskin M.V., Kutsenko E.V. Modeling of frames with curved struts and straight beam. New University. Series: Technical Sciences, 2013, no. 10(20), pp. 23–27.

Information about the author
Valentina S. Malykhina, PhD, Assistant professor.
E-mail: malihinaval@yandex.ru.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Anna A. Ryazanova, Master student.
E-mail: anna.riazanowa@yandex.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Received in February 2018

DOI:10.12737/article_5b115a65781d87.13857188

Щелокова Т.Н., канд. техн. наук, доц.
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ И ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

t.shchelokova@yandex.ru; SCHelokovaTN@mgsu.ru

В течение последних 20-30 лет развитие науки и техники, позволило расширить область применения древесины, а работы в этой области получили настолько большой размах, что обработка древесины сформировалась в новую область технологии, целями которой являются: повышение стойкости древесины против гниения, придание огнестойкости, улучшение физических свойств, повышение механических свойств, снижение анизотропии. В Северной Америке, Европе и Японии ежегодно растут объемы потребления за счет увеличения доли деревянного строительства из современных деревянных конструкций: панели из перекрестно-склеенной древесины, формирование стены за счет перекрещенной доски без клея, пиломатериалы из слоёного шпона – все это новейшие технологии в областях деревообработки и деревянных конструкций. Но исследования не стоят на месте – западными и российскими учеными предлагается улучшать характеристики данных конструкций с помощью высокопрочного углеродного волокна и углеродной ткани. В России таких исследований проводиться мало в виду высокой стоимости данных материалов. Однако уже проведённые исследования и предварительные расчеты автора говорят о достаточной экономии за счет сокращения расхода древесины при условии применения данных материалов, а также за счет применения древесины 2–3 сорта.

Ключевые слова: *древесина, конструкционные материалы, модифицирование древесины, углеродное волокно, углеродная ткань, улучшение свойств древесины, деревянные конструкции.*

Введение. В России произрастает около 20 % древесины всего мира, но огромный лесосырьевой потенциал используется неэффективно. Лесная промышленность представлена достаточно скромно и экономике РФ приносит минимальные доходы. На сегодняшний день есть поручения правительства по развитию этого направления, рассматривается вопрос предоставления льготных кредитов как для физических, так и для юридических лиц как на строительство, так и на приобретение квартир в деревянных домах. Деревянное строительство достаточно широко развито в Европе, США и Японии. Ежегодно его доля в Европе увеличивается в среднем 20 %. В Евросоюзе активно продвигается государственная программа «Деревянная Европа», в соответствии с положениями которой уже к 2020 году объем строительства зданий из дерева должен достигнуть 80 % от общего количества новостроек, и в настоящее время этот показатель приближается к планируемому.

В России этот вид строительства развивается недостаточно активно и на это влияет ряд причин: несовершенство нормативной базы; неразвитая технология; недостаток информации о достоинствах деревянных конструкций и зданий из них [8]. В нашей стране деревянное домостроение представлено в основном в секторе малоэтажного жилья.

Основная часть. Современные деревянные конструкции могут использоваться практически в любых отраслях строительства, наряду с такими распространенными материалами, как металл, железобетон и композиты. Благодаря ряду преимуществ лишь дерево может применяться на определенных объектах: например, особые акустические свойства древесины широко используются при возведении концертных и экспозиционных залов, студий, спортивных сооружений с большим количеством зрителей, а устойчивость к воздействию влаги и отсутствие коррозии позволяет применять большепролетные конструкции из дерева в качестве покрытий бассейнов и аквапарков. Работа с деревом менее энерго- и трудоемка за счет применения простых инструментов и оборудования, кранов меньшей грузоподъемности. При этом монтаж деревянных конструкций отличается высокой технологичностью и скоростью, так как используются в большинстве своем блоки и модули заводской сборки. Деревянные здания отвечают современным нормам «зеленого» энергоэффективного строительства. Они могут возводиться на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями (в том числе – с сейсмической активностью), с наличием горных подработок и свойств просадочности.

Однако наличие таких неоспоримо положительных свойств древесины не обеспечило ей широкое применение в строительстве как, например, стали или железобетону. Анизотропия, ползучесть, зависимость ее свойств от

влажности, неоднородность строения, пороки, подверженность загниванию, горению и поражению насекомыми – все эти недостатки не позволяют ей занять лидирующие позиции в строительстве и конструировании зданий и сооружений. Попытки устранить эти недостатки древесины известны с самых древнейших времен. Её вываривали в масле, красили, пропитывали антисептиками и полимерами, красили с использованием ультразвука и электродиффузии, покрывали влаго- и воздухонепроницаемой плёнкой, создавали и создают композиционные материалы из дерева, но все это не давало желаемого эффекта. Развитие науки и техники, особенно в течение последних 20–30 лет, позволило расширить область применения древесины, а работы в этой области получили настолько большой размах, что обработка древесины сформировалась в новую область технологии, целями которой являются: повышение стойкости древесины против гниения, придание огнестойкости, улучшение физических свойств (например, снижение гигроскопичности, усушки и разбухания), повышение механических свойств, снижение анизотропии.

Одним из результатов тысячелетних экспериментов, стало модифицирование древесины – изменение свойств древесины. До недавнего времени, [согласно ГОСТ 23944-80] выделялось пять основных методов модифицирования древесины:

– Древесина термомеханической модификации;

– Древесина химико-механической модификации;

– Древесина термохимической модификации;

– Древесина радиационно-химической модификации;

– Древесина химической модификации.

Однако на рубеже прошлого и нынешнего столетия был разработан новый продукт – термодревесина. Начало изучения метода термической обработки древесины было положено в 30 - 40-е годы XX века учеными в Германии и в США. Эти страны пытались разработать технологию термообработки древесины, которую можно было бы применить в производстве. Технология заключалась в высокотемпературной сушке при температурах 100–150 °С, однако работы по дальнейшему изучению свойств были приостановлены в связи с войной и возникшими послевоенными экономическими неурядицами. В 90-х к этой теме вновь вернулись, тогда уже в нескольких странах (Финляндии, Франции, Нидерландах, Италии, Германии) были проведены многочисленные исследования в области термообработки дерева. В результате проведенных исследований выяснилось, что воздействие на древесину пара высокой температуры приводит к необратимым изменениям её биологического состава на молекулярном уровне, что в разы улучшает ее свойства и эксплуатационные характеристики, в результате чего значительно расширяется сфера её применения. Страной-основоположницей промышленного выпуска термодревесины была Финляндия, до настоящего времени эта страна является признанным лидером в производстве и в исследованиях в этой области. В 1997 году в Финляндии на деревообрабатывающем заводе в г. Миккели внедрили новую технологию, которая и получила название термообработка, этот метод позволяет сушить древесину при температурах 150–230 °С, в результате которого страна заняла лидирующие позиции в производстве термодревесины. Сегодня в Европе более десятка запатентованных процессов термообработки древесины, появились деревообрабатывающие заводы в Германии, Франции, Австрии, Нидерландах и России. В 2004 году запрет Еврокомиссией (высшим органом исполнительной власти Евросоюза) на применения химически обработанного дерева на территории стран ЕС дал дополнительный толчок к производству термодревесины в Европе и ее производство резко возросло. Во всем мире функционирует примерно 30-40 производственных площадок по производству термодерева, из них половина – в Финляндии (75 тыс. куб. м.). Объем российского рынка термодерева приблизился к 8 тыс. куб. м.

Однако, идеального материала без недостатков еще придумать не удалось. Поэтому даже у такого, на первый взгляд, безукоризненного материала, есть недостатки. В результате термической обработки лесоматериалы становятся не только более твердыми, но и более хрупкими, по этой причине специалисты советуют сверлить направляющие отверстия для шурупов и гвоздей, в особенности около торцов доски. Термодревесина более чувствительна к ультрафиолету и может приобретать серебристо-серый оттенок, раз в несколько лет участки древесины, расположенные под открытым солнцем, понадобится обрабатывать. Поскольку технология является новой и малоизученной, экспертам пока не известна стойкость этого материала, при длительном нахождении в земле. Сегодня этот материал можно купить лишь в специализированных магазинах, в розничной продаже она встречается достаточно редко. Однако в ближайшие несколько лет стоит ждать большей доступности вследствие роста объемов производства и, как следствие, уменьшения сто-

имости, потому что все больше и больше производств начинают осваивать эту технологию.

Следующим этапом модифицирования древесины является изготовление CLT-панели (Cross Laminated Timber, в переводе на русский означающий – перекрестно-склеенной древесины). Идея создания панелей принадлежит Швейцарии: в начале 90-х несколько компаний из Лозанны и Цюриха начали производство панелей для своих строительных проектов. Уже в середине 90-х годов Австрийская ассоциация деревянной промышленности начала проводить научные исследования, которые и развили технологии модификации древесины, которое получила название "CLT-технология". В начале 2000-х строительство из CLT – панелей значительно выросло, что частично было связано с ростом популярности экологически чистого жилья и гуманизации городского пространства, а также повышением требований строительных норм многих европейских государств к энергоэффективности. Важным фактором, является то, что CLT – панели, хотя и создаются из дерева, но являются тяжелыми конструкциями, именно это и позволяет возводить многоэтажные здания именно из CLT – панелей. Разработанная в Европе CLT-технология набирает популярность как в жилом, так и в нежилом строительстве их изготавливают в Европе уже более 10 лет. Панель состоит из нечетного количества слоев строганных досок, влажностью 12 % и толщиной 30 мм, количество которых (от 3 до 9) зависит от назначения панелей, склеенных крест-накрест в пакет. Размеры плит как правило, составляют ширина 0,6; 1,2 или 2,95 м (до 4 м), длина может достигать 24 м, а толщина от 57 мм 500 мм. Для проклейки слоев используют экологичные меламиновые или полиуретановые клеи. Благодаря проклейке в прессе под высоким давлением характеристики усадки древесины сокращаются до минимума, а панели приобретают свойства монолита и не уступают в несущей способности даже железобетону. В дополнение о достоинствах CLT - панелей можно добавить: высокая огнестойкость, сейсмостойкость, отсутствие в необходимости устройства дополнительной звуко- и теплоизоляции, возможность монтажа «с колес» и отсутствие требований к высокой квалификации рабочих, т.к. комплекты домов заводской готовности, состоящие из крупных панелей, собираются на стройплощадке. Недостатки у CLT – панелей практически отсутствуют, но некоторые потребители указывают на то, что наличие в панели даже небольшого количества экологически чистого полиуретанового клея, мешает «дышать» панели.

В России ряд заводов уже освоил производство CLT – панелей, но пока рынок не развит, ввиду «особого» отношения россиян к дереву, конкуренции с клееным брусом, а также отсутствия регламентов нормативной базы. В 2017 году глава Минпромторга предложил развивать в России строительство деревянных домов, в том числе выше трех этажей, эту идею также продвигает Минстрой РФ. Предполагается ввести квоту на строительство деревянных зданий, а также выдавать льготные кредиты на такое строительство. Мэр Москвы также поддержал идею строительства деревянных домов в качестве эксперимента. В результате их совместных усилий и холдинга Segezha Group АФК «Система» был разработан эскизный проект деревянного квартала Wood City, который был представлен на Российском инвестиционном форуме в Сочи. По словам вице-президента, Segezha Group Дмитрия Руденко [7], архитектурную концепцию комплекса разработало бюро Тотана Кузембаева, площадка выбрана в районе ул. Мантулинской, площадь застройки составляет 39 тыс. кв. м, общая площадь зданий – 79,2 тыс. кв. м, жилая – 45 тыс. кв. м. Квартал рассчитан на проживание 2,5 тыс. человек (в расчете по 18 кв. м на человека). Сейчас в этом районе располагаются старые панельные пятиэтажки. Проектом предполагается их частичная модернизация. Часть квартала будет застроена по комбинированной конструктивной схеме (CLT-панели плюс бетон), включая многоуровневый паркинг. Однако в основном планируется использовать панельную (CLT), каркасно-панельную (клееная балка плюс CLT), модульную (блок-комнаты CLT) и панельно-модульную (CLT) технологии возведения зданий. Данный проект – это показатель развития технологий деревянного домостроения, благодаря которым появляются все больше многоэтажных деревянных зданий во всем мире и в России в том числе. Такие здания, а теперь уже и целые кварталы – это формирование высоких показателей качества городской среды.

Следующая новейшая технологии домостроения, отвечающая современным требованиям отрасли, получившей некоторое распространение и в России, является технология MHM (Massiv-Holz-Mauer) – формирование стены за счет перекрещенной доски без клея. Эта технология была разработана в Германии и исключает применение химически агрессивных составов для обработки древесины в связи с действием введённого в 1997 г. в стране стандарта DIN 68800. Панель состоит из досок 3-4 сорта, толщиной 23-24 миллиметра и произвольной ширины, влажностью 12 %, крестообразно соединен-

ных друг с другом с помощью алюминиевых гвоздей. Количество слоев, зависит от места расположения панели в объеме здания и должно составлять согласно технологии нечетное количество. В результате толщина панелей может составлять от 5 до 15 слоев, что составляет от 115 мм до 340 мм. Сбитая панель проходит обработку на станках с ЧПУ, среди которых фрезеровка торцов панели по контуру, опиливание по требуемому формату, а затем формирование оконных и дверных проемов, и технологических отверстий под инженерные сети. Благодаря крестообразной конструкции сухих досок, стена не подвержена усадке и усушке, и ее форма остается стабильной [5]. Согласно [2] наружная и внутренняя облицовка позволяет достичь уровня шумоизоляции, соответствующего 48 дБ, теплоизоляция стены МНМ толщиной 340 мм с внешней и внутренней облицовкой на 17 % лучше теплоизоляции оштукатуренной с двух сторон кирпичной стены толщиной 365 мм, а минимально допустимое время потери стенами несущей способности при пожаре составляет 30 минут. Однако несмотря на однозначную экологичность и безвредность для человека в результате применения только древесины и алюминиевых гвоздей, есть у таких панелей и незначительный недостаток: именно гвозди создают экранирующее воздействие на ослабление как радиационного фона, так и сотовой и теле-радио трансляций, в результате которого у жителей таких домов могут возникать проблемы со связью [3].

Одним из самых востребованных видов продукции является LVL-брус (от англ. Laminated Veneer Lumber – «пиломатериал из слоёного шпона»). Его производство – перспективное направление: спрос на LVL растёт как за границей, так и в России. Потребление LVL в Европе (ЕС) выросло за последние пять лет на 21 %, а в США и Канаде, где на долю каркасных домов в общем объеме строительства малоэтажного жилья приходится до 90 %, потребление к 2018 году ожидается прирост до 3,2 млн м^3. В США и странах Западной Европы материалы, заменяющие натуральную древесину и экономящие древесное сырье, получили название EWP (Engineered wood products) – конструкционные древесные материалы. Среди них выделяют несколько групп. Одна из них – группа структурированных строительных композиционных материалов, Structural composite lumber (SCL). Все члены этой группы являются прочными и в некоторых случаях взаимозаменяемы

В эту группу входят:

• PSL (parallel strand lumber); PSL – изготовлен из полосок шпона, уложенных параллельно продольной оси бруса или плиты, с использованием водостойких клеев. Отношение длины к толщине этих полосок для PSL составляет примерно 300. PSL используется для балок перекрытий и для изготовления элементов строительных конструкций, с низкими характеристиками на изгибающий момент, а также часто используют для изготовления несущих колонн.

• LSL (laminated strand lumber); LSL – древесные частицы, из которых формируется ковер, имеют отношение длины к толщине приблизительно 150, получают путем прессования сформированного ковра в горячих прессах. LSL используется в производстве различных столярных изделий (рамы, обвязка и полотна дверных блоков и т. д.).

• LVL (laminated veneer lumber); LVL – многослойный материал, из шпона, склеенного в одном направлении. Отличается от фанеры преимущественно продольным расположением волокон древесины в слоях шпона, склеенных на пласть, что повышает прочность конструкций из такого материала до значений прочности древесины при растяжении вдоль волокон и обеспечивает максимальное снижение влияния ее пороков на механические свойства материала. Технические характеристики, а также большие размеры определили перспективность этого материала для строительства.

ЛВЛ – брус был разработан в 1935 году в лаборатории Федерального Лесничества США, а само понятие ЛВЛ было введено в 1960-е гг. компанией Wayerhauser (США), где и была установлена линия по производству ЛВЛ бруса. Технология LVL-бруса основана на склейки нескольких слоёв (от 3 до 9) лущёного шпона древесины сосны, ели и лиственницы, толщиной 3 мм. Выпускается в виде брусьев (балок) и плит, длиной до 20500 мм, шириной от 64 до 1250 мм, толщиной от 27 до 90 мм. В виду высокой прочности на горизонтальные нагрузки брус ЛВЛ чаще всего применяют в несущих элементах каркаса. А благодаря тому, что длина балки практически не ограничена, то конструкции из ЛВЛ-бруса можно проектировать и возводить больших пролётов (до 36 м) и объёмов. В виду отсутствия пористости (т.к. материал клееный), то такие конструкции можно применять в зданиях с агрессивной средой (сельскохозяйственные здания, склады химических реагентов и т.д.), и в помещениях с повышенной влажностью (бассейны). ЛВЛ-брус используют и в системах силовой опалубки.

Большой набор достоинств этого материала, обеспечивает ему широкое распространение и дальнейшие перспективы:

– широкий диапазон размеров;

– влагостойкость и стойкость к воздействию агрессивных сред обеспечивает его широкое применение в независимости от особенностей климата и назначения здания;

– высокая способность сохранять свои линейные размеры с течением времени (не коробится, минимальные показатели усушки);

– большие перекрываемые пролеты, вследствие высоких показателей на изгибающий момент и растяжение вдоль волокон;

– по сравнению с традиционными строительными материалами (бетон, кирпич, металл) LVL имеет оптимальное соотношение удельного веса к прочности вдоль волокон, что особенно важно для малоэтажного строительства, где в результате применения конструкций из LVL не потребуется усиленного фундамента;

– высокая огнестойкость и стойкость к биоповреждениям, скорость обугливания конструкций из в горизонтальном направлении составляет 0,6 мм/мин и 1 мм/мин в высоту [4];

– обладает высокими акустическими свойствами, что позволяет возводить и реконструировать здания с высокими акустическими характеристиками;

– быстрый монтаж на строительной площадке без тяжелой техники, что значительно удешевляет работы.

Большое количество достоинств не обеспечивает этому материалу отсутствие недостатков:

– брус токсичен, поскольку для склеивания шпона используются жидкие фенолоформальдегидные клеи, обеспечивающие выделение вредных веществ;

– Присутствие большого количества клея обеспечило ЛВЛ-брусу паронепроницаемость, что может привести к нарушениям естественной циркуляции влаги в материале.

Материалы CLT и LVL могут комбинироваться друг с другом [6]. Например, каркас здания может состоять из LVL бруса, а стены и перекрытия – из панелей CLT. Существуют также гибридные варианты строительства, когда основные элементы каркаса монтируются из железобетона, а ограждающие конструкции и второстепенные балки – из композиционной древесины. Причинами такого подхода могут являться, в том числе жесткие требования пожарной безопасности.

Дерево – это возобновляемый природный ресурс, из которого изготавливают современные композитные материалы, отличающиеся высокой прочностью и долговечностью. При этом для производства высокотехнологичных стройматериалов, в частности панелей и бруса, может использоваться низкосортная древесина, щепа и отходы. Производство и обработка строительных конструкций из древесины, равно как их транспортировка и монтаж обходятся дешевле в сравнении со стальными и железобетонными аналогами. Как показал анализ исследований, проведенных за последние 10–20 лет авторов [1, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15] наиболее перспективным материалом для усиления свойств деревянных конструкций и композиционных строительных материалов является углеродное волокно и углепластики, имеющие ряд достоинств: высокая удельная прочность, стойкость к коррозии, низкая тепло и электропроводность, а также это экологичность – они не токсичны. Усиление деревянных конструкций выполняют либо вклеиванием стержней под различными углами к конструкции, либо слоями, между склеиваемыми слоями досок, шпона, либо смешивания со стружечно-клеевой массой, либо путем внешнего армирования. По данным [10] при экспериментальных исследованиях моделей деревянных балок, армированных углепластиками, наблюдалось увеличение несущей способности в пределах 21…79 %. Однако несмотря на указанные преимущества, углепластики в деревянных конструкциях в РФ применяются редко в виду недостаточной изученности композитных конструкций, отсутствие широкой нормативной базы по их применению и проектированию, а также стоимость изготовления таких конструкций [10].

Выводы. В виду того, что на современном этапе, появляются все более современные, более качественные и сравнительно доступные материалы в последующих исследованиях планируется более подробно изучить вопрос повышения прочности и деформативности клееных балок; балок, изготовленных с использованием ЛВЛ-бруса и и CLT-панелей, усиленных углеродными волокнами или углеродной тканью. Цель исследований – изучить совместную работу углеволокна и древесины, определить возможно ли применение древесины третьего сорта в таких конструкциях и выявить необходимость и возможность применения таких конструкций.

Результаты предварительного анализа показали, что при условии применения углеродных волокон для усиления работы балок поперечное сечение конструкции можно сократить до 10–20 %

Экономия достигается за счет сокращения расхода древесины при условии послойного армирования, а также за счет применения древесины 2–3 сорта.

Для определения более точных показателей необходимо провести исследования количественного и качественного расположения углеродного волокна в теле балки и сравнить проч-

ностные характеристики усиленных различными способами балок и склеенных различными видами клеев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водянников М.А., Кашеварова Г.Г. Анализ возможностей совместного применения углепластиков и клееной древесины, работающих в агрессивной среде // Материалы VIII Всероссийской молодежной конференции аспирантов, молодых ученых и студентов Современные технологии в строительстве. Теория и практика. Пермь: ПНИПУ, 2016. Т1. С. 62–70.
2. Воякин А.С. МНМ панели завоевывают рынок // Лесная индустрия. 2010. №4. С. 38–40.
3. Воякин А.С. Деревянная альтернатива бетону // Лесная индустрия. 2013. №4. С. 38–45.
4. Воякин А.С. Технология изготовления бруса LVL // Лесная индустрия. 2014. №7–8. С. 42–49.
5. Дмитриева О.П. Развитие малоэтажного жилищного строительства в г. Красноярске на основе технологии Massiv-Holz-Mauer [Электронный ресурс] // СФУ Тезисы I-ой международной конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Инновационные технологии строительства». 2011г. URL:http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/thesis/s4/s4_139.pdf (20.02.2018)
6. Крестьянникова А.Ю., Юминова М.О. Материалы и конструкции для строительства деревянных домов // Наука через призму времени. 2017. №9. С. 42–51.
7. Карабут Татьяна Рядом с «Москва-Сити» появится деревянный квартал [Электронный ресурс]// URL:https://www.radidomapro.ru/ryedktzij/green/green/riadom-s-moskva-siti-poiavitsia-dereviannyj-kvar-63210.php (16.02.2018)
8. Михалева С.А. Деревянные высотки в России – инновационный взгляд не современное строительство // Архитектура. 2016. №4(46). Ч. 7. С. 19–21
9. Стоянов В.В., Жгалли С. Повышение несущей способности деревянных изгибаемых элементов // Лесной журнал. 2016. №1. С. 115–121.
10. Уточкина Е.С., Крицин А.В. Внешнее армирование несущих деревянных конструкций углеродной лентой // Современные наукоемкие технологии. 2013. №8. С. 294–296.
11. Constantin Brancusi On the role of CFRP reinforcement for wood beams stiffness // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 95. Issue 1. 2015.
12. Fossetti M., Minafo G., Papia M. Flexural behavior of glulam timber beams reinforced with FRP cords // Journal Construction and Building Materials. 2015. Vol. 95. Pp. 54–64.
13. Nowak T.P., Jasienko J., Czepizak D. Experimental tests and numerical analysis of historic bent timber elements reinforced with CFRP strips. Journal Construction and Building Materials. 2013. Vol. 40. Pp. 197–206.
14. Shahnewaz M., Islam M.S., Tannert T., Alam M.S. Reinforced wood I-joists with web opening: Experimental and Analytical investigations. Conference Paper, WCTE 2016-Worl Conference on Timber Engineering. 2017. Vol. 143. Issue 6.
15. Thorhallsson E.R., Hinriksson G.I., Shaebjörnsson J.T. Strength and stiffness of glulam beams reinforced with glass and basalt fibres. – Composites Part B: Engineering. 19 August 2016.

Информация об авторах

Щелокова Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и сооружений.

E-mail: t.shchelokova@yandex.ru., SCHelokovaTN@mgsu.ru.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила в марте 2018 г.

© Щелокова Т.Н., 2018

T.N. Shchelokova

MODERN TRENDS OF IMPROVEMENT OF WOOD PROPERTIES AND WOOD CONSTRUCTION

In the last 20-30 years, the development of science and technology has allowed to expand the scope of wood, and the work in this area has become so large that the processing of wood has been formed into a new area of technology, the objectives of which are: increasing the resistance of wood against decay, fire resistance, improving physical properties, increasing mechanical properties, reducing anisotropy. In North America, Europe and Japan, consumption volumes are growing every year due to the increase in the share of wooden construction from modern wooden structures: panels made of cross-glued wood, the formation of

a wall by means of a crossed board without glue, lumber made of laminated veneer - all these are the latest technologies in the fields of woodworking and wooden structures. But research is not on the spot, scientists are invited to improve the characteristics of these structures with high-strength carbon fiber and carbon fabric. In Russia, such studies are carried out a little in view of the high cost of these materials. However, the studies carried out and the preliminary calculations of the author speak of sufficient savings due to a reduction in wood consumption, provided these materials are used, and also due to the use of 2–3 grade wood.

Keywords: *wood, structural materials, wood modification, carbon fiber, carbon fabric, improvement of wood properties, wooden structures.*

REFERENCES

1. Vodiannikov M.A., Kashevarova G.G., Possibilities of joint laminated wood and carbon fiber reinforced plastics use in an aggressive environment. Based on the materials of the VIII All-Russian Youth Conference of Post-Graduate Students, Young Scientists and Students "Modern technologies in construction. Theory and practice. Perm, PNIPU Publ., 2016 (Part I, June,), pp. 62–70.
2. Voiakin A.S. MNM panels conquer the market. Forest industry, 2010, no.4, pp. 38–40.
3. Voiakin A.S. Wooden alternative to concrete. Forest industry, 2013, no.4, pp. 38–45.
4. Voiakin A.S. Technology of lumber LVL production. Forest industry, 2014, no.7-8, pp. 42–49.
5. Dmitrieva O.P. Development of low-rise housing construction in Krasnoyarsk based on Massiv-Holz-Mauer technology [SFU Theses of the I-st international conference of students, undergraduates, graduate students and young scientists "Innovative construction technologies"], 2011, Available at: http:// conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/thesis/s4/s4_139.pdf (accessed 20.02.2018).
6. Krestiannikova A.Iu., Iuminova M.O. Materials and structures for the construction of wooden houses. Science through the lens of time, 2017, no.9, pp. 42–51.
7. Karabut Tatiana Next to the "Moscow City" will be a wooden block. Available at: http://www.radidomapro.ru/ryedktzij/green/green/riadom-s-moskva-siti-poiavitsia-dereviannyj-kvar-63210.php (accessed 16.02.2018).
8. Mikhaleva S.A. Wooden skyscpaper in Russia – an innovative.
9. Stoyanov V.V., Zhgalli Sh. Load Bearing Capacity of Wooden Bending Elements. The Bulletin of Higher Educational Institutions LESNOY ZHURNAL (Forest Journal), 2016, vol. 1, pp. 115–120.
10. Utoshkina E.S., Kritsin A.V., External reinforcement of load-bearing wooden structures using carbon fibre lamellas. Journal Modern High Technology, vol. 8 (part 2), 2013, pp. 294–296.
11. Constantin Brancusi On the role of CFRP reinforcement for wood beams stiffness/ - IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2015, vol. 95, Issue 1.
12. Fossetti M., Minafo G., Papia M. Flexural behavior of glulam timber beams reinforced with FRP cords. Journal Construction and Building Materials, vol. 95, 2015, pp. 54-64.
13. Nowak T.P., Jasienko J., Czepizak D. Experimental tests and numerical analysis of historic bent timber elements reinforced with CFRP strips. Journal Construction and Building Materials, vol. 40, 2013, pp. 197–206.
14. Shahnewaz M., Islam M.S., Tannert T., Alam M.S. Reinforced wood I-joists with web opening: Experimental and Analytical investigations. Conference Paper, WCTE 2016-Worl Conference on Timber Engineering, 2017, vol. 143, Issue 6.
15. Thorhallsson E.R., Hinriksson G.I., Shaebjörnsson J.T. Strength and stiffness of glulam beams reinforced with glass and basalt fibres. Composites Part B: Engineering. 19 August 2016.

Information about the author
Tat'yana N. Shchelokova, PhD, Associate professor.
E-mail: t.shchelokova@yandex.ru. SCHelokovaTN@mgsu.ru.
National Research Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Received in March 2018

DOI:10.12737/article_5b115a6671c109.46170366

Уварова Н.Б., канд. техн. наук, доц.,
Парамонов Е.Е., студент
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

РАСЧЕТ ИЗГИБАЕМЫХ ПЛИТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОБЩЕННЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ВТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ИСКОМОЙ ФУНКЦИИ

evg.paramonov@yandex.ru

В основе расчета лежит аппроксимация исходного дифференциального уравнения изгиба тонкой изотропной пластинки с использованием обобщенных уравнений метода конечных разностей (МКР), полученных относительно вторых производных функции прогибов. Эти уравнения позволяют решать задачу в пределах интегрируемой области с учетом разрывов искомой функции, ее первой производной и правой части исходного дифференциального уравнения. Из системы уравнений получаем значения вторых производных искомой функции в каждой расчетной точке сетки. Используя известные зависимости можно перейти к изгибающим моментам, что упрощает решение. В статье изложен алгоритм решения задач с использованием предложенной методики. Приведены примеры расчетов с различными граничными условиями и нагрузкой при минимальном числе разбиений. Результаты сравниваются с решением С.П. Тимошенко в рядах. Такой подход может быть использован в качестве методических рекомендаций, а также для проведения поверочных расчетов при проектировании конструкций.

***Ключевые слова**: изгибаемая плита, тонкая, изотропная, искомая функция, разрыв функции, численное решение, обобщенные уравнения метода конечных разностей.*

Разрешающее дифференциальное уравнение изгиба тонкой пластинки [1] имеет вид:

$$\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2\frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = \frac{q}{D}, \qquad (1)$$

где W – прогиб; q – интенсивность распределенной нагрузки; D – цилиндрическая жесткость.

Перейдем к безразмерным параметрам и понизим порядок уравнения (1), введя обозначения

$$w^{\xi\xi} = \frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2}; \quad w^{\eta\eta} = \frac{\partial^2 w}{\partial \eta^2} \qquad (2)$$

получим:

$$\frac{\partial^2 w^{\xi\xi}}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 w^{\xi\xi}}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 w^{\eta\eta}}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 w^{\eta\eta}}{\partial \eta^2} = p, \qquad (3)$$

где $\xi = \frac{x}{a}$; $\eta = \frac{y}{a}$; $p = \frac{q}{q_0}$; $w = \frac{WD}{q_0 a^4}$; q_0- интенсивность нагрузки в какой-либо точке, a – длина одной из сторон плиты.

Внутренние усилия также запишем в безразмерном виде:

$$\begin{cases} m^{(\xi)} = \frac{M_x}{q_0 a^2}; \; m^{(\eta)} = \frac{M_y}{q_0 a^2}; \; m^{(\xi\eta)} = \frac{M_{xy}}{q_0 a^2}, \\ m^{(\xi)} = -\left(w^{\xi\xi} + \mu w^{\eta\eta}\right), \\ m^{(\eta)} = -\left(w^{\eta\eta} + \mu w^{\xi\xi}\right). \end{cases} \qquad (4)$$

Приведем разностную аппроксимацию дифференциального уравнения (3), используя обобщенное уравнение метода конечных разностей МКР (2.1.17) [2] при $\delta = \beta = \sigma = 0$, $\alpha = \gamma = 1$ с заменой ω на $w^{\xi\xi}$ и $w^{\eta\eta}$.

$$w^{\xi\xi}_{i-1,j} + w^{\xi\xi}_{i,j-1} - 4w^{\xi\xi}_{i,j} + w^{\xi\xi}_{i,j+1} + w^{\xi\xi}_{i+1,j} + w^{\eta\eta}_{i-1,j} + w^{\eta\eta}_{i,j-1} - 4w^{\eta\eta}_{i,j} + w^{\eta\eta}_{i,j+1} + w^{\eta\eta}_{i+1,j} + \frac{h}{2}\left({}^{I-II}\Delta q^{\xi}_{i,j} + {}^{III-IV}\Delta q^{\xi}_{i,j} + {}^{I-III}\Delta q^{\eta}_{i,j} + {}^{II-IV}\Delta q^{\eta}_{i,j}\right) = \frac{h^2}{4}\left({}^{I}p_{i,j} + {}^{II}p_{i,j} + {}^{III}p_{i,j} + {}^{IV}p_{i,j}\right), \qquad (5)$$

$$w^{\eta\eta}_{i-1,j} + w^{\eta\eta}_{i+1,j} - w^{\xi\xi}_{i,j-1} - w^{\xi\xi}_{i,j+1} - 2\left(w^{\eta\eta}_{i,j} - w^{\xi\xi}_{i,j}\right) = 0; \qquad (6)$$

Здесь $\Delta q^{\eta}_{i,j}$ и $\Delta q^{\xi}_{i,j}$ – величины разрывов безразмерной поперечной силы в направлениях η и ξ соответственно в точке, расположенной на бесконечно малом расстоянии от точки i, j.

Уравнения записываем на квадратной сетке с шагом h. Фрагмент сетки на которой строится численное решение показан на рис. 1.

Алгоритм расчета сводится к следующему: для определения $w^{\xi\xi}$ и $w^{\eta\eta}$ необходимо совместное решение систем уравнений (5) и (6) с учетом граничных условий.

При шарнирном опирании на контуре $w^{\xi\xi} = w^{\eta\eta} = 0$, поэтому для решения достаточно уравнений (5) и (6).

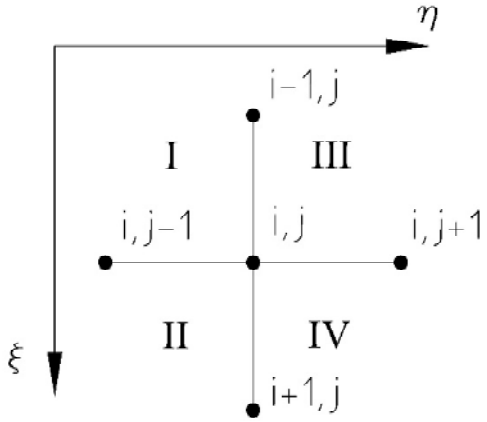


Рис. 1. Шаблон с расчётными точками

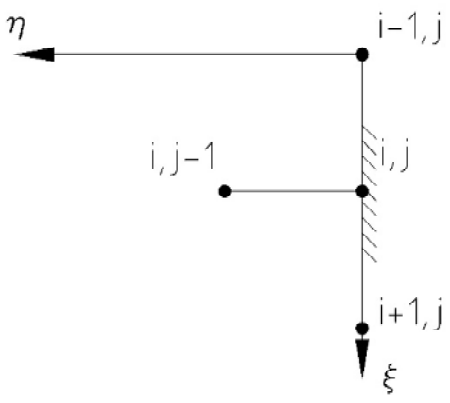


Рис. 2. Шаблон для записи граничных условий

Получим уравнение описывающее граничные условия при жестком защемлении стороны $\eta = 1$, параллельной оси ξ . Граничные условия можно записать в виде уравнения метода последовательных аппроксимаций используя (3.1.6) [2]:

$$-hw_{ij}^{\eta} - w_{ij} + w_{i,j-1} + \frac{h^2}{6}\left(2m_{ij} + m_{i,j-1}\right) = \\ = -\frac{h^5}{12^2}p_{i,j}^{\eta} - \frac{h^4}{12^2}\left(5p_{i,j} + p_{i,j-1}\right) \quad (7)$$

и выражение $m_{ij} = -(w_{ij}^{\xi\xi} + w_{ij}^{\eta\eta})$, при $w_{ij} = w^{\eta} = 0$, где i, j – точка края, получим

$$w_{i,j-1} - \frac{h^2}{6}\left(2w_{i,j}^{\xi\xi} + 2w_{i,j}^{\eta\eta} + w_{i,j-1}^{\eta\eta} + w_{i,j-1}^{\xi\xi}\right) = \\ = -\frac{h^5}{12^2}p_{i,j}^{\eta} - \frac{h^4}{12^2}\left(5p_{i,j} + p_{i,j-1}\right) \quad (8)$$

Для других краев плиты эти уравнения записываются по аналогии с заменой η, i, j на ξ, j, i. Фрагмент сетки приведен на рис. 2.

Для вычисления вторых производных w воспользуемся известными формулами метода конечных разностей:

$$w_{ij}^{\xi\xi} = (w_{i-1,j} - 2w_{ij} + w_{i+1,j})/h^2 \quad (9)$$

Формула для $w_{ij}^{\eta\eta}$ следует из (9) с заменой i, j на j, i.

Приведем решение нескольких задач.

1. Рассмотрим квадратную шарнирно опёртую по контуру плиту, нагруженную распределенными моментами по краям $\xi = 0$ и $\xi = 1$. Расчетная схема изображена на рис.3. Принимаем $h = 1/4$. При такой нагрузке момент на контуре $m^{(\xi)} = 1$, а $w^{\eta\eta} = 0$. $w^{\xi\xi}$ на контуре найдем из зависимостей (4) - $w^{\xi\xi} = -1$. Для решения необходимо записать уравнения (5) и (6) для расчетных точек поля с учетом симметрии при $\Delta q^{\xi} = \Delta q^{\eta} = 0$.

Решая систему получим: $w_1^{\xi\xi} = -0{,}185$; $w_1^{\eta\eta} = -0{,}312$. Из (4) определим: $m_1^{(\xi)} = 0{,}281$; $m_1^{(\eta)} = 0{,}369$. Результаты, приведенные в работе С.П. Тимошенко [1]: $m_1^{(\xi)} = 0{,}256$; $m_1^{(\eta)} = 0{,}394$. Погрешность по моментам $m_1^{(\xi)}$ – 9,7%, $m_1^{(\eta)}$ – 6,7%.

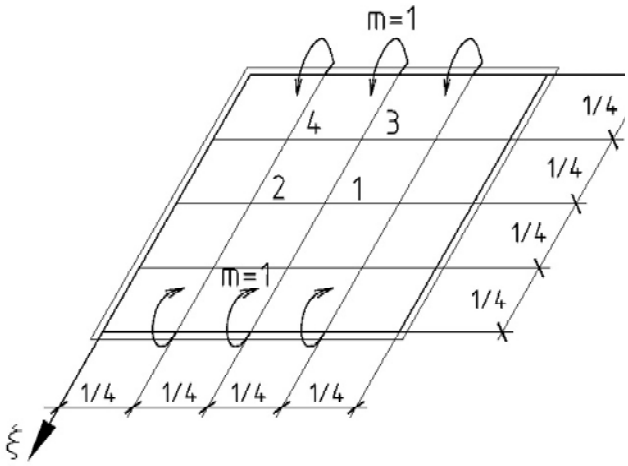


Рис. 3. Расчетная схема к задаче 1

2. Квадратная пластинка, три края которой свободно оперты и один защемлен, загружена равномерно распределенной нагрузкой $p = 1$. Граничные условия как на рис 4.

Для решения этой задачи наряду с уравнениями (5) и (6) составленных для точки поля 22, необходимо записать уравнение (8) для точки контура 23, учитывающее граничные условия. Значение прогиба в точке 22, в уравнении (8), запишем с использованием известного уравнения метода конечных разностей (9).

$$\begin{cases} -4w_{22}^{\xi\xi} + w_{23}^{\eta\eta} - 4w_{22}^{\eta\eta} = \frac{0.5^2}{4}(1+1+1+1), \\ -w_{22}^{\eta\eta} + w_{22}^{\xi\xi} = 0, \\ \frac{w_{22}^{\xi\xi}\cdot 0{,}5^2}{2} + \frac{0{,}5^2}{6}\left(2w_{23}^{\eta\eta} + w_{22}^{\eta\eta} + w_{22}^{\xi\xi}\right) = \frac{0{,}5^4}{12^2}(5\cdot 1 + 1); \end{cases} \quad (10)$$

Решая (10) найдем: $w_{22}^{\xi\xi} = w_{22}^{\eta\eta} = -0{,}0208$; $w_{23}^{\eta\eta} = 0{,}0833$. С учётом (4) $m_{23}^{(\eta)} = -0{,}0833$;

$m_{22}^{(\eta)} = m_{22}^{(\xi)} = 0{,}027$. Прогиб $w_{22} = 0{,}0028$. Решение в рядах [1] для этой задачи дает: $w_{22} = 0{,}0026$;

$m_{22}^{(\eta)} = 0{,}034$; $m_{22}^{(\xi)} = 0{,}039$; $m_{23}^{(\eta)} = -0{,}084$. Погрешность по прогибам - 7,7 %, по моменту в заделке – 0.84 %.

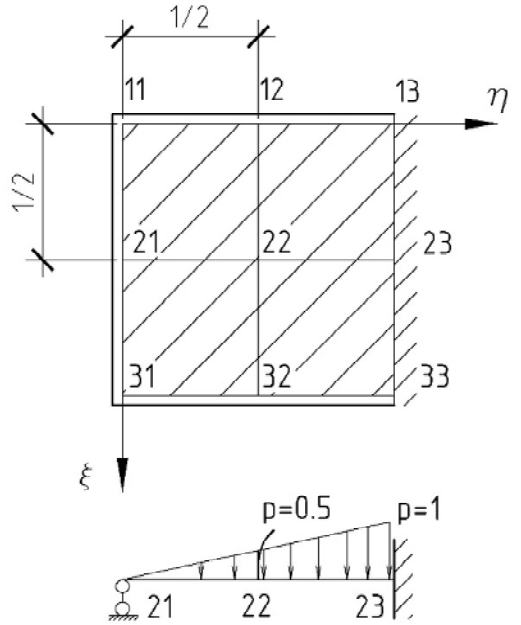


Рис. 4. Расчетная схема к задаче 3

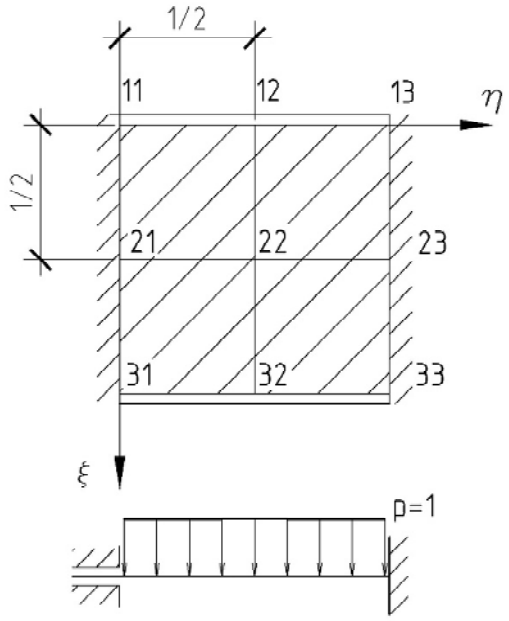


Рис. 5. Расчетная схема к задаче 4

3. Рассмотрим плиту, представленную на рис. 4 под действием гидростатической нагрузки. Уравнения (5) и (6) записываются аналогично предыдущему примеру, при этом $p_{22} = 0{,}5$. Уравнение (8) записываем с учетом (9) полагая $p_{23}^{\eta} = 1$. В результате получим: $w_{22}^{\xi\xi} = w_{22}^{\eta\eta} = -0{,}0092$; $w_{23}^{\eta\eta} = 0{,}0516$. С учётом (4) при $\mu = 0{,}3$ – $m_{23}^{(\eta)} = -0{,}0516$; $m_{22}^{(\eta)} = m_{22}^{(\xi)} = 0{,}0119$. Прогиб $w_{22} = 0{,}0011$. Решение [1]: $w_{22} = 0{,}0013$; $m_{22}^{(\eta)} = 0{,}019$; $m_{22}^{(\xi)} = 0{,}016$; $m_{23}^{(\eta)} = -0{,}048$. Погрешность по прогибам – 14,3 %, по моменту в заделке - 7,4 %.

4. Пластинка, жестко закрепленная двумя противоположными сторонами и свободно опертая двумя другими под действием равномерно распределенной нагрузки по всей поверхности (рис. 5). Для решения записываем уравнения (5) и (6) для точки 22, уравнение (8), с учетом (9) для точки 23. При шаге $h = 1/2$, получим следующие результаты: $w_{22}^{\xi\xi} = w_{22}^{\eta\eta} = -0{,}01442$; $w_{23}^{\eta\eta} = 0{,}0673$. С учётом (4) при $\mu = 0{,}3$ - $m_{23}^{(\eta)} = -0{,}0673$; $m_{22}^{(\eta)} = m_{22}^{(\xi)} = 0{,}0187$. Прогиб $w_{22} = 0{,}0018$. Решение [1]: $w_{22} = 0{,}00195$; $m_{22}^{(\eta)} = 0{,}0332$; $m_{22}^{(\xi)} = 0{,}0244$; $m_{23}^{(\eta)} = -0{,}0698$. Погрешность по прогибу - 8,3 %, по моменту в заделке - 3,7 %.

Таблица 1

Результаты расчетов задач на сетке с шагом $h = 1/2$ и $h = 1/4$

	h	w_{22} в центре	$m_{22}^{(\xi)}$ в центре	$m_{22}^{(\eta)}$ в центре	$m_{23}^{(\eta)}$ в заделке
задача №1	1/2	0,0312	0,422	0,422	-
	1/4	0,0356	0,281	0,369	-
решение [1]		0,0368	0,256	0,394	-
задача №2	1/2	0,0026	0,027	0,027	-0,083
	1/4	0,0027	0,035	0,031	-0,0838
решение [1]		0,0028	0,039	0,034	-0,084
задача №3	1/2	0,0011	0,012	0,012	-0,051
	1/4	0,0013	0,015	0,017	-0,043
решение [1]		0,0013	0,016	0,019	-0,048
задача №4	1/2	0,0018	0,019	0,019	-0,067
	1/4	0,00187	0,022	0,028	-0,069
решение [1]		0,0019	0,024	0,033	-0,069

Решен ряд тестовых задач. Из анализа приведенных результатов следует, что решения с помощью изложенного алгоритма достоверны, погрешность при минимальном числе разбиений плиты на элементы не значительная. Нагрузка может быть любого типа, в том числе сосредоточенная с использованием подхода, показанного в [5], [8], [9], [11]. Исходя из этого, данный метод может быть использован для проведения расчетов подобных задач и для задач с другими вариантами нагрузок и граничных условий. Работа может представлять интерес с методической точки зрения, а также в связи с возможностью определения непосредственно моментов. В заключении отметим, что существует обширная

литература, посвященная расчету изгибаемых плит. Расчет методом конечных разностей в традиционной форме представлен в работах [3], [4], [12]. Вариационные методы использованы в [1], [7], [10]. А также решение методом конечных элементов реализовано в вычислительных комплексах [6], [13].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки пер. с англ. М., Изд-во Наука, 1966, 635 с.

2. Габбасов Р.Ф., Габбасов А.Р., Филатов В.В. Численное построение разрывных решений задач строительной механики. М.: Изд-во АСВ, 2008. 280 с.

3. Киселев В.А. Расчет пластин. М: Изд-во Стройиздат, 1973. 151 с.

4. Вайнберг Д.В. Справочник по прочности, устойчивости и колебаниям пластин. К.: Изд-во Будивельник, 1973. 488 с.

5. Михайлов Б.А. Пластинки и оболочки с разрывными параметрами. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1980. 196 с.

6. Золотов А.Б., Акимов П.А., Сидоров В.Н., Мозгалева М.Л. Численные и аналитические методы расчета строительных конструкций. М.: Изд-во АСВ, 2009. 336 с

7. Варданян Г.С., Андреев В.И., Атаров Н.М., Горшков А.А. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. Изд-во: М.: Изд-во Инфра-М; издание 2-е, испр. и доп. 2011. 638 с.

8. Gabbasov R. F., Filotov V.V., Ovarova N.B., Mansour A.M. Dissection method applications for complex shaped membranes and plates // Procedia engineering. 2016. Pp. 444–449.

9. Уварова Н.Б., Парамонов Е.Е. Применение обобщенных уравнений метода конечных разностей к расчету изгибаемых плит на локальные и разрывные нагрузки. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. №1. С. 56-59.

10.Биргер И.А., Пановко Я.Г. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Том 1. М.: Изд-во Машиностроение, 1968. 831 с.

11.Габбасов Р.Ф., Ань Хоанг Туан, Ань Нгуен Хоанг. Сравнение результатов расчета тонких изгибаемых плит с использованием обобщенных уравнений методов конечных разностей и последовательных аппроксимаций. // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №1. С. 62–64.

12.Жилкин В.А. Расчет шарнирно опертых прямоугольных пластин методом конечных разностей в MathCAD. АПК России. 2017. Т. 24. №1. С. 119–129.

13.Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А., Фиалко С.Ю. SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++. Изд-во: «СКАД СОФТ», 2015. 848 с.

Информация об авторах

Уварова Наталия Борисовна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной и теоретической механики.
E-mail: nbuvarova@yandex.ru
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26.

Парамонов Евгений Евгеньевич, студент.
E-mail: evg.paramonov@yandex.ru
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26.

Поступила в марте 2018 г.
© Уварова Н.Б., Парамонов Е.Е., 2018

N.B. Uvarova, E.E. Paramonov

BENT PLATES CALCULATION WITH GENERALIZED EQUATIONS USAGE OF THE FINITE DIFFERENCE METHOD ACCORDING TO THE SECOND DERIVATIVES OF THE REQUIRED FUNCTION

The calculation is based on the approximation of the initial differential equation of the bent of a thin isotropic plate due to generalized equations of the finite difference method (FDM) as to the second derivatives of the deflection function. These equations allow to solve a problem taking into account the discontinuities of a required function, its first-order derivative and the right-hand side of a primitive differential equation within integration domain. Solving the system of equations we can obtain the values of the second derivatives of the required function at each calculated point of mesh. Using known values, we can move to bent

moments, which simplifies the solution. The article describes the algorithm for solving problems using the proposed methodology. Examples of calculations with various boundary conditions and load with the minimum number of partitions. The results are compared with the decision of S.P. Timoshenko in the sequences. Such approach can be used as methodological recommendations, also for carrying out verification calculations in the design of structures.

Keywords: *bent plate, refined, isotropic, the required function, discontinuities of the function, computational solution, generalized equations of finite difference method.*

REFERENCES

1. Gabbasov R.F., Gabbasov A.R. Filatov V.V. Numerical construction of discontinuous solutions to the problems of structural mechanics. M.: ASV, 2008. 280 p.
2. Timoshenko S.P. Voinovskiy-Kriger S. Plate and shell translation from English. M, Science, 1966. 635 p.
3. Kiselev V.A. Calculation of plates. M: Stroiizdat, 1973. 151 p.
4. Vainberg D.V. Handbook of strength, stability and oscillations of wafers. K.: Budevilnik, 1973. 488 p.
5. Mikhailov B.A. Plates and shells with discontinuous parameters. L.: Publishing house of the Leningrad university, 1980. 196 p.
6. Zolotov A.B., Akimov P.A., Sidorov V.A. Mozgaleva M.L. Numerical and analytical methods for calculation building structures. M.: ASV, 2009. 336 p.
7. Vardanyan G.S., Andreev V.I., Atarov N.M., Gorshkov A.A. Resistance of materials with the fundamentals of the theory of elasticity and plasticity. M.: Infra-M; izdanie 2-e ispr. i dop. 2011. 638 p.
8. Gabbasov R. F., Filotov V.V., Ovarova N.B., Mansour A.M. Dissection method applications for complex shaped membranes and plates. Procedia engineering, 2016, pp. 444–449.
9. Uvarova N.B., Paramonov E.E. Application of the generalized equations of finite difference method to the calculation of bent plates of local and discontinuous loadings. Bulletin of BSTU named after V.G. Shokhov, 2018, no.1, pp. 56–59.
10. Birger I.A., Panovko Ya.G. Strenght, stability, vibrations. Reference book in 3 volumes. Volume 1. M: Mashinostroenie, 1968, 831 p.
11. Gabbasov R.F., An Hoang Tuan, An Nguen Hoang Comparison of the results of calculating thin bending plates using generalized equations of finite difference methods and successive approximations. Industrial and civil constrictions, 2014, no. 1, pp. 62–64.
12. Zhilkin V.A. Calculation of articulated rectangular plates by the finite difference method in MathCAD. APK Russian, 2017, vol. 24, no.1, pp. 119–129.
13. arpilovskiy V.S., Kriskunov V.S., Malarenko E.Z., Perelmuter A.V., Perelmuter M.F., Fialko S.U. SCAD Office. Version 21. Computer complex SCAD++. «SCAD Soft», 2015. 848 p.

Information about the author
Natalia B. Uvarova, PhD, Assistant professor.
E-mail: nbuvarova@yandex.ru
National Research Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Evgeniy E. Paramonov, student.
E-mail: evg.paramonov@yandex.ru
National Research Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Received in March 2018

DOI:10.12737/article_5b115a66c73a34.65607627

Прохоров С.В., канд. техн. наук, доц.
Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Oc204@bk.ru

С развитием промышленного производства и химической промышленности существенно увеличилась экологическая нагрузка на воздушную, грунтовую и гидравлическую среду. Строительство одна из отраслей народного хозяйства, которая широко применяет искусственные материалы для производства работ, а также является источником большого количества отходов загрязняющих окружающую среду. Попадание загрязняющих веществ в окружающую среду может происходить на различных этапах производственного цикла. Традиционными с точки зрения экологической безопасности являются требования к материалам, применяемым для возведения зданий. Однако это лишь малая часть возможных загрязнений. Большая часть веществ попадает непосредственно в процессе производства строительно-монтажных работ, при работе техники и оборудования, а также при выполнении работ по реконструкции и демонтажу. Для обеспечения необходимого уровня экологической эффективности строительства необходимо рассматривать весь производственный цикл в комплексе.

Ключевые слова: *строительство, отходы, экология, выбросы, организация строительства.*

Введение. Загрязнение окружающей среды при выполнении строительных работ может происходить по нескольким причинам. Среди них можно выделить наиболее весомые: строительные отходы и продукты сноса зданий и сооружений; попадание вредных веществ в почву, воду и атмосферу в результате нарушения технологии производства работ или применения устаревших методов; использование устаревшей строительной техники; плохая организация строительства (площадки очистки колес, ограждения строительной площадки, удаление стоков со строительной площадки).

Значение проблем, связанных с размещением отходов, резко возросло с ростом и развитием крупных городов. По оценкам Евростата ежегодное образование C & DW составляет 970 миллионов тонн в ЕС-27, что составляет в среднем почти 2,0 тонны на одного жителя [1].

И если для зарубежных стран и компаний это является обязательной нормой и носит государственный характер, то с экологической точки зрения плюсы переработки техногенных отходов очевидны [2]. Во-первых, переработка приводит к снижению количества необходимых полигонов для захоронения отходов. Во-вторых, применение вторичного сырья позволяет значительно сократить добычу природных ресурсов и сократить энергетические затраты на производство, что, несомненно, благотворно сказывается на состоянии окружающей среды [3, 4]. Экономическая выгода достигается за счет того, что техногенным отходам дается вторая жизнь. Её конечный результат – получение качественных материалов, пригодных для дальнейшего использования, которые значительно дешевле первичных [5].

В Российской Федерации в настоящее время перерабатывается лишь 5–10 % отходов строительства и сноса, причем переработке подвергается в основном лом железобетона и кирпича, поскольку их переработка одна из самых простых и не требует сложных производственных процессов [6, 7] На низком уровне находится решение задач утилизации таких видов строительных отходов, как полимерных напольных покрытий, битумных покрытий, пластмассы, строительной керамики, древесины. [8,9,10]

Передовыми городами в области утилизации строительного мусора являются крупные мегаполисы Москва, Санкт-Петербург и ряд других.

Наряду с федеральными нормами, законом № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления", постановлением Правительства РФ от 16.08.2013 № 712 "О порядке проведения паспортизации отходов I-IV классов опасности", действуют региональные нормативы в частности: Закон города Москвы от 30.11.2005 № 68 "Об отходах производства и потребления в городе Москве», Постановление Правительства Москвы от 25.06.2002 № 469 "О порядке обращения с отходами строительства и сноса в г. Москве".

Однако отсутствие в достаточном количестве перерабатывающих комплексов и несовершенство нормативной базы, отсутствие единой системы управления отходами препятствуют полноценному решению вопроса. На низком уровне находится система побуждения и стиму-

лирования для применения «зеленых» и энергоэффективных технологий со стороны государственных структур.

Постановка проблемы. Согласно данным Росстата (рис. 1), в последнее время неуклонно возрастает разрыв между образованием отходов от строительной деятельности и их переработкой [11].

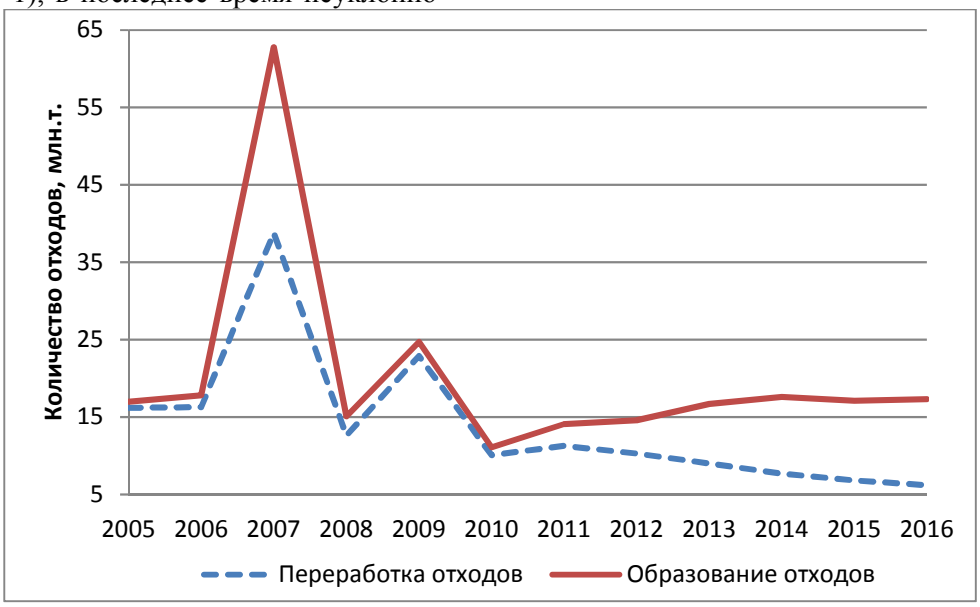


Рис. 1. Распределение количества образования и переработки отходов в строительстве за 2005–2016 года

Помимо вопроса, связанного с утилизацией отходов строительного производства, на первый план выходят задачи по минимизации выбросов загрязняющих веществ в процессе производства работ, оптимизации ресурсосбережения и применения современных методов анализа влияния технологических процессов на окружающую среду [12].

Мероприятия по охране окружающей среды основываются на требованиях раздела "Перечень мероприятий по охране окружающей среды" Постановления Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию". Однако для эффективной организации строительного производства и снижения воздействия неблагоприятных факторов на экосистему, необходимо уже на стадии проектирования производить комплексную оценку различных вариантов производства работ и применения механизации. Немаловажную роль показатели экологичности и энергоэффективности играют при реализации проектов за рубежом или с участием иностранных инвесторов. Необходим комплексный подход, позволяющий оценивать уровень воздействия на окружающую среду методов строительно-монтажных работ. Для этих целей необходимо выделить основные критерии оценки и оптимизации:

1.Попадание вредных веществ в почву, воду и атмосферу в результате нарушения технологии производства работ или применения устаревших методов.

Данный вид загрязнений в основном связан с недостатком в строительных организациях современных инструментов и оборудования, а также с нежеланием применять новые прогрессивные методы производства работ. В частности, при выполнении опалубочных работ ряд компаний до сих пор применяют смазки на основе отработанных масел. Это не только негативно сказывается на качестве бетонной поверхности, но и загрязняет грунтовые воды в результате очистки опалубки, её складировании и перевозке. В некоторых случаях применяются опалубочные системы индивидуального изготовления из древесины, которую впоследствии необходимо утилизировать или перерабатывать. Применение дизель-молотов, приготовление горячих мастик с применением низкоэффективных котлов также негативно сказывается на экологической ситуации в условиях строительной площадки.

2. Дополнительным источником загрязнения при производстве строительно-монтажных работ является устаревшая строительная техника. Многие организации эксплуатируют технику со сверхнормативным сроком службы, которая не соответствует современным требованиям в области экологической безопасности. Зачастую техника эксплуатируется так сказать «на убой», что приводит к попаданию в грунт масел, топлива и других технологических жидкостей через

неплотности в сальниках, уплотнениях и т.д. Еще одним негативным моментом использования устаревших машин является их низкая производительность и как следствие увеличенные сроки производства работ, а значит и выбросов в атмосферу. [13,14]

3. Не маловажную часть в снижение экологичности строительства вносит не достаточная организация производства работ. В частности, при выполнении работ образуется достаточно большое количество пылеобразных загрязняющих веществ, которые складируются в открытых контейнерах или на открытых верхних этажах, из которых все раздувается ветром [15]. Зачастую внутриплощадочные дороги выполняются по грунту без устройства покрытия, что также является источником загрязнения. Это является прямым нарушением требований СП 48.13330.2011 «Организация строительства», но даже при их соблюдении необходимо больше внимания уделять применению энергоэффективных технологий при разработке организационных мероприятий на строительной площадке.

Методика. Целью работы является оценка эффективности организации строительного производства и оптимизация выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Критерием оптимизации может служить количественный показатель загрязняющих веществ выделяемых при производстве работ.

$$k=k_1\cdot n_1+k_2\cdot n_2+k_3\cdot n_3-k_4\rightarrow\min \qquad (1)$$

k_1 – удельная доля загрязняющих веществ выделяемых веществ при производстве СМР; k_2 – удельная доля загрязняющих веществ выделяемых в результате эксплуатации машин и механизмов; k_3 – удельная доля загрязняющих веществ выделяемых в результате реализации организационных мероприятий СМР; k_4 - удельная доля загрязняющих веществ использованных при рекуперации, рециклинге и т.д.; n_1, n_2, n_3 – весовые коэффициенты определяющие величину ущерба окружающей среде.

Основная часть. Количество загрязняющих веществ выделяемых при производстве строительно-монтажных работ может оцениваться

Количество загрязняемых веществ выделяемых при производстве работ

$$k_1=\sum_{i=1}^{n}k_d\cdot V+\sum k_{отход} \qquad (2)$$

где k_d – среднее количество вредных веществ при выполнении d-й работы на j-м объекте; V_d – объем работ на объекте; $k_{отход}$ – количество отходов, подлежащих утилизации с учетом потерь в результате несовершенства технологии.

Для снижения уровня влияния методов производства работ на загрязнение окружающей среды необходима разработка и внедрение малоотходных и безотходных технологий. В частности, применение конструкций повышенной заводской готовности не только сокращает сроки строительства, но и способствует минимизации потерь материалов и выделению вредных веществ. В частности, применение несъемной опалубки позволяет исключить загрязнение при демонтаже и очистке опалубки. Применение мобильных бетоносмесительных установок, подача бетона бетононасосами, использование пластификаторов позволяет снизить потребление энергии и потери при транспортировке бетонной смеси.

Количество загрязняющих веществ при эксплуатации строительной техники определяем исходя из времени работы на объекте:

$$k_2=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}K_{ij}t_{ij}\cdot k_i \qquad (3)$$

где K_{ij} – среднее количество вредных веществ i-й машины при работе на j-м объекте; t_{ij} – время работы i-й машины на j-м объекте; k_i – коэффициент учитывающий разброс выбросов вредных веществ в зависимости от состояния техники.

Время работы машины на объекте определяем по формуле

$$t_{ij}=\frac{V_i}{\sum_{j=1}^{n}P_{ij}k_{ti}k_{vi}k_{ri}} \qquad (4)$$

где V_i – объем работ на j-м объекте; P_{ij} – производительность машины; k_{ij} – производительность i-й машине на j-м объекте; kti – коэффициент, учитывающий влияние температуры на удорожание работ; k_{vi} – коэффициент, учитывающий влияние возраста техники на стоимость эксплуатации; k_{ri} – коэффициент, учитывающий влияние условий эксплуатации и структуры работ

Коэффициент учитывающий разброс выбросов вредных веществ в зависимости от состояния техники определяем по формуле:

$$k_i=\frac{\sum_{i=1}^{n}k_{ij}t_i}{k_{ij}\sum_{i=1}^{n}t_i} \qquad (5)$$

Для снижения выбросов в атмосферу при работе машин и механизмов необходимо внедрять передовые методы производства работ, такие как:

1. Применение современных систем автоматизации производства работ, в частности систем 2D и 3D позиционирования для земляных работ;

2. Применение высокотехнологичного оборудования, оснащенного системами рекуперации, аккумулирования энергии и гибридными силовыми установками;

3. Применение передовых методов производства и организации работ с применением машин и механизмов.

Количество загрязняющих веществ, выделяемых в результате реализации организационных мероприятий СМР. Также необходимо производить сравнение затрат на устранение последствий загрязнения и приведения территории в надлежащее состояние

$$k_3 = \sum_{i=1}^{n} k_f, \quad (6)$$

где k_f – количество вредных веществ, выделяемых в результате несовершенства организационных мероприятий;

В соответствии со СП 48.13330.2011 «Организация строительства» все природоохранные мероприятия должны разрабатываться на стадии проектирования на основании данных инженерных изысканий осваиваемой территории. При производстве работ на строительном объекте должны осуществляться контроль содержания вредных веществ в воздухе, а также замеряться параметры уровней шума и значения вибрации в близлежащих жилых и общественных зданиях и на территории жилой застройки. Дополнительными мероприятиями для снижения экологической нагрузки на окружающую среду могут являться снижение затрат на санитарно-бытовые нужды, экономия электроэнергии на освещение и производство строительно-монтажных работ.

Переход от размещения бытовых помещений в отдельно стоящих вагончиках к модульным и сблокированным помещениям позволяет сократить площадь охлаждаемой поверхности, а значит улучшить теплотехнические характеристики зданий. Применение для теплоснабжения автономных источников теплоснабжения с количественно-качественным способом регулирования отпуска тепла, автоматизированных тепловых пунктов с погодозависимым регулированием позволяет существенно сократить затраты на отопление, а как следствие уменьшить вредные выбросы в атмосферу. Совмещение системы обогрева с системами вентиляции и кондиционирования, позволит применять рекуперационные системы и снизить энергозатраты на нагрев и осушение воздуха.

Также необходимо предусмотреть возможность отхода от традиционных видов отопительных котлов в сторону альтернативных источников отопления (например, при помощи тепловых насосов, солнечных батарей), отоплении при помощи воздуха (подразумевающее электрический подогрев воздуха, поставляемого при помощи контролируемой вентиляционной системы).

Для освещения строительной площадки, целесообразно использовать солнечные панели с аккумулирующими блоками. Это повлечет первоначальные затраты, но окупится при постоянном применении.

После определения всех показателей производится сравнение и выбор варианта с минимальными затратами.

Выводы. Внедрение комплексного подхода к оценке количества выделяемых вредных веществ и образования отходов при выполнении строительно-монтажных работ, а также сопутствующих работ позволит решить сразу несколько вопросов:

1. Улучшение экологической обстановки в регионе;

2. Создание условий экономической заинтересованности субъектов во внедрении новых технологий и экономии ресурсов.

2. Разработка правовые, экономические и технические механизмы стимулирования внедрения «зеленых» технологий.

3. Совершенствование технологических и организационных методов производства строительно-монтажных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Pacheco-TorgalF. Eco-efficient construction and building materials research under the EU Framework Programme Horizon 2020 // Construction and Building Materials. 2014. №51. Pp. 151–162.

2. Cha G. -W, Kim Y. -C, Moon H. J., and Hong W. -H. New Approach for Forecasting Demolition Waste Generation using Chi-Squared Automatic Interaction Detection (CHAID) Method // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 168: pp. 375–385.

3. Karolina R., Pandiangan J. Preliminary Studies on Steel Slag as a Substitute for Coarse Aggregate on Concrete // 6th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum, EACEF. 2017. Vol. 138.

4. Mohajerani A., et al. Practical Recycling Applications of Crushed Waste Glass in Construction Materials: A Review // Construction and Building Materials.2017. Vol. 156. Pp. 443–467.

5. Ахматов М.А., Чеченов А.М. Проблема утилизации карьерных и промышленных отходов для производства строительных материалов // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова». 2015. С. 263–268.

6. Куценко В.В., Цховребов Э.С.,

Сидоренко С.Н., Церенова М.П., Киричук А.А. Проблемы обеспечения экологической безопасности региона // Вестн. РУДН. 2013. № 2. С. 75–82.

7. Цховребов Э.С., Четвертаков Г.В., Шканов С.И. Экологическая безопасность в строительной индустрии. М.: Альфа-М, 2014. 304 с.

8. Саврасова Ю.С., Чаплыгина Д.И., Тимофеев Г.П. Существующие и перспективные направления развития переработки древесных отходов // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сб. ст. VII Междунар. науч.-практ. конф. 2015. С. 177–181.

9. Кравцова М.В., Васильев А.В., Кравцов А.В., Носарев Н.С. Анализ методов утилизации отходов строительства с последующим вовлечением их во вторичный оборот // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. №4(4). С. 804–809.

10.Каунова А.С., Михайлова М.А. Современные методы утилизации строительных отходов // Электронный научный журнал. 2017. № 1-2 (16). С. 218–221.

11. Образование, использование и обезвреживание отходов производства и потребления по видам экономической деятельности (по ОКВЭД-2007) [Электронный ресурс]. // Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/# (дата обращения:02.02.2018)

12.Fong, K. F., and Lee C. K. Investigation of Climatic Effect on Energy Performance of Trigeneration in Building Application // Applied Thermal Engineering. 2017. Vol. 127. Pp. 409–420.

13.Шлыков М.Ю., Козырева Л.В. Оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при работе строительной техники // Сборник научных трудов II международной научно-практической конференции с научной школой для молодежи. Тверской государственный технический университет. 2016. С. 235–237.

14.Ерошенко Я.Б., Самхарадзе К.К. Мониторинг загрязнения воздушного бассейна строительной техникой // Инновации в науке. 2017. № 8 (69). С. 7–11.

15.Киселева Е.А. Анализ существующей типологии энергосберегающих мероприятий в процессе реализации строительного проекта и эксплуатации объекта недвижимости // Вестник МГСУ. 2015. № 2. С. 187–195.

Информация об авторах
Прохоров Сергей Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительное производство.
E-mail: oc204@bk.ru
Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
Россия, 600000, Владимир, ул. Горького, д. 87.

Поступила в феврале 2018 г.
© Прохоров С.В., 2018

S.V. Prokhorov

INCREASE OF ECOLOGICAL SAFETY OF CONSTRUCTION PRODUCTION

With the development of industrial production and the chemical industry environmental load on air, dirt and hydraulic environment has significantly increased. The construction is of one of the industries that widely uses artificial materials for the production of works, and is also the source of large amounts of waste polluting the environment. Ingress of contaminants into the environment can occur at different stages of the production cycle. Traditional from the point of view of environmental safety are requirements for materials used for the construction of buildings. However, this is only a small part of possible contamination. Most of the substances gets directly in the production process of construction works, when working machinery and equipment, as well as the implementation of reconstruction and dismantling. To ensure the required level of environmental performance of construction it is necessary to consider the entire production cycle in the complex.

Keywords: *construction, waste, ecology, emissions, organization of construction.*

REFERENCES

1. Pacheco-TorgalF. Eco-efficient construction and building materials research under the EU Framework Programme Horizon 2020. Construction and Building Materials, 2014, no. 51, pp. 151–162.

2. Cha, G. -W, Kim Y. -C, Moon H. J., and Hong W. -H. New Approach for Forecasting Demolition Waste Generation using Chi-Squared Automatic Interaction Detection (CHAID) Method. Journal of Cleaner Production, 2017, vol. 168, pp. 375–385.

3. Karolina R., and Pandiangan J. Preliminary Studies on Steel Slag as a Substitute for Coarse Aggregate on Concrete. 6th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum, EACEF, 2017, vol. 138.

4. Mohajerani, A., et al. Practical Recycling Applications of Crushed Waste Glass in Construction Materials: A Review. Construction and Building Materials, 2017, vol. 156, pp. 443–467

5. Ahmatov M.A., CHechenov A.M Problem of utilization of the career and industrial wastes for production of structural materials. Materials of the International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 95th anniversary of the FGBOU HPE "GSTU named after M.D. Millionshchikov", 2015, pp. 263–268.

6. Kucenko V.V., Ckhovrebov E.S., Sidorenko S.N., Cerenova M.P., Kirichuk A.A. Problems of ensuring ecological safety of the region. Bulletin of RUDN, 2013, no. 2, pp. 75–82

7. Ckhovrebov E.S., Chetvertakov G.V., Shkanov S.I. Ecological safety in the structural industry. Moscow: Al'fa-M. 2014, 304 p.

8. Savrasova YU.S., CHaplygina D.I., Timofeev G.P. The existing and perspective directions of development of processing of a wood wastag. Actual problems of ecology and labor protection: a collection of articles of the VII International Scientific and Practical Conference, 2015, pp. 177–181.

9. Kravcova M.V., Vasil'ev A.V., Kravcov A.V., Nosarev N.S. The analysis of methods of a salvage of construction with their subsequent involvement in a secondary turn. News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2015, vol. 17, no.4(4), pp. 804–809.

10.Kaunova A.S., Mihajlova M.A. The modern methods of utilization of construction waste. Online scientific magazine, 2017, no. 1-2 (16), pp. 218–221.

11.Education, use and neutralization of industrial and consumption waste by types of economic activity (on OKVED-2007). Federal Service of State Statistics. Available at: URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/# (accessed 02.02.2018)

12.Fong K.F., Lee C. K. Investigation of Climatic Effect on Energy Performance of Trigeneration in Building Application. Applied Thermal Engineering, 2017, vol. 127, pp. 409–420.

13.SHlykov M.YU., Kozyreva L.V. Assessment of emissions of pollutants in free air during the operation of the construction equipment. Collection of scientific works of II of international research and practice conference with scientific school for young people. Tver State Technical University, 2016, pp. 235–237.

14.Eroshenko YA.B., Samharadze K.K. Monitoring of pollution of the air basin construction equipment. Innovations in science, 2017, no. 8 (69), pp. 7–11.

15.Kiseleva E.A. The analysis of the existing typology of energy saving actions in the course of implementation of the structural project and operation of a real estate object. Bulletin of MGSU, 2015, no. 2, pp. 187–195.

Information about the author
Sergei V. Prokhorov, PhD, Assistant professor.
E-mail: oc204@bk.ru.
Vladimir State University named after A. and G. Stoletovs.
Russia, 600000, Vladimir, Gorkiy st., 87.

Received in February 2018

DOI:10.12737/article_5b115a674daca3.39959922

[1]Силин Р.В., магистр,
[2]Касьянов В.Ф., д-р техн. наук, проф.
[1]Белорусско-Российский университет
[2]Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ПОСТРОЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОГО ПАРКА В КОНТЕКСТЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

silinruslan@gmail.com

Городские парки являются важной составляющей системы озеленения наших городов и в то же время имеют важное социальное значение, как объекты рекреации населения. Две этих функции в сочетании с эстетической нагрузкой, которую на них возлагают градостроители и архитекторы наделяют парки способностью играть важную роль в устойчивом развитии современного крупного города. Управление устойчивым развитием нуждается в адекватных инструментах оценки состояния сложных градостроительных объектов. Методика индексной оценки качества парков является эффективным инструментом мониторинга и управления ландшафтно-рекреационными территориями, способствуя устойчивости развития города в целом.

Ключевые слова: *методика оценки качества парка, комплексный показатель качества парка, индекс качества парка.*

Введение. Состояние экологии крупных и крупнейших городов, растущее имущественное расслоение их жителей, влекущее неравенство доступа разных групп населения к социальным и иным ресурсам общества привели к возникновению в конце XX века концепции «Устойчивого развития территорий» [1, 2], ставшей, на сегодняшний день, глобальной целью, включённой в программы развития всех развитых государств. В Европе для оценки качества территорий разработан набор из 50-ти основных индикаторов качества, объединённых в 4-е группы: экономические, экологические, социальные, институциональные [3]. Примечательно, что к важнейшим показателям городской структуры и качества городской среды одновременно с качеством воздуха, воды, почвы, оборотом отходов отнесены также:

– показатель озеленённости городской территории:

– доля населения, обеспеченная озеленёнными территориями в 15-ом радиусе пешей доступности;

– показатель биоразнообразия городской среды [3].

Тем самым ландшафтно-рекреационные территории городов обозначены в числе главных факторов, обеспечивающих их устойчивое развитие, количественная индексная оценка – одной из задач на пути к поставленной цели.

В этом контексте актуализируется проблема создание отечественной количественной методики оценки качества озеленённых объектов общего пользования наших городов и, прежде всего, городских парков, как наиболее сложных по функциональной структуре и по социальной роли в городской среде. В связи с этим целью исследования избрана разработка методики расчёта индекса качества городского парка.

Основная часть. Современное состояние городских парков на территории Республики Беларусь и Российской Федерации характеризуется рядом проблем:

– малая площадь территории парка;

– неоптимальная конфигурация участка парка и, как следствие, его проницаемость для шума [4, 5] и других факторов дискомфорта [6, 7];

– низкая транспортная доступность парков городского уровня для жителей удалённых от центра районов;

– невысокая функциональная развитость (кол-во видов рекреации) [8];

– нередко низкий уровень благоустройства [8];

– функциональное зонирование территории парка, не соответствующее изменившейся градостроительной ситуации вокруг парка и изменившимся социально-экономическим условиям его функционирования;

– нередко стихийное функциональное зонирование под влиянием коммерческих факторов [9].

Перечисленные проблемы препятствуют использованию потенциала парков в решении экологических проблем, снижают их роль как объектов рекреации и важного композиционного градостроительного элемента. Количественные методы позволяют получить обоснованную оценку качественного состояния парка и вы-

явить направления его возможной реконструкции с целью экологической и социальной реновации.

Проведенный нами анализ среды городского поселения позволил выявить следующие актуальные группы связей между городом и парком:

– экологические;
– рекреационные;
– эстетические;
– правовые;
– экономические.

На основе выявленных групп связей была построена модель качества городского парка.

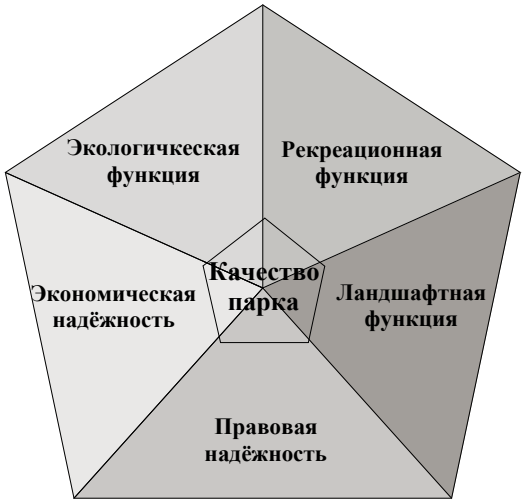


Рис. 1. Модель качества городского парка

Осмысление полученной модели качества парка с позиций современного системного подхода [10] позволило разделить все связи между городом и парком на две группы:

1) формирующие непосредственно ту или иную функцию парка в городской среде;

2) обеспечивающие парку возможность выполнять свои функции (т.е. обеспечивающие существование парка в социальной системе) – можно сказать, обеспечивающие устойчивость парка в социальной среде.

Такая трактовка элементов модели соответствует современному пониманию качества объекта, как его способности выполнять предписанные функции с заданной надёжностью (устойчивостью).

Очевидно, что каждую из указанных в модели связей можно раскрыть определённым перечнем характеризующих её критериев, являющихся обобщёнными (относительными) характеристиками показателей более низкого порядка. Т.е. каждый критерий, в свою очередь, может быть описан набором этих первичных (абсолютных) показателей, обладающих уже свойством неделимости, и потому поддающихся оценке и измерению.

Промежуточным этапом нашего исследования стало построение системы критериев оценки парка, представленной в табл. 1, и дерева показателей качества [11]. На верхнем ярусе дерева расположены 54 простых (неделимых) показателя парка, дающих информацию для оценки объекта рекреации (рис. 2).

Таблица 1

Критерии функциональности и социальной устойчивости парка

Функции парка	Критерии функциональности
Экологическая	Санитарно-гигиенические показатели
	Защищённость территории от источников дискомфорта
Рекреационная	Количество видов отдыха и развлечения
	Условия для духовного развития
	Комфорт парка
Ландшафтная	Природные ландшафты
	Антропогенные ландшафты
Устойчивость парка	Критерии устойчивости
Правовая надёжность	Правовое обеспечение на уровне местного законодательства
	Правовое обеспечение на уровне субъекта и федерации
Экономическая надёжность	Финансирование из бюджета
	Самофинансирование
	Коммерческие источники финансирования

Т.о. нам стала очевидна иерархическая структура искомого качества парка и, следовательно, поиск подходов к его определению трансформировался в задачу комплексной (иногда называемой интегральной) оценки объекта, для которой известны методы решения [12, 13].

Проведенный нами сравнительный анализ применяемых для подобных задач методов, делимых, как правило, на экспертные, социологические, дифференцированные, комплексные, показал наибольшую обоснованность применения к рассматриваемой проблеме метода анализа иерархий и квалиметрического метода оценки качества, который был разработан ещё в СССР. На окончательный выбор в пользу метода квалиметрической оценки повлияла относительно большая сложность и трудоёмкость метода анализа иерархий [12]. Метод же квалиметрической оценки сравнительно менее трудоёмок, а также отличается глубокой проработкой его прикладного применения во многих отраслях производства, в том числе и к задачам строительного проектирования [14].

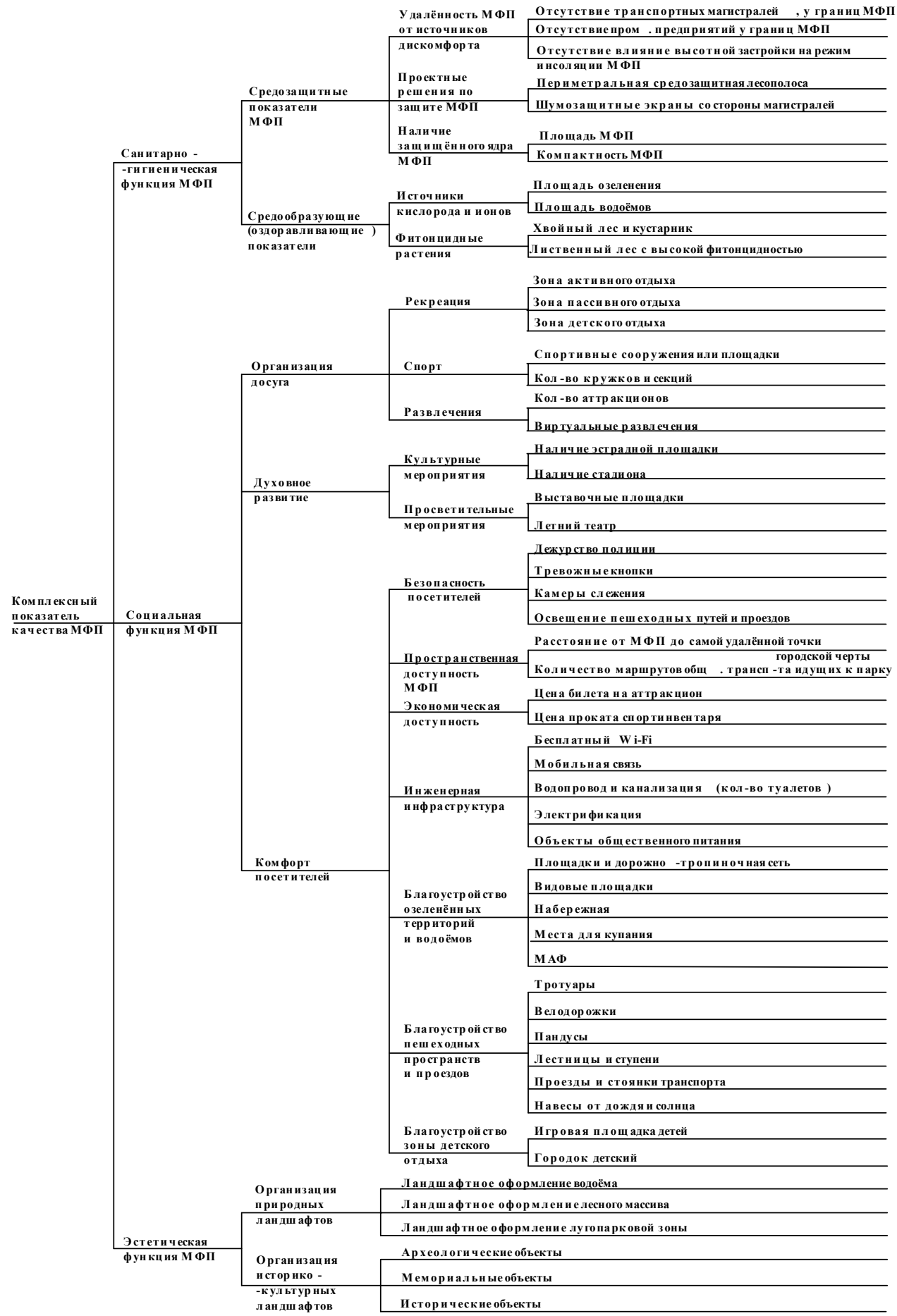


Рис. 2. Дерево показателей качества многофункционального парка

Избранный нами метод может использоваться для получения оценок разной точности: по шкале порядка, шкале интервалов и шкале отношений. Для целей исследования была поставлена задача построения методики, позволяющей измерять качество парков по шкале порядка. Это оказало влияние на выбор метода определения коэффициентов весомости дерева показателей парка.

Определение весомостей показателей является ключевым этапом, в квалиметрической оценке. Предпочтительным, в связи с большей точностью, является аналитическое определение. Однако для оценки качества по шкале порядка, допустимым является применение метода экспертных оценок [13].

Применение данного метода представляется также обоснованным по причине низкой формализуемости процесса оценки субъективно воспринимаемых человеком свойств объекта рекреации и их подверженности социальному влиянию и сиюминутной обусловленностью.

Для определения весомости показателей был разработан алгоритм опроса и расчёта весов (рис. 3) и сформирована группа из 25-ти экспертов, которыми в два тура была проведена оценка.

Полученные результаты были систематизированы в табличной форме и подвергнуты статистическому анализу. Рассчитан коэффициент вариации по формуле (1). Где границей согласованности было принято значение коэффициента вариации равное 33 %.

$$V_{xj} = \frac{\sigma_{xj}}{\bar{x}_j}, \qquad (1)$$

где V_{xj} – коэффициент вариации по j-му показателю, %; σ_{xj} – среднеквадратическое отклонение оценок экспертов для j-го показателя; $\bar{x}_j$ – средняя оценка показателя.

Где используется среднеквадратическое отклонение оценок экспертов, определяемое по формуле (2):

$$\sigma_{xj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_{ij} - \bar{x}_j)}{n}}, \qquad (2)$$

где x_{ij} – оценка j-го показателя, выставленная i-ым экспертом; n – число оценок показателя (число экспертов).

Рис. 3. Алгоритм проведения экспертного опроса и определения весомостей показателей

Согласованные оценки были использованы для расчёта средних коэффициентов весомости и их нормирования, в результате чего все показатели приобрели собственные коэффициенты значимости, приведенные на диаграмме (рис. 4).

На следующем этапе для нахождения значений первичных (абсолютных) показателей были выбраны методы аналитический, документальный, инструментальных измерений и прямого подсчёта. А также был определен выбор в

качестве эталонных лучших показателей по группе сравниваемых.

Для расчёта значений относительных показателей K_j были приняты формулы (3), (4):

$$K_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_j^{эт}}, \text{ при } P_{ij} \le P_j^{эт} \quad (3)$$

$$K_{ij} = \frac{P_j^{эт}}{P_{ij}}, \text{ при } P_{ij} \ge P_j^{эт} \quad (4)$$

где K_{ij} – значение относительного показателя; $P_j^{эт}$ – эталонное значение показателя; P_{ij} – значение абсолютного показателя

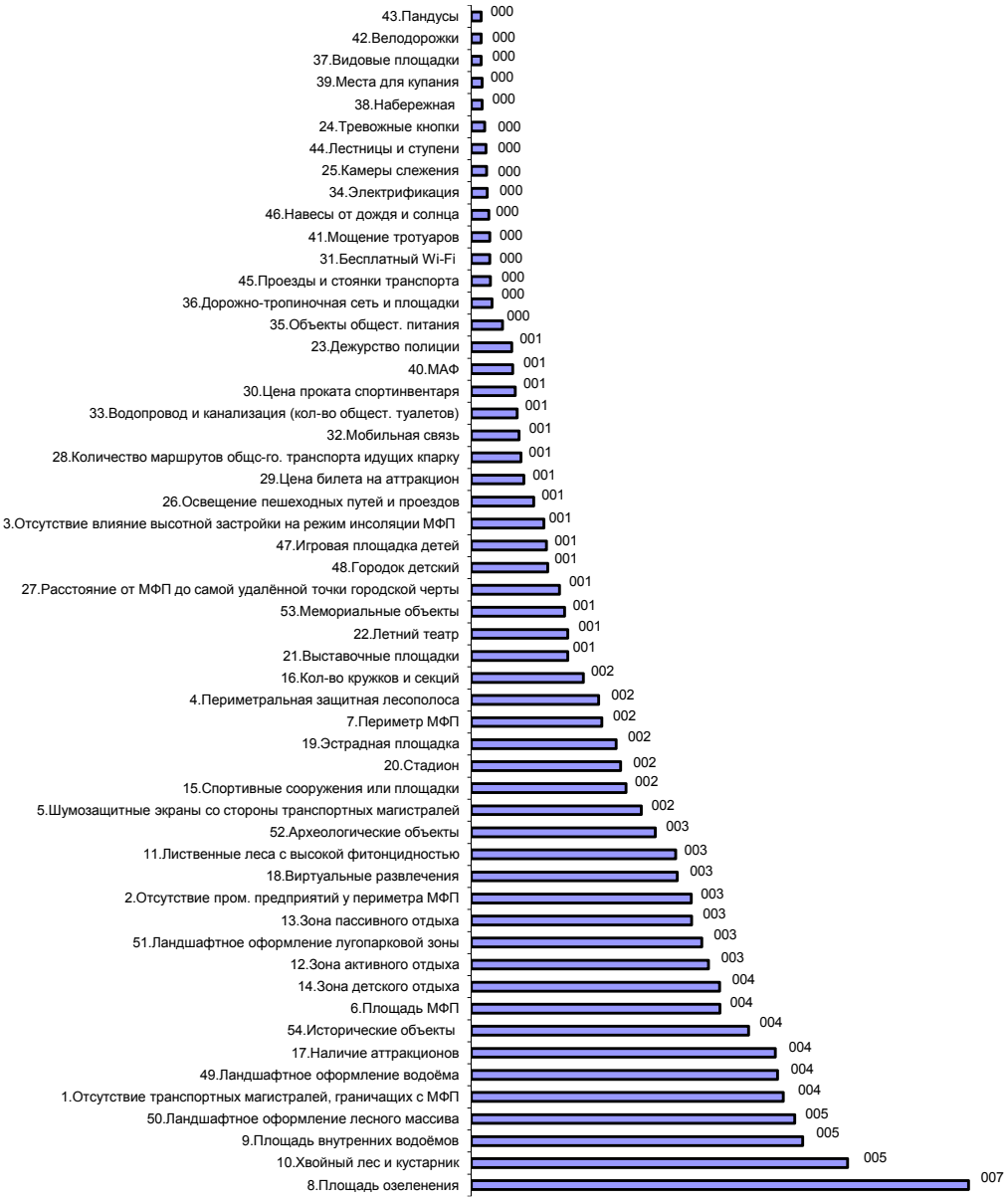


Рис. 4. Фрагмент диаграммы распределения коэффициентов весомости свойств парка

Согласованные оценки были использованы для расчёта средних коэффициентов весомости и их

Для систематизации и обработки данных (фрагмент таблицы приведен ниже) разработана форма в виде таблицы в Microsoft Excel (табл. 2).

На этом этапе для сравнения были выбраны городские парки крупных городов (областных центров) Беларуси и определены значения абсолютных показателей, характеризующих их первичные свойства, и проведена оценка их качества с применением разработанной методики. Для сравнения были избраны «Центральный парк» (г. Брест), парк им. Жильбера (г. Гродно), парк им. «Советской Армии» (г. Витебск), парк «Фестивальный» (г. Гомель), парк им. Горького (г. Могилёв).

Комплексный показатель качества парков определялся на основе значений относительных показателей с учётом их весовых коэффициентов. Для его определения применена формула

расчёта средней арифметической взвешенной (5):

$$И_к = \sum_{j=1}^{n} K_{ij} \cdot L_j, \quad (5)$$

Таблица 2

Форма для расчёта комплексных показателей качества сравниваемых парков

Номер свойства в дереве показателей, j	L_j, %	$P_j^{эт}$	Вариант А			Вариант Б			Вариант В		
			P_{Aj}	K_{Aj}	$K_{Aj}L_{Aj}$	$P_{Бj}$	$K_{Бj}$	$K_{Бj}L_{Бj}$	P_{Bj}	K_{Bj}	$K_{Bj}L_{Bj}$
1											
2											
…											
n-1											
n											
Сумма	∑=100				∑=…			∑=…			∑=…
Место в рейтинге			…			…			…		

Результаты оценки парков приведены в графической форме, где на столбиковой диаграмме (рис. 5) приведено ранжирование парков по их комплексной оценке (Ик), а линейная диаграмма (рис. 6) отражает уровень развития различных функций сравниваемых объектов.

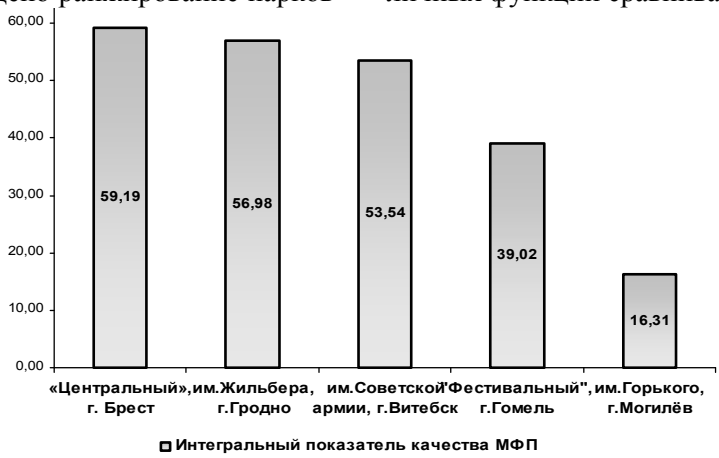


Рис. 5. Ранжирование парков по их интегральному качеству

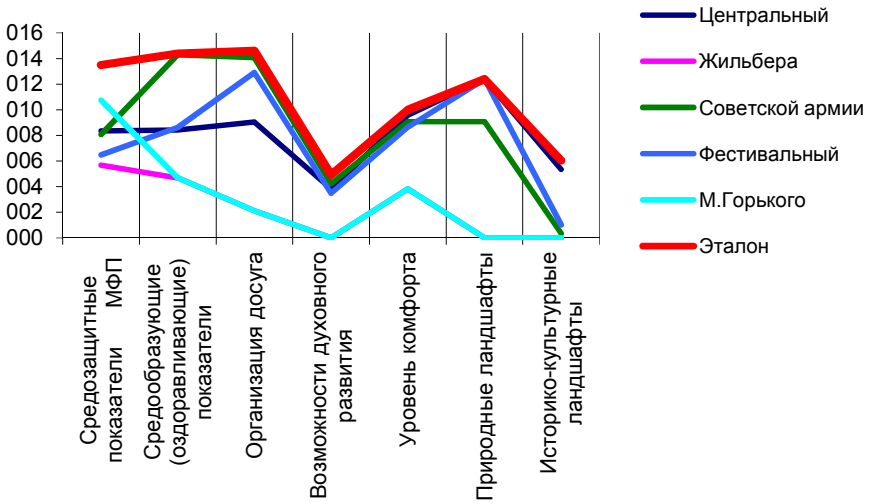


Рис. 6. Диаграмма комплексной оценки качества городских парков областных центров Республики Беларусь

На последнем этапе исследования был проведен проектный эксперимент, где показатели двух специально отобранных парков с наилучшей и наихудшей оценкой изменялись до эталонных. Проверяемой гипотезой эксперимента было предположение, что при этом интегральный индекс качества лучшего парка изменится на меньшую величину, чем наихудшего в рейтинге. Что и было установлено.

Выводы. Результатом проведенной работы стала апробированная методика оценки качества городского парка, способная стать инструмен-

том принятия административных решений и одним из методов предпроектного анализа. Наличие такого инструмента в виде методики оценки и получаемого с её помощью индекса качества парка позволит эффективно выявлять неудовлетворительные параметры объекта рекреации и даст понимание путей их исправления, что даёт возможность улучшить их качество и тем самым улучшить показатели, имеющие важное значение для устойчивого развития наших городов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основополагающие принципы устойчивого пространственного развития Европейского континента: Европейская конференция министров регионального планирования, май.1999 г. [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: http://europa.eu.int. Дата доступа: 05.04.2018.

2. Йоханнесбургская декларация по устойчивому развитию [Электронный ресурс]: принята на Всемирном саммите ООН по устойчивому развитию (Йоханнесбург (ЮАР), 26 авг. - 4 сент. 2002 г.). URL: http:// www.unepcom.ru/development/worldsummit.html. (дата обращения: 15.05.2012).

3. Кравчук Л.А. Структурно-функциональная организация ЛРК в городах Беларуси. Минск: Беларус. Навука, 2011. 171 с.

4. Касьянов В.Ф, Винников Ю.А. Влияние звукоизолирующей способности зелёных посадок с внутренней реверберирацией на акустическую обстановку селитебной территории городской застройки // Вестник МГСУ. 2010. №1. С. 77–80.

5. Винников Ю.А., Разработка шумозащитных методов с применением зеленых насаждений при развитии селитебных территорий городской застройки: дис. …канд. техн. наук: 05.23.22: защищена : утверждена. Винников Юрий Анатольевич. М., 2010. 169 с.

6. Городков А.В. Ландшафтно-средозащитное озеленение и его влияние на экологическое состояние крупных городов центральной России: дис. …докт. сельскохоз. наук: 03.00.16: защищена: утверждена / А.В. Городков. Брянск, 2000. 404 с.

7. Прокопенко В.В. Совершенствование методов оценки показателя комфортности объектов общего пользования системы озеленения крупнейших городов (на примере Волгограда): дис. …канд. техн. наук: 05.23.22: защищена : утверждена / Прокопенко Вячеслав Валентинович. М., 2015. 274 с.

8. Силин Р.В., Косицина Э.С., Корбут. Е.Е., Чернышёва Н.В. К вопросу о состоянии озеленённых территорий общего пользования и их влиянии на качество городской среды г. Могилёва: сб. науч. ст. / БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 6. С. 81–85. DOI:10.12737/ article_5926a059a61911.52601696.

9. Городские парки Минска: как не превратить архитектуру в лесопосадку . [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://urbanforester.by/news/267-gorodskie-parki-minska-kak-ne-prevratit--arhitekturu-v-lesoposadku.html. Дата доступа: 26.03.2018.

10. Качала В.В. Основы теории систем и системного анализа. М.: Горячая линия Телеком, 2007. 216 с.

11. Силин Р.В., Касьянов В.Ф., Критерии оценки качества объектов озеленения общего пользования в контексте задачи развития озеленённых территорий г. Могилева // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 4. С. 72–79.

12. Саати Т. Принятие решений: Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь 1993. 278 с.

13. Азгальдов Г.Г., Костин А.В., Садовов В.В. Квалиметрия для всех. М.: ИД ИнформЗнание, 2012. 165 с.

14. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании. М.: Стройиздат, 1989. 264.

Информация об авторах
Силин Руслан Владимирович, магистр.
E-mail: silinruslan@gmail.com
Белорусско-Российский университет.
Беларусь, 212000, Могилёв, пр-т Мира, 43.

Касьянов Виталий Фёдорович, доктор технических наук, профессор.
E-mail: KafedraGKK@mgsu.ru
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26.

Поступила в апреле 2018 г.
© Силин Р.В., Касьянов В.Ф., 2018

R.V. Silin, V.F. Kas'janov

THE DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR ASSESSING THE QUALITY OF THE URBAN PARK IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF URBAN SETTLEMENTS

City parks are an important part of the greening system of our cities and at the same time have important social significance as objects of recreation of the population. Two of these functions in combination with the aesthetic function assigned to them by city planners and architects give the parks the ability to play an important role in the sustainable development of a modern city. Management of sustainable development requires adequate tools to assess the status of complex urban development projects. The methodology of the index quality assessment of parks is an effective tool for monitoring and managing landscape and recreational areas, contributing to the sustainability of the development of the city as a whole.

Keywords: *a methodology for assessing the quality of the park, a comprehensive indicator of the quality of the park, an index of the quality of the park.*

REFERENCES

1. European Spatial Development Perspective, May.1999. [Electronic resource] Available at: http://europa.eu.int (accessed: 05.04.2018).

2. The Johannesburg Declaration on Sustainable Development, - 4 sent. 2002 g. Available at: ec.europa.eu. (accessed: 05.04.2018).

3. Kravchuk, L.A. Structural and functional organization of LRK in the cities of Belarus, Minsk, navuka Publ, 2011.171p.

4. Kas'janov V.F., Vinnikov Ju.A. The influence of sound insulation ability of green plantings with internal reverberation on the acoustic environment of the residential area of the city building. Proceedings of Moscow State of Civil Engineer, 2010, no.1, pp.77–80.

5. Vinnikov Ju.A., Development of noise protection methods with the use of green plantations in the development of residential areas of urban development. PhD in Engineering dissertation. dis. kand. tehn. nauk: Moscow, 2010. 169 p

6. Gorodkov A.V. Landscape and environmental protection of green spaces and its impact on the ecological condition of the major cities of central Russia. Doctor of agricultural sciences dissertation, Briansk, 2000. 404 p.

7. Prokopenko V.V. Enhancement of methods for assessing the comfort factor of public use objects of the system of landscaping of the largest cities (on the example of Volgograd). PhD in Engineering dissertation. Moscow, 2015. 274 p.

8. Silin R.V., Kosicina Je.S., Korbut. E.E., Chernyshjova N.V. To the question about the state of green areas of common use and their impact on the quality of the urban environment of the city of Mogilev. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 6, pp. 81–85.

9. Gorodskie parki Minska: kak ne prevratit' arhitekturu v lesoposadku. [Electronic resource] Available at: http://urbanforester.by/news/267-gorodskie-parki-minska-kak-ne-prevratit--arhitekturu-v-lesoposadku. html. (accessed: 26.03.2018).

10. Kachala V.V. Fundamentals of system theory and system analysis. Textbook for high schools. Moscow Publ, Gorjachaja linija. Telekom, 2007, 216 p.

11. Silin R.V., Kas'janov V.F. Criteria for assessing quality of public green spaces in the context of enhancing green areas of the city of Mogilev. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 4, pp. 72–79.

12. Saati T. Decision-making. Method of the analysis of hierarchies. M.: Radio and communication, 1993. 278 p.

13. Azgal'dov G.G., Kostin A.V., Sadovov V.V. Qualimetry for all. Moscow: InformZnanie Publ., 2012, 165 p.

14. Azgal'dov G.G. Qualimetry in architectural and construction design. Moscow: Stroyizdat, 1989, 264 p.

Information about the author
Ruslan V. Silin, MSC, Master of Science
E-mail: silinruslan@gmail.com
Belarusian-Russian University.
Republic of Belarus, 212000, Mogilev, Mira Prospect, 43.

Vitalij F. Kas'janov, PhD, Professor
E-mail: KafedraGKK@mgsu.ru
National Research Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Received in April 2018

DOI:10.12737/article_5b115a68a3ff49.36880136

Найденова И.В., ассистент
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ РЕОРГАНИЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ В КУЛЬТУРНО-ДЕЛОВЫЕ ЦЕНТРЫ НА ПРИМЕРЕ Г. ЭССЕН И ГЕНК

naydenova.iv@bstu.ru; irinanaidenova1992@gmail.com

Проблема реорганизации промышленных зон возникла в России в начале 90-х, в связи с переходом от плановой экономики к рыночной, и обострилась в период кризиса конца 90-х. Пути решения данной проблемы предусматривают не только реконструкцию отдельных объектов в популярные лофты, а подразумевают преобразования с учетом потребностей современного города в создании новых коммуникационных и планировочных узлов, элементов природных ландшафтов на нарушенных участках после реализации комплекса мер по экологической (биопозитивной) реставрации. Зачастую, историческая индустриальная застройка представляет интерес в качестве объектов историко-культурного наследия, в таких случаях изменения требуют особого контроля со стороны муниципальных органов и происходят с учетом мнений широких слоев населения. В европейских городах вопросы включения промышленных территорий в планировочную структуру активно обсуждались, начиная с 70-х гг. XX в. В этот период формируются новые градостроительные подходы, в условиях тотальной застройки городских центров начинается освоение деградирующих зон на окраинах возле портов, железных дорог, фабрик и заводов. В то же время города Рурского региона столкнулись с проблемой рефункционализации угледобывающих шахт после угольного кризиса. В статье автор рассматривает современные европейские тенденции в вопросах освоения промышленных территорий на примере двух угольных шахт, после адаптации к новой функции ставших популярными районами общественной и культурной жизни. Данный позитивный опыт может быть адаптирован к специфике отечественного градостроительства и учтен при разработке схожих проектов.

Ключевые слова: *деградированная территория, ревитализация промышленных зон, угледобывающая промышленность, историческая индустриальная застройка.*

В настоящее время значительные городские пространства, отведенные под развитие промышленного производства, либо исчерпали свои резервы, либо морально устарели [3, 5]. Направления преобразований имеют схожие черты как в крупных городах, так и в средних и малых, несмотря на то, что в крупных промзоны часто проектировались вдали от селитебной застройки и традиционно скрыты от оживленной жизни городских центров, а планировочная структура средних и малых городов, напротив, формировалась вокруг градообразующих предприятий. Эта схожесть связана с естественными процессами роста городов, когда бывшие промзоны становятся новыми центрами деловой и общественной жизни, рекреационными зонами. Актуальность темы данной статьи обусловлена значительным интересом, который представляет для отечественной градостроительной науки европейский опыт реорганизации промышленных территорий по ряду причин, среди которых:

- тенденции к формированию новых функционально-планировочных структур на месте бывших промзон в стремлении к постепенному улучшения городской среды, которое основывается на позитивном опыте других городов [6];
- схожесть морфотипов исторической индустриальной застройки Европы и России;
- успешно применяемый в Европе последовательный и рациональный подход к развитию территорий принципами которого являются: экологическая, экономическая, социальная, энергетическая устойчивость [6, 7].

Промышленная революция в Европе, начавшаяся в середине 19 в., стала основной причиной урбанизации территорий, в первую очередь, возле мест обнаружения залежей полезных ископаемых, либо транзитных пунктов на пути движения сырья или готовой продукции. Уголь в то время являлся основным источником производства топлива, это обусловило активное развитие угольной промышленности и рост городов вокруг угольных бассейнов. Начиная с середины 20 в., резкое снижение спроса на уголь приводит к кризису 1958 г. На рубеже 20-21 вв. все более остро встает вопрос о ревитализации территорий, нарушенных промышленной деятельностью угольных шахт с возможностью их повторного использования. Среди известных проектов реновации угледобывающих предприятий в Европе можно выделить Zollverein Coal Mine Industrial Complex, в немецком г. Эссен и C-Mine Cultural Centre в г. Генк, Бельгия.

Эссен является крупным индустриальным центром Рурской агломерации с населением свыше 500 тыс. чел. Комплекс угольных шахт Цольферайн, основанный в 1847 г., в течение долгого времени считался одним из ведущих европейских предприятий, где применялись передовые технологии добычи и коксования угля. Одним из важных критериев размещения шахт стала близость ветки железной дороги Кёльн-Минденер, также запущенной в 1847 г. В конце 20-х гг. 20 в. число угольных шахт в составе предприятия достигло 12, архитектурный ансамбль 12-й шахты, спроектированный в традициях баухауз с ее принципами гармоничности и функциональной обоснованности, стал образцом индустриальной архитектуры эпохи модернизма. В начале 60-х гг. запущен коксовый завод, долгое время считавшийся самым современным и производительным в Европе. В этот же период начался процесс закрытия шахт, (последняя функционировала до 1986 г.), коксовый завод был закрыт в 1993 г. При этом было принято решение о сохранении части сооружений в качестве памятника индустриальной культуры. Несмотря на отсутствие в тот момент четкого плана по дальнейшему использованию деградированной территории, начались функциональные изменения отдельных частей комплекса: 1996 г. на месте компрессорного цеха открылось казино, в 1997 г. Норман Фостер проектирует дизайн-центр в здании бойлерной.

В 2001 г. территория нескольких шахт и завода коксования была признана объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО как символ одной из важных отраслей экономики Европы в XIX и XX вв, также высоко был отмечен архитектурный облик зданий. Это дало толчок к системным преобразованиям комплекса в современный культурно-деловой и творческий центр с целью создания зоны социально-экономической привлекательности с сохранением уникального облика исторической застройки. Здесь разместились многочисленные музеи, творческие и дизайнерские центры.

Проект включает существенное обновление дорожной сети за счет расширения существующей автомагистрали и создания новых направлений движения транспорта. Велосипедные и пешеходные дорожки на территории комплекса организованы на месте железнодорожных путей, по которым происходила транспортировка угля между корпусами (рис. 1).

Рис.1 Шахта Цольферайн. Общий вид (слева). Пример использования площади между корпусами в качестве катка в зимнее время

Шахта Цольферайн стала частью масштабного регионального проекта «Путь индустриальной культуры» Рурского региона, который ежегодно привлекает более 1,5 миллионов туристов со всего мира.

В отличие от Эссена, бельгийский г. Генк рубеже 19-20 вв. оставался живописным поселением сельского типа. Обнаружение в его окрестностях залежей каменного угля и открытие месторождений Цвартберг, Уотершей и Винтерслаг в 1917 г. способствовало быстрым темпам индустриализации территории и росту численности населения (с 2000 чел. в конце 19 в. до 65,7 тыс. в настоящий момент).

Однако во второй половине 20 в. в городе произошла смена ориентации промышленного производства: добывающая отрасль уступила место автомобилестроению. Шахты были закрыты: в 1966 году Звартберг, Винтерслаг в 1986 г. и Уотершей в 1987 г. Вопрос сохранения и повторного использования добывающего комплекса Винтерслаг поднимался еще с 1988 г., тогда же были предложены первые эскизы генерального плана участка. Автивные преобразования начались в 2001 г., когда собственником территории бывшей шахты стал городской совет. Современный многофункциональный комплекс C-Mine, претендующий на звание нового культурного центра Генка, создавался в 2005-2010 гг. В помещениях площадью 15 тыс кв. м., расположены театры, рестораны, ак адемия дизайна, творческие мастерские, офисные, экспозиционные площади.

Рис. 2. Комплекс шахты Винтерслаг до и после реорганизации

Главная площадь с островками газонов предназначена для проведения массовых мероприятий, темно-серый цвет символизирует горную породу, делая отсылку к первоначальной функции территории. Стальной объем на входе служит для организации движения и разделения людских потоков. Особого внимания также заслуживают эксклюзивные стулья и табуреты, «разбросанные» группами. Такое размещение позволяет людям сидеть ближе или дальше друг от друга, в положении лицом или спиной друг к другу. Мебель может быть легко демонтирована без перепадов уровней, создавая еще большую свободу для проведения мероприятий различной тематики и массовости. Функция объекта как крупного общественного узла поддерживается развитием сети автомобильных дорог для обеспечения транспортной доступности, организация парковочных мест облегчает длительное пребывание посетителей на территории комплекса (рис. 2).

На примере реорганизации двух каменноугольных шахт можно выявить сходства и различия в специфике развития бывших промзон в городах, относящихся к разным типологическим группам (Эссен – крупнейший, Генк – средний).

Таблица 1

Особенности включения территорий бывших промзон в городскую структуру после реорганизации

Показатель	C-Mine Cultural Center	Zollverein Coal Mine Industrial Complex
Годы реализации проекта преобразований	2005–2010	1996–1998, 2001–2010
Площадь территории	0.9 га	10 га
Связь территории с городским центром	осуществляется посредством развитой транспортной сети	То же
Размещение в существующей застройке	К северу, востоку, юго-западу от комплекса размещена жилая застройка, к западу – сооружения транспортного обслуживания	Плотная застройка (преимущественно жилая) вокруг комплекса, за исключением северного направления, где застройка носит фрагментарный характер
Транспортная доступность	доступность личного транспорта, автобусов	доступность личного транспорта, автобусов и трамваев

На основе данных табл. 1, можно сделать вывод, что плотность застройки вокруг комплекса C-Mine Cultural Center в настоящий момент существенно ниже, что позволяет закладывать направления дальнейшего развития территорий (рис. 3).

Планировочная структура Генка тяготеет скорее к рассредоточенному типу, что свойственно городам с преобладанием добывающей отрасли промышленности, после реорганизации территории бывших промзон (особенно в городах с численностью до 100 тыс.) часто восполняют существующий дефицит функций центра [7, 8]. Данный проект позволяет решить, как локальные, так и глобальные задачи в масштабах среднего города:

- *социальные*: создание рабочих мест (в пространстве C-Mine Cultural Centre размещены свыше 40 компаний и организаций);
- *градостроительные*: развитие потенциала территорий в соответствии с идеями современного «гуманистического» урбанизма;
- *просветительские и развлекательные*: организация и проведение массовых

мероприятий, в том числе международного значения (в 2012 г. на территории комплекса проходил известный европейский фестиваль современного искусства The Manifesta Biennial Festival);

• *историко-культурные*: реконструкция с целью сохранения исторического облика объекта индустриальной архитектуры.

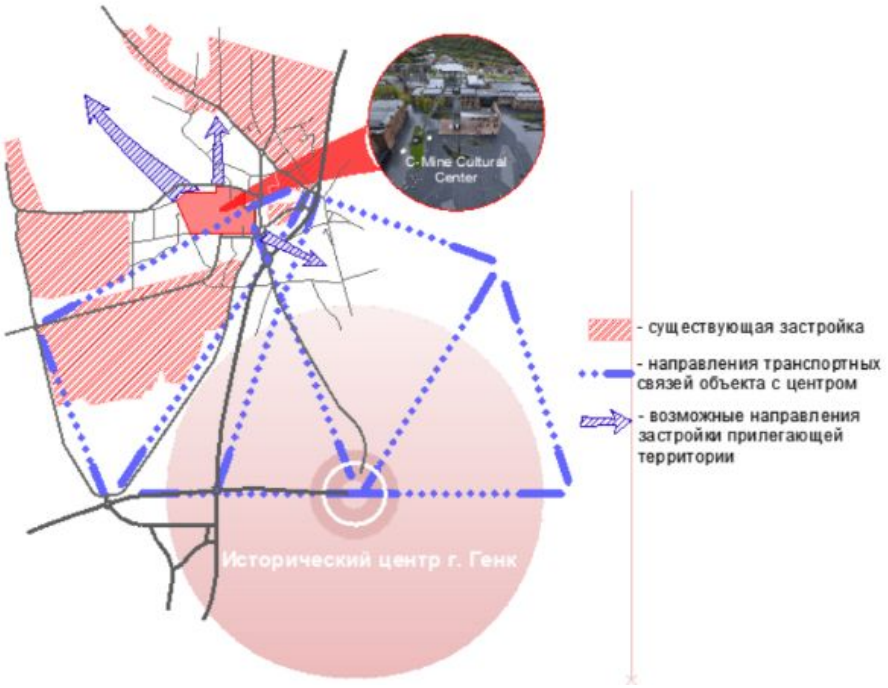


Рис. 3. Схема развития территории C-Mine Cultural Centre по отношению к городскому центру. Схема автора

Выводы. Архитектурный облик поверхностного комплекса шахт, размеры территории, выгодное расположение по отношению к транспортным артериям во многом делает эти объекты привлекательными для реновации в качестве культурно-просветительских, деловых центров. На примере двух европейских проектов рассмотрены направления преобразований объектов промышленной отрасли, утратившей свою значимость в настоящий момент, посему данные объекты не могли быть модернизированы и нуждались в глобальных изменениях. Данные проекты показывают, что схожие процессы реорганизации актуальны для городов разных типологических групп (крупнейший и средний). В рамках общеевропейских тенденций современные градостроительные подходы позволяют объединить бывшие промзоны с центром и включить их в структуру города, несмотря на «планировочную отчужденность» этих территорий.

Современные тенденции в области преобразования территорий бывших промзон основаны на принципах экореконструкции, которая подразумевает очищение и восстановление нарушенных природных ландшафтов. Также целесообразно предусматривать мероприятия по закреплению и предохранению территорий от последующих возможных негативных воздействий [9]. При решении вопросов повторного использования деградированных территорий в России стоит уделить внимание анализу накопленного зарубежного опыта с целью совершенствования существующих подходов к реорганизации промзон в условиях нехватки, особенно в малых и средних городах, инструментов стратегического планирования и механизмов контроля над реализацией проектов градостроительного развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bravo, David. “G-mine” Cultural Square [Электронный ресурс] // European Prize for Urban Public Space. Barselona, 2002-2018.URL: http://www.publicspace.org/en/works/h091-c-mine-cultu... (14.02.2018).

2. GENK C-m!ne: HOSPER Landscape Architecture and Urban Desigh [Электронный ресурс] // Landscape Architecture Works | Landezine. 2009-2018. URL: http://www.landezine.com/index.php/2012/07/genk-c-mne... (14.02.2018).

3. Perkova M.V., Blagovidova N.G., Tribuntseva K.M., 2015. Features of Design of

Ecovillages in Depressed Areas in the City. Research Journal of Applied Sciences, 10: 608–619.

4. Zollverein Masterplan [Электронный ресурс] // OMA: Office Work Search. URL: http://oma.eu/projects/zollverein-masterplan. (14.02.2018).

5. Найденова И.В. Формирование жилого микрорайона на основе проекта реновации промзоны в г. Курске. Современный ученый. 2016. №3. С. 42-46.

6. Ращенко А.В., Перькова М.В. Проблема развития общественных пространств в малых городах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. №1. С. 61–64.

7. Перькова М.В. Ревитализация промышленного прибрежного района в современный исторический центр г. Геттеборг, Швеция. Принципы устойчивого развития территорий. Архитектурно-художественные проблемы развития регионов // сб. докл. Междунар. конф. (Ростов-на-Дону, 28-29 ноября 2014 г.). Ростов-на-Дону, 2014.

8. Перькова М.В. Найденова И.В. Особенности планировочной структуры и перспективы развития городов с преобладанием горнодобывающей промышленности. Тенденции развития науки и образования // сб. науч. тр., по материалам XXI международной науч. – практической конференции 31 января 2017 г. Ч. 4. С. 31–35. Самара: Изд-во НИЦ «ЛЖурнал», 2017. 39 с.

9. Перькова М.В., Заикина А.С. Пути решения проблем деградирующих территорий в г. Шебекино // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №6. С. 58–63.

10. Сафонова Д.Е. Экореконструкция заброшенных промышленных зон в процессе рефункционализации [Электронный ресурс] // Архитектон: известия вузов. 2012. № 38. URL: http://archvuz.ru/2012_22/43/. (09.04.2018).

Информация об авторах
Найденова Ирина Владимировна, ассистент.
E-mail: naydenova.iv@bstu.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в марте 2018 г.
© Найденова И.В., 2018

I.V. Naidenova

THE EUROPEAN EXPERIENCE OF REORGANISATION OF COAL MINES IN THE CULTURAL AND BUSINESS CENTERS ON THE EXAMPLE OF ESSEN AND GENK

The problem of industrial zones reorganization in Russia arose at the end of XX century. This is connection with the transition from a planned to a market economy; the problem became aggravated during the crisis of the late 90's. The ways of solving this problem include not only the reconstruction of individual facilities in popular lofts, but involve the transformation of territories taking into account the needs of the modern city; the creation of new communication and planning nodes and natural landscapes parts after the implementation of a set of measures for ecological (biopositive) restoration. Often, historical industrial buildings are of interest as objects of historical and cultural heritage, in such cases, the changes require special control from the municipal authorities and take place taking into account the views of the General population. In European cities, the inclusion of industrial land in the plan structure has been actively discussed since the 70-ies of XX century In this period the formation of new urban planning approaches in terms of total development of urban centres the development of degraded areas on the outskirts near ports, Railways, factories and plants. At the same time, the cities of the Ruhr region faced the problem of coal mine restructuring after the coal crisis. In article the author considers modern European tendencies in questions of industrial territories development on an example of two coal mines, after adaptation to new function become popular areas of public and cultural life. This positive experience can be adapted to the specific of Russian urban planning and taken into account in the development of similar projects.

Keywords: *degraded territory, revitalization of industrial zones, coal mining industry, historical industrial development.*

REFERENCES

1. Bravo, David. “G-mine” Cultural Square. David Bravo. - publicspace: European Prize for Urban Public Space. Barselona, 2002-2018. Available at: http://www.publicspace.org/en/works/h091-c-mine-cultu... - (accessed 14.02.2018).

2. GENK C-m!ne : HOSPER Landscape Architecture and Urban Desigh. Landscape Architecture Works | Landezine. 2009-2018. Available at:

http://www.landezine.com/index.php/2012/07/genk-c-mne... - (accessed 14.02.2018).

3. Perkova M.V., Blagovidova N.G., Tribuntseva K.M., 2015. Features of Design of Ecovillages in Depressed Areas in the City. Research Journal of Applied Sciences, 10: 608-619.

4. Zollverein Masterplan. OMA : Office Work Search. Available at: http://oma.eu/projects/zollverein-masterplan. - (accessed 14.02.2018).

5. Naidenova. I.V. Formation of a residential district on the basis of the project of renovation of the industrial zone in the city of Kursk. Modern scientist, 2016, no. 3, pp. 42–46.

6. Rahenko A.V., Perkova M.V. The problem of the development of public spaces in small towns. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2015, no. 1, pp. 61–64.

7. Perkova M.V. Revitalization of the coastal industrial area in the modern historical center, Goteborg, Sweden. Principles of sustainable development of territories. Architectural and artistic problems of regional development. Collection of reports of International conferention (Rostov-on-don, 28-29 November 2014). Rostov-on-don, 2014.

8. Perkova M.V. Naidenova. I.V. Features of the planning structure and development prospects of cities with a predominance of the mining industry. Trends in the development of science and education. Collection of proc. of sb. XXI International scientific and practical conference 31 January 2017, part. 4, pp. 31–35. Samara: NIZ «LJurnal» Publ., 2017, 39 p.

9. Perkova M.V., Zaikina A.S. Ways to solve the problems of degraded areas in Shebekino. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2016, no. 6, pp. 58–63.

10. Safonova D.E. The ecological reconstruction of abandoned industrial areas in the process of refunctionalization. Architecton: News of Higher Educational Institutions, 2012, no. 38. Available at: http://archvuz.ru/2012_22/43/ (accessed 09.04.2018).

Information about the author
Irina V. Naidenova, Assistant to department.
E-mail: irinanaidenova1992@gmail.com
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Received in March 2018

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI:10.12737/article_5b115a692e3597.01813809

Сумской Д.А., аспирант,
Загороднюк Л.Х., д-р техн. наук, проф.,
Жерновский И.В., канд. геол-мин. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ НОВООБРАЗОВАНИЙ В ВЯЖУЩИХ КОМПОЗИЦИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ

zagorodnyk.lh@bstu.ru

В настоящей работе изложены результаты рентгенографического изучения минерального состава кристаллических новообразований вяжущих композиций гидратационного твердения, полученных на основе портландцемента и алюмосиликатной добавки - отходов перлитового производства. Приведены результаты исследований по влиянию технологии приготовления вяжущих композиций в вихревой струйной мельнице на формирование кристаллических новообразований в цементных системах. Изучены особенности процессов измельчения и определены технологические и физико-механические свойства полученных вяжущих композиций. Установлены особенности фазового состава продуктов гидратации вяжущих композиций методами РФА и электронной микроскопии, обусловленные присутствием активной минеральной добавки в составе вяжущей композиции, приводящей к увеличению объемной концентрации гидратных новообразований, как за счет повышения степени гидратации клинкерных зерен, так и за счет взаимодействия $Ca(OH)_2$ с активными компонентами добавки. Методом электронной микроскопии исследована микроструктура цементных камней, полученных из активизированного портландцемента и вяжущих композиций в вихревой струйной мельнице. Установлено, что поры цементно-вяжущих композиций, приготовленных с использованием перлитовых наполнителей, заполнены новообразованиями. В результате проведенных исследований помола перлитовых зерен в вихревой струйной мельнице установлено, что зерна перлита имеют пластинчато-призматическую форму, что отчетливо видно на микрофотографиях. Микроструктура вяжущих композиций имеет плотную структуру за счет рационально подобранного состава, использования эффективного минерального наполнителя - перлитовых отходов, создающих дополнительные подложки для формирования внутренней микроструктуры композита, механохимической активации сырьевой смеси, позволяющих получать композиты с заданными свойствами. Установлены особенности формирования кристаллических фаз в зависимости от технологии приготовления вяжущих композиций.

***Ключевые слова**: вяжущие композиции, вихревая струйная мельница, отходы производства перлитового песка, кристаллические новообразования, физико-механические показатели*

Введение. Рациональное потребление сырьевых и топливно-энергетических ресурсов предполагает использование в технологиях строительных материалов различных композиционных вяжущих, получаемых на основе портландцементного клинкера или товарного портландцемента с добавкой техногенного или природного алюмосиликатного сырья. Композиционные вяжущие, полученные на их основе позволяют сократить расход клинкерных компонентов до 40–50 %. Вместе с тем большинство композиционных вяжущих обладает специальными технологическими, физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Использование новых подходов и приемов в создании композиционных вяжущих позволит получать строительные композиты нового поколения с высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками, которые недостижимы при применении современных технологий.

Методология. В качестве сырьевых материалов использованы: цемент ЦЕМ I 42,5Н (ГОСТ 31108-2003) ЗАО «Белгородский цемент» и отходы производства перлитового песка. Композиционное вяжущее получали в помольном агрегате - вихревой струйной мельнице ВСМ-01. Дифракционные спектры образцов получены на рентгеновской рабочей станции Work Station ARL 9900 в Центре высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова, с использованием излучения Co-анода. Рентгенометрическая диагностика минеральных кристаллических фаз (качественный РФА) проведена с использованием базы дифракционных данных PDF-2. Физико-механические свойства вяжущих композиций

определяли в соответствии с нормативными требованиями.

Основная часть. В настоящее время широкое распространение получили композиционные вяжущие, которые широко применяют для рационального использования цемента в бетоне и для получения высококачественных строительных материалов различного назначения [1–6].

Композиционные вяжущие представляют собой продукт механохимической активации в регламентированных условиях портландцемента или другого вяжущего с минеральными добавками различного генезиса и химическими модификаторами, обеспечивающие требуемые физико-механические, технологические и эксплуатационные свойства [7–10].

Процессы, протекающие при гидратации и твердении цемента весьма сложны из-за полиминеральности порошка и параллельного протекания нескольких взаимодействий, которые перекрываясь, одновременно воздействуют друг на друга при ограниченном количестве воды. Гораздо сложнее протекают процессы гидратации и твердения в композиционных вяжущих, когда в уже достаточно сложную цементную систему дополнительно вводят минеральные компоненты различного генезиса. Состав продуктов реакции одного и того же минерала изменяется в зависимости от количества воды в системе суспензия – тесто, определяющими степень пересыщения водного раствора, а также вида и количества водорастворимых посторонних примесей, продолжительности процесса гидратации и др. Соответственно изменяется и химические реакции гидратации в системе [11–13]. Для получения композиционных вяжущих получали вяжущие композиции на основе портландцемента и минерального наполнителя с последующей модификацией их пластифицирующей добавкой.

В работе изложены результаты рентгенографического изучения минерального состава кристаллических новообразований в вяжущих композициях гидратационного твердения, полученных на основе портландцемента и алюмосиликатной добавки - отходов перлитового производства.

Объектом исследований служили образцы составов вяжущих композиций, полученные ранее (табл.1) с использованием минеральной добавки – отходов производства перлитового песка в количестве 5; 7,5 и 10 % и приготовленных при различных технологических режимах: путем пропускания через вихревую струйную мельницу в несколько этапов (один, два и три прохода) [14, 15].

Таблица 1

Свойства вяжущих композиций и цементов

№ составов	Наименование составов	НГ, %	схватывание, мин		плотность, г/см^3	$R_{сж}$, МПа	
			начало	конец		через 3 сут	через 28 сут
1	ПЦ0	29	169	271	2,3	40,1	43,1
2	ПЦ1=>(1 проход)	32	121	199	2,1	46,3	47,2
3	ПЦ2=>(2 проход)	34	78	169	2,1	45,5	49,0
4	ПЦ3=>(3 проход)	42	124	191	2,1	48,4	50,1
5	КВ1.0=>ПЦ/ПП=95/5 %	41	252	378	1,8	13,6	25,8
6	КВ1.1=>ПЦ/ПП=95/5 % (1 проход)	44	146	260	2,0	41,9	51,6
7	КВ1.2=>ПЦ/ПП=95/5 % (2 проход)	45	172	267	2,0	34,8	38,1
8	КВ1.3=>ПЦ/ПП=95/5 % (3 проход)	51	157	244	2,0	42,2	52,0
9	КВ2.0=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 %	65	77	434	1,7	6,9	13,2
10	КВ2.1=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 % (1 проход)	44	84	278	1,9	31,9	38,0
11	КВ2.2=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 % (2 проход)	45	76	243	2,0	20,0	41,8
12	КВ2.3=>ПЦ/ПП=92,5/7,5 % (3 проход)	46	137	251	2,0	23,4	31,6
13	КВ3.0=>ПЦ/ПП=90/10 %	63	30	406	1,6	5,8	13,2
14	КВ3.1=>ПЦ/ПП=90/10 % (1 проход)	45	20	275	1,8	23,8	45,5
15	КВ3.2=>ПЦ/ПП=90/10 % (2 проход)	46	20	168	2,0	15,3	53,3
16	КВ3.3=>ПЦ/ПП=90/10 % (3 проход)	47	20	140	2,0	21,8	47,8

Установлено, что наилучшие результаты по физико-механическим показателям имеют составы № 6 и № 8, пропущенные через вихревую мельницу в один и в три прохода и превосходящие прочность исходного цемента, соответственно на 29 % и 24 %, по технико-экономическим показателям в качестве оптимального принимаем состав № 6 при дозировке минеральной добавки 5 % (табл. 1). По прочностным показателям заслуживает внимания

состав №15, при содержании 10 % минеральной добавки и пропущенный в два прохода через вихревую мельницу, показывающий повышение прочности на 24% в сравнении с исходным цементом.

Задачей рентгенографического изучения составов полученных образцов вяжущих композиций (табл.1) являлось определение минерального состава кристаллических новообразований в процессе твердения в возрасте 28 суток.

Для определения количественных соотношений кристаллических фаз применен полнопрофильный количественный РФА. Расчеты проводились с использованием программы DDV.v1.95e, позволяющей при использовании алгоритма «Derivative Difference Minimization» не уточнять аппроксимационные параметры сложноструктурированного фона дифракционного спектра. В качестве структурных моделей минеральных компонентов для полнопрофильного количественного РФА использовались данные ICSD –Inorganic Crystal Structure Database.

Минеральный состав исследуемых прогидратированных вяжущих композиций и исходного цемента в зависимости от технологии их приготовления в возрасте 28 суток приведен в табл.2.

Таблица 2

Содержание минеральных фаз в вяжущих композициях через 28 суток

Шифр образца	Содержание минеральных фаз, %									
	C_3S	C_2S	C_4AF	Portlandite	Ettringite	Calcite	Quartz	$Ca(OH)_2$	$CaCO_3$	ΣCaO
ВК 1.0	29,2	8,6	14,6	30,1	4,5	21,4	-	22,8	12,0	25,4
ВК 1.1	23,1	10,1	19,1	33,1	7,5	10,6	-	25,0	5,9	32,1
ВК 1.2	11,0	6,9	14,3	52,1	9,7	-	-	39,5	0,0	37,5
ВК 1.3	8,2	9,7	19,1	53,8	-	-	-	40,7	0,0	38,2
ВК 2.0	27,1	8,4	15,7	30,7	24,3	9,1	-	23,2	5,1	24,0
ВК 2.1	21,2	12,2	14,6	30,0	20,5	10,2	-	22,7	5,7	29,8
ВК 2.2	12,3	7,2	12,2	34,3	15,5	6,9	-	25,9	3,9	34,9
ВК 2.3	9,5	9,1	11,9	37,0	19,5	10,0	-	28,0	5,6	37,0
ВК 3.0	25,5	6,1	14,7	35,7	18,3	14,9	-	27,0	8,3	25,3
ВК 3.1	20,6	4,9	9,1	40,7	18,2	11,5	-	30,8	6,4	27,4
ВК 3.2	7,8	7,6	10,9	36,9	16,3	16,6	-	27,9	9,3	29,8
ВК 3.3	5,0	12,0	10,9	37,1	18,4	9,4	-	28,1	5,2	33,4
ПЦ0	30,6	10,3	20,5	29,8	-	8,7	-	22,6	4,9	27,5
ПЦ1	25,7	11,3	14,3	48,8	-	-	-	36,9	0,0	36,9
ПЦ2	12,8	7,6	14,6	55,9	-	9,2	-	42,3	5,1	47,4
ПЦ3	9,9	12,2	9,3	53,8	-	8,2	6,6	40,7	4,6	49,1

Анализируя изменение содержания алита и извести в цементных камнях на основе составов ПЦ0, ПЦ1, ПЦ2, ПЦ3 в 28 суточном возрасте (табл. 2, рис. 1), следует отметить, что в бездобавочном цементном камне, приготовленном на не измельченном цементе разница соотношений алита и извести составляет 10%. В то время как, при увеличении количества проходов цемента через вихревую струйную мельницу содержание извести в цементном камне возрастает относительно алита в 1,5; 3,7 и 5 раз, что свидетельствует об активизации процессов фазообразования при увеличении количества проходов цемента через мельницу, создающих дополнительные поверхности для протекания реакций гидратации, что согласуется с теоретическими положениями.

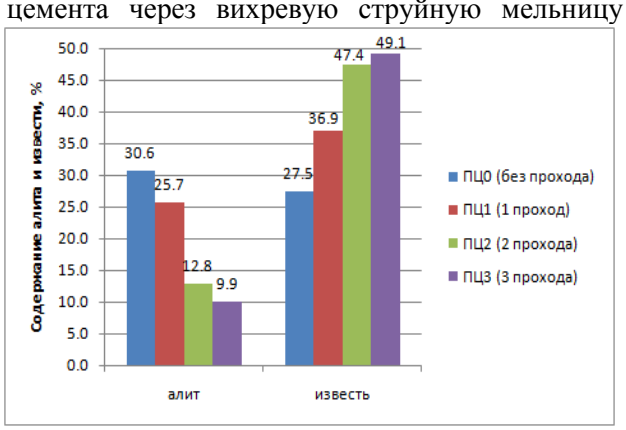


Рис. 2. Изменение содержания алита и извести в цементных камнях составов: ПЦ0, ПЦ1, ПЦ2, ПЦ3 в 28 суточном возрасте

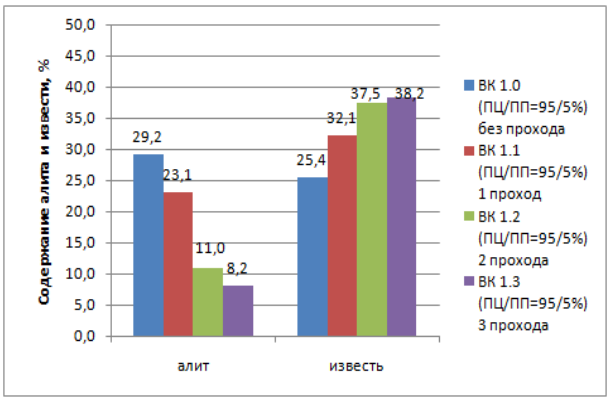


Рис. 3. Изменение содержания алита и извести в цементных камнях на основе ВК1.0, ВК1.1, ВК1.2, ВК 1.3 в 28 суточном возрасте при соотношении ПЦ/ПП=95/5 %

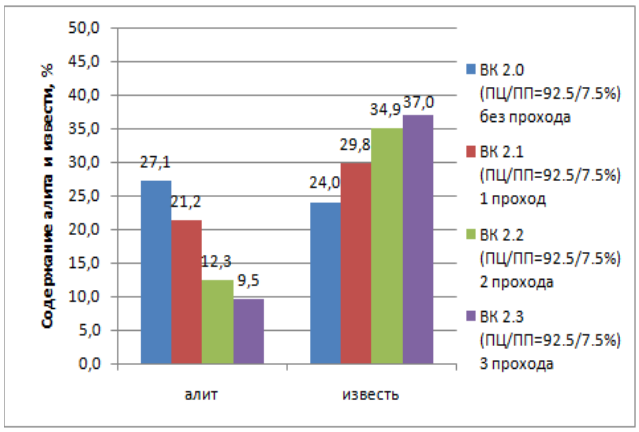


Рис. 4. Изменение содержания алита и извести в цементных камнях на основе ВК2.0, ВК2.1, ВК2.2, ВК 2.3 в 28 суточном возрасте при соотношении ПЦ/ПП=92,5/7,5 %

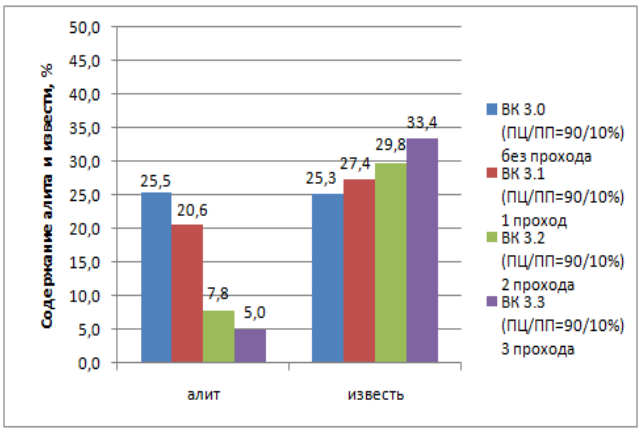


Рис. 5. Изменение содержания алита и извести в цементных камнях на основе ВК3.0, ВК3.1, ВК3.2, ВК 3.3 в 28 суточном возрасте при соотношении ПЦ/ПП=90/10 %

Рассматривая изменение содержания алита и извести в цементных камнях на основе ВК1.0, ВК 1.1, ВК1.2, ВК1.3 в 28 суточном возрасте при соотношении ПЦ/ПП=95/5 % (табл. 2, рис. 2), отмечается, что в цементном камне, приготовленном на не измельченной вяжущей композиции разница соотношений алита и извести составляет 13 %, а при увеличении количества проходов вяжущей композиции через вихревую струйную мельницу содержание извести возрастает относительно алита в 1,3; 3,4 и 4,6 раз, что свидетельствует об активизации процессов при увеличении количества проходов вяжущей композиции через мельницу.

Содержания алита и извести в цементных камнях на основе ВК2.0, ВК2.1, ВК2.2, ВК2.3 в 28 суточном возрасте при соотношении ПЦ/ПП=92,5/7,5 % (табл. 2, рис. 3), наблюдается, что в не измельченной вяжущей композиции разница соотношений алита и извести составляет 11 %, при увеличении количества проходов вяжущей композиции через вихревую струйную мельницу содержание извести возрастает относительно алита в 1,4; 2,8 и 3,9 раз, что свидетельствует об активизации процессов при увеличении количества проходов вяжущей композиции через мельницу.

Исследуя изменение содержания алита и извести в цементных камнях на основе ВК3.0, ВК3.1, ВК3.2, ВК3.3 в 28 суточном возрасте при соотношении ПЦ/ПП=90/10 % (табл. 2, рис. 4), следует обратить внимание на то, что в не измельченной вяжущей композиции разница соотношений алита и извести составляет 2 %, но при увеличении количества проходов вяжущей композиции через вихревую струйную мельницу содержание извести возрастает относительно алита в 1,3; 3,4 и 4,6 раз, что свидетельствует об активизации процессов в твердеющей системе.

Рассматривая в целом формирование кристаллических новообразований в цементных камнях, приготовленных из всех полученных вяжущих композиций, в зависимости от технологии их приготовления следует отметить, что прослеживается стабильная зависимость. При возрастании количества проходов во всех системах вяжущих композиций и цементов уменьшается количество алитовой фазы и возрастает количество извести, что свидетельствует о активном протекании процессов гидратации. Отмечается, что с увеличением количества проходов тенденция соотношения алитовой фазы и извести во всех составах стабильно увеличивается от 3 до 3,5 раз.

Изучение особенностей фазового состава продуктов гидратации вяжущих композиций методами РФА и электронной микроскопии (рис. 5) показало, что активная минеральная добавка в составе вяжущей композиции приводит к увеличению объемной концентрации гидратных новообразований, как за счет повышения степени гидратации клинкерных зерен, так и за счет взаимодействия $Ca(OH)_2$ с активными компонентами добавки. Благодаря гидравлической активности перлитовой добавки в условиях пониженной концентрации CaO в жидкой фазе образуется, главным образом, низкоосновные гидросиликаты кальция, кристаллизующиеся преимущественно в мелкодисперсном виде в форме игл и волокон.

Характер влияния перлитовой добавки на гидратацию клинкера имеет свои особенности. При твердении вяжущей композиции протекают те же процессы, что и при гидратации и твердении портландцемента. Введенная минеральная добавка в виде отходов перлитового производства не изменяет хода основных химических взаимодействий, но скорость протекания реакции значительно повышается. Ускорение реак-

ций гидратации, по нашему мнению, обусловлено следующими факторами: разобщающим, разбавляющим действием добавки, так как в начале добавка действует как мелкий заполнитель, которая разъединяет частицы цемента и облегчает доступ к ним воды и как гидравлическая добавка, поглощая $Ca(OH)_2$ и выводя гидроксид кальция из сферы реакции, тем самым ускоряя гидролиз C_3S и C_3A и одновременно понижая основность гидросиликатов кальция.

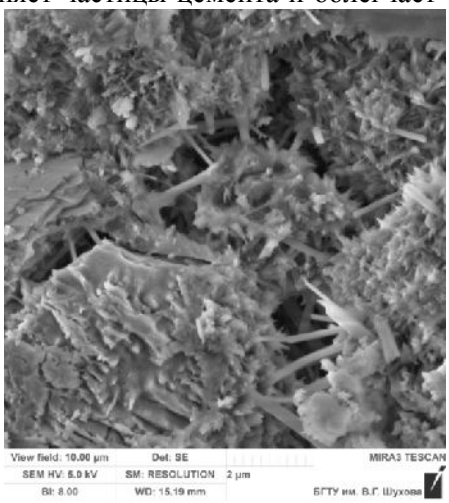


Рис. 5. Микрофотографии вяжущих композиций в возрасте 28 сут

Установлено, что введение перлитовой добавки обеспечивает стабильное существование гидросульфоалюмината кальция в цементном камне. Образующиеся гидратные новообразования имеют более высокую дисперсность по сравнению с продуктами гидратации обычного цемента, а содержание свободного $Ca(OH)_2$ уменьшается прямо пропорционально увеличению доли перлитовой добавки в составе вяжущего за счет соответствующего увеличения количества CSH(B) и эттрингита, который ускоряет процесс набора начальной прочности вяжущего.

Выводы. Таким образом, процессы структурообразования цементного камня на основе вяжущей композиции имеет свои особенности, которые обусловлены формированием низкоосновных гидратных новообразований и интенсивным протеканием ионообменных процессов с участием перлитовой минеральной добавки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чернышева, Н.В. Использование техногенного сырья для повышения водостойкости композиционного гипсового вяжущего // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 53–56.

2. Lesovik V., Tschernyschova N., Drebezkova M. Нанодиспресное кремнезёмсодержащее сырьё для повышения эффективности быстротвердеющих композиционных вяжущих (Nanodisperse kieselsäurehaltige Rohstoffezur Verbesserungder Effizienzschneller härtender Bindemittel mischungen) // 2. Weimar Gypsum Conference – Weimar, 26–27 März, 2014. С. 259–266.

3. Елистраткин М.Ю., Лесовик В.С., Когут Е.В., Куприна А.А. Разрушенные здания и сооружения - эффективное сырье для производства кладочных растворов // Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства: международная научно-практическая конференция, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика. 2016. С. 291–299.

4. Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю. Композиционное гипсовое вяжущее с минеральной добавкой бетонного // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. Материалы VII Международной научно-практической конференции по гипсу. М., Изд-во «Де Нова». 10–12 сентября, 2014. С. 239–243.

5. Куприна А.А., Лесовик В.С., Елистраткин М.Ю., Гинзбург А.В. Композиционные вяжущие для эффективных строительных растворов // Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 322–331.

6. Минаков С.В., Елистраткин М.Ю. К вопросу выбора компонентов композиционных вяжущих // Современные строительные материалы, технологи и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д.

Миллионщикова". Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 365–370.

7. Куприна А.А., Елистраткин М.Ю., Кулик Н.В. Доступный модификатор для кладочных растворов // Современные строительные материалы, технологи и конструкции Материалы. Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова". Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 370–376.

8. Попов Д.Ю., Дёгтев Ю.В., Лесовик Р.В., Елистраткин М.Ю., Магомедов З.Г., Хао Ц.Ц. Композиционные вяжущие для получения самоуплотняющихся мелкозернистых декоративных бетонов // Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. 2015. С. 514–522.

9. Lesovik V.S., Zagorodnuk. L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A., Shekina A.Y., Shakarna M.H.I. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal. 2014. Т. 11. № 12. С.948–953.

10. Сапелин А.Н., Бессонов И.В., Елистраткин М.Ю. Конструкционно-теплоизоляционные материалы на основе алюмосиликатных микросфер // Наукоемкие технологии и инновации Юбилейная Международная научно-практическая конференция, посвященная 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова (XXI научные чтения). 2014. С. 325–330.

11. Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю. Композиционное гипсовое вяжущее с минеральной добавкой бетонного лома // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. Материалы VII Международной научно-практической конференции по гипсу. М., Изд-во «Де Нова». 10–12 сентября, 2014. С. 239–243.

12. Муртазаев С.-А.Ю., Чернышева Н.В., Аласханов А.Х., Сайдумов М.С. Использование композиционных гипсовых вяжущих на техногенном сырье в производстве стеновых материалов // Труды Грозненского государственного нефтяного технического университета им. акад. М.Д. Миллионщикова. Грозный, 2011. вып. 11. С. 161–167.

13. Белов Н.В. Химия и кристаллохимия силикатов кальция. V Всесоюз. совещ. по химии цемента: Тез докл. М. 1978. С. 23–29.

14. Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Золотых С.В., Канева Е.В. Получение вяжущих композиций для теплоизоляционных растворов в вихревой струйной мельнице // Вестник БГТУ им. Шухова. 2017. №2. С. 25–35.

15. Загороднюк Л.Х., Сумской Д.А., Золотых С.В., Канева Е.В. Микроструктура продуктов гидратации вяжущих композиций, полученных в вихревой струйной мельнице // Вестник БГТУ им. Шухова. 2017. №3. С.9–18.

Информация об авторах

Сумской Дмитрий Алексеевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.
E-mail: pr9nik2011@yandex.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Загороднюк Лилия Хасановна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций.
E-mail: zagorodnyk.lh@bstu.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Жерновский Игорь Владимирович, канд. геолого-минералогических наук, доцент, профессор, кафедры материаловедения и технологии материалов.
E-mail: zhernovsky.igor@mail.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в марте 2018 г.
© Сумской Д.А., Загороднюк Л.Х., Жерновский И.В., 2018

D.A. Sumskoy, L.K. Zagorodnyuk, I.V. Zhernovsky

PECULIARITIES OF FORMATION OF CRYSTALLINE NOVELTIES IN BENDING COMPOSITIONS DEPENDING ON TECHNOLOGY THEIR PREPARATION

In this paper, we present the results of an x-ray study of the mineral composition of crystalline neoplasms of astringent hydration hardening compositions obtained on the basis of Portland cement and an aluminosilicate additive, pearlite waste. The results of studies on the effect of the technology of preparing astringent compositions in a vortex jet mill on the formation of crystalline neoplasms in cement systems are presented. The features of grinding processes are studied and the technological and physicomechanical properties of the resulting knitting compositions are determined. The microstructure of cement stones obtained from activated Portland cement and astringent compositions in a vortex jet mill was studied by electron microscopy. It has been established that open pores of cement-binding compositions prepared using perlitic fillers are filled with neoplasms. As a result of the carried out studies of grinding perlite grains in a vortex jet mill, it has been established that the perlite grains have a plate-prismatic shape, which can be clearly seen in micrographs. The microstructure of astringent compositions has a dense structure due to a rationally selected composition, the use of an effective mineral filler-perlite waste, which create additional substrates for the formation of the internal microstructure of the composite, and mechanochemical activation of the raw mix, which makes it possible to obtain composites with predetermined properties. Analysis of the microstructure of astringent compositions indicates the formation of a dense fused structure due to a rationally selected composition, the use of an effective mineral filler-pearlitic waste, creating additional substrates for the formation of the internal microstructure of the composite, and further activating the raw mix to produce composites with specified properties. The features of the formation of crystalline phases are determined depending on the technology of preparation of astringent compositions.

Keywords: *astringent compositions, vortex jet mill, wastes of perlite sand production, crystalline neoplasms, physical and mechanical parameters.*

REFERENCES

1. Chernysheva N.V. Use of technogenic raw materials to increase water resistance of composite gypsum binder. Building materials. 2014. no. 7, pp. 53–56.

2. Lesovik V., Tschernyschova N., Drebezkova M. Nanodisperse silica-containing raw materials for increasing the efficiency of fast-setting compositional binders (Nanodisperse kieselsäurehaltige Rohstoffezur Verbesserungder Effizienzschneller härtender Bindemittel mischungen).2. Weimar Gypsum Conference - Weimar, 26-27 March, 2014, pp. 259–266.

3. Elistratkin M.Yu., Lesovik V.S., Kogut E.V., Kuprina AA The destroyed buildings and structures are an effective raw material for the production of clay mortars. Intellectual Building Composites for Green Building: an international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the Honored Scientist of the Russian Federation, Corresponding Member of RAASN, Doctor of Technical Sciences, Professor Valery Stanislavovich Lesovik. 2016, pp. 291–299.

4. Chernysheva N.V., Drebezgova M.Yu. Composite gypsum binder with mineral admixture of concrete. Increase of production efficiency and application of gypsum materials and products. Materials of the VII International Scientific and Practical Conference on Gypsum. M., Publishing house "De Nova". 10-12 September, 2014, pp. 239–243.

5. Kuprin A.A., Lesovik V.S., Elistratkin M.Yu., Ginzburg A.V. Composite binders for effective mortars. Effective building composites Scientific and practical conference for the 85th anniversary of the Honored Scientist of the Russian Federation, Academician of RAASN, Doctor of Technical Sciences Bazhenov Yuri Mikhailovich. Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov. 2015, pp. 322–331.

6. Minakov S.V., Elistratkin M.Yu. On the choice of components of composite astringents // Modern building materials, technology and design. Materials of the International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 95th anniversary of the FGBOU HPE "GGNTU named after MD Millionshchikov." The Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionschikov "(FSBBOU HPE" GGNTU "), Grozny. 2015, pp. 365–370.

7. Kuprin A.A., Elistratkin M.Yu., Kulik N.V. Available modifier for masonry solutions. Modern building materials, technology and construction Materials. International scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the FSBEI HPE "GGNTU named after MD Millionshchikov." The Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionschikov "(FSBBOU HPE" GGNTU "), Grozny. 2015, pp. 370–376.

8. Popov D.Yu., Degtev Yu.V., Lesovik R.V., Elistratkin M.Yu., Magomedov ZG, Hao C.T.

Composite binders for the production of self-compacting fine-grained decorative concrete. Effective building composites Scientific and practical conference for the 85th anniversary of the Honored Scientist of the Russian Federation, Academician of RAASN, Doctor of Technical Sciences Bazhenov Yuri Mikhailovich. Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov. 2015, pp. 514–522.

9. Lesovik V.S., Zagorodnuk. L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A., Shekina A.Y., Shakarna M.H.I. Structure-formation of contact layers of composite materials. Life Science Journal. 2014, vol. 11, no. 12, pp. 948–953.

10. Sapelin A.N., Bessonov I.V., Elistratkin M.Yu. Constructional and heat-insulating materials based on aluminosilicate microspheres.Science-intensive technologies and innovations Jubilee International scientific-practical conference dedicated to the 60th anniversary of BSTU named after. V.G. Shukhova (XXI scientific readings). 2014, pp. 325–330.

11. Chernysheva N.V., Drebezgova M.Yu. Composite gypsum binder with mineral admixture of concrete scrap. Increase of production efficiency and application of gypsum materials and products. Materials of the VII International Scientific and Practical Conference on Gypsum. M., Publishing house "De Nova". 10-12 September, 2014, pp. 239–243.

12. Murtazaev S.-A. Yu., Chernysheva N.V., Alaskhanov A.H., Saidumov M.S. Use of composite gypsum binders on technogenic raw materials in the production of wall materials. Proceedings of the Grozny State Petroleum Technical University. acad. M.D. Millionaire. Terrible, 2011, Issue. 11, pp. 161–167.

13. Belov N.V. Chemistry and crystal chemistry of calcium silicates. V Vsesoyuz. sovshch. on chemistry of cement: Tez dokl. M.1978, pp. 23–29.

14. Zagorodnyuk L.H., Sumskaya D.A., Zolotykh S.V., Kaneva E.V. Obtaining knitting compositions for heat-insulating solutions in a vortex jet mill. Bulletin of BSTU named after. V.G. Shukhov, 2017, no.2, pp. 25–35.

15. Zagorodnyuk L.H., Sumskaya DA, Zolotykh SV, Kaneva E.V. Microstructure of the products of hydration of astringent compositions obtained in a vortex jet mill. Bulletin of BSTU named after. V.G. Shukhov, 2017, no. 3, pp. 9–18.

Information about the author
Dmitry A. Sumskoy, Postgraduate student.
E-mail: pr9nik2011@yandex.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Liliya K. Zagorodnyuk, PhD, Professor.
E-mail: zagorodnyk.lh@bstu.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st,. 46.

Igor V. Zhernovsky, PhD, Professor.
E-mail: zhernovsky.igor@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Received in March 2018

DOI:10.12737/article_5b115a69c33f63.15191670

Глаголев Е.С., канд. техн. наук, доц.,
Воронов В.В., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ЭФФЕКТИВНОЕ КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО ПЕНОБЕТОНА

naukavs@mail.ru

Мировой энергетический кризис привел к резкому подорожанию энергоресурсов и поставил перед человечеством задачи о необходимости изыскать конкретные пути его преодоления во многих сферах жизнедеятельности человека. Это не могло не затронуть область строительства в целом и конкретно его главную отрасль – промышленность строительных материалов. Задачей которой является создание инновационных технологий получения строительных композитов, способных конкурировать на мировом рынке. Одним из эффективных строительных материалов в настоящее время является пенобетон. В результате проведенных исследований получено композиционное вяжущее с использованием техногенных отходов для монолитного пенобетона.

Ключевые слова: *геоника, энергосбережение, композиционное вяжущее, наполнители, пластификаторы, пенообразователь, пенобетон.*

Введение. Одним из важнейших объектов государственного регулирования в настоящее время является высокие требования к тепловой защите зданий и сооружений и создание комфортной среды проживания человеку.

Выполнение этих требований входит в комплекс мер по энергосбережению и предполагает широкомасштабное производство высокоэффективных и экологически чистых теплоизоляционных стеновых материалов [1].

Реализация теоретических положений и системный подход к решению проблем, сформулированных в рамках геоники, являются методологической основой для создания эффективных строительных композитов. Разработка новых инновационных композиционных материалов для ограждающих конструкций зданий и сооружений, обладающих улучшенными теплотехническими параметрами, должны соответствовать повышенным требованиям к сопротивлению теплопередаче, что позволит сократить потери тепла и снизит потребление энергоресурсов [2–4].

Повышение термического сопротивления в 3-3,5 раза приводит к увеличению толщины стен из керамзитобетона с плотностью 450 кг/м^3 до 500–700 мм с 390 мм, а из традиционного кирпича с плотностью 1500 кг/м^3 до 1000–1200 мм вместо 510–640 мм, что экономически нерационально [1, 5, 6].

Одним из эффективных строительных материалов в настоящее время является пенобетон. Он широко используется в 40 странах и пользуется большой популярностью в Германии, Чехии, Голландии, Скандинавских странах, Например, в Швеции из этого эффективного материала возводится более 50 % конструкций. В нашей стране пенобетоны составляют всего 15 % от общего выпуска ячеистых бетонов [7, 8]

Интенсивное развитие малого и среднего бизнеса в настоящее время в производстве строительных материалов требует от разработчиков современных эффективных доступных технологий, обладающих малой фондоотдачей и низкой себестоимостью выпускаемой продукции [8–10].

Применение эффективных пенобетонов в монолитной технологии строительства позволяет проектировать и возводить здания, привлекательные по своему объемно-планировочному решению и внешнему виду и одновременно обеспечивающие теплотехнические и прочностные требования [11]. Монолитное строительство позволяет снизить материалоемкость и повысить надежность современных зданий. Применение ячеистого бетона – это самый экономичный и наиболее простой путь повышения энергоэффективности здания за счет увеличения эффективности внешних ограждающих конструкций здания [9, 12].

Исходя из сравнительных характеристик с другими стеновыми материалами следует отметить следующее:

– благодаря пористой структуре пенобетон обладает высокими теплоизоляционными свойствами, превышающими теплоизолирующую способность кирпичной стены в 3–3,5 раза;

– возможность получения широкого диапазона плотностей пенобетона определяет назначение изделий и условия эксплуатации, так плотность 400–600 кг/м^3 – для получения теплоизоляционных изделий, 700–1100 кг/м^3 – для теплоизоляционно-конструкционных изделий

(блоки, плиты, перемычки), 1200 кг/м^3 и выше – для конструкционных изделий;

– при низкой объемной массе пенобетон обладает достаточно высокой прочностью на сжатие (3,5–5,0 МПа). Рекомендуемая этажность возводимых зданий до 3-х этажей. При разработке определенных конструкторских решений возможно применение в высотных зданиях;

– малый вес пенобетонных блоков позволяет значительно снизить расходы на транспортировку и монтажные работы;

– мелкопористая структура пенобетона способна обеспечить дополнительный объем для миграции воды при её замерзании, что приводит к увеличению морозостойкости более F35 (до F50–F100);

– пенобетон является не горючим материалом, так как стена из этого материала выдерживает воздействие огня в зависимости от толщины до 5 часов; биостоек, не подвержен гниению и старению;

– применяемые сырьевые материалы обладают средней удельной активностью радионуклидов не превышающей требования ГОСТа (75,5 Бк/кг против величины 370 Бк/кг), что делает материал экологически безопасным;

– изделия из пенобетона легко поддаются обработки;

– обладают «шумоглушением» до 58 ДБ.

Главное отличие пенобетона от других материалов заключается в его пористой структуре. Глядя на нее, становится понятно, почему пенобетон называют ячеистым бетоном, и почему его относят к группе легких бетонов. При этом нужно отметить: при производстве данного материала пористость бетона можно регулировать и, таким образом, получать материал с различными свойствами для разного вида назначений [9, 13, 14].

Технология создания пенобетона проста, но в то же время очень интересна. Данный материал создается с помощью равномерного распределения воздушных пузырьков по всей массе бетона. Такой процесс выполняется путем механического перемешивания специально приготовленной для этого (с помощью пенообразователей) пены с бетонной смесью, имеющей в своем составе цемент, воду и, часто, песок. При этом никаких активно протекающих химических процессов, как, например, при изготовлении газобетона, в данном случае не происходит.

В результате полученные таким способом пенобетоны имеют низкую плотность и мелкодисперсионную равномерную пористость. Данная структура наделяет материал отличительными свойствами.

Однако при всех положительных характеристиках пенобетона, следует отметить повышенную усадку при высыхании, снижающей трещиностойкость неавтоклавного пенобетона. Этот факт является сдерживающим для монолитного строительства.

Обеспечение стабильности тонкодисперсной ячеистой структуры и прочности матрицы пенобетона может быть достигнуто за счет применения эффективных пенообразователей и стабилизаторов структуры пены, разработки новых видов вяжущих веществ и их механохимической активации, применения высокодисперсных химических модификаторов (микрокремнезема, частиц глинистой фракции и пр.) [15–18].

Методология. Методология базируется на обобщении, эксперименте, сравнении, методах математического и компьютерного моделирования. При проведении и обработке исследований соблюдались требования нормативных документов.

Композиционное вяжущее было получено в результате совместного помола портландцемента с наполнителем в различном соотношении с добавками суперпластификатора и пенообразователя.

Основная часть. При получении пенобетона большая роль отводится наполнителю, т.к. он, с одной стороны, сокращает расход вяжущего, а с другой – снижает усадку при твердении изделия. При этом важно, чтобы наполнитель проявлял химическую активность и участвовал в формировании структурной прочности.

Имеются многочисленные данные по использованию различных наполнителей, проявляющих гидравлические свойства по отношению к портландцементу. Среди них положительно оцениваются техногенные продукты – золы ТЭС, металлургические шлаки, промышленные шламы и т.п. В качестве объекта исследований нами была использована зола Новотроицкой ТЭС (Челябинская обл.). Химический состав золы приведен в табл. 1.

Химический состав характеризуется высоким содержанием оксидов кремния и алюминия, на долю которых приходится более 80 % от общей массы пробы. Такое высокое содержание указанных оксидов должно способствовать повышенной активности золы по отношению к портландцементу.

В эксперименте использовался портландцемент производства ОАО «Себряковцемент» ЦЕМ II/А – Ш 42,5 Н, ГОСТ 31108–2003. В качестве пластифицирующей добавки – суперпластификатор Muraplast FK 19 – универсальный разжижитель для строительных растворов на основе портландцемента, шлакопортландцемен-

та, глиноземистого цемента, композиционных вяжущих. Суперпластификатор получен на основе полимера эфиров поликарбоксилатов, порошок белого цвета, характеризуется высокой растворимостью в воде. Производство – Германия. В качестве пенообразователя – Морпен – темно-коричневая жидкость без осадка и расслоения, плотность 1100–1200 кг/м^3, производитель – ООО «ЩИТ», г. Шебекино, Белгородская обл.

Таблица 1

Химический состав золы Новотроицкой ТЭС

п.п.п.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	TiO_2	K_2O	Na_2O	MgO	SO_3	P_2O_5	MnO	BaO	Cl	V_2O_5	ZnO	SrO	Σ
6,07	58,6	24,3	5,32	2,28	0,868	0,703	0,483	0,488	0,341	0,089	0,072	0,061	0,021	0,02	0,018	0,012	99,8

Цементно-зольные смеси с различным соотношением обоих компонентов подвергались совместному помолу в лабораторной вибромельнице с одинаковым временном интервалом. При этом фиксировалась их удельная поверхность. Далее готовились пеноцементные смеси по методике «сухой минерализации», как наиболее удобной при использовании низкократных пен). Добавки пенообразователя и суперпластификатора составляли 0,2 и 0,1 % от массы цемента, соответственно. После пропаривания и высушивания образцы показали следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2

Физико-механические показатели образцов пенобетона

№ п/п	$S_{уд.,}$, м^2/кг	Цемент, масс. %	Зола, масс. %	Плотность, кг/м^3	Прочность при сжатии, МПа
1	496,6	100	-	516	1,49
2	530,5	90	10	550	1,69
3	587,0	80	20	561	2,06
4	632,0	70	30	573	2,36
5	669,5	60	40	589	2,91
6	712,0	50	50	558	2,61

Анализ полученных результатов выявил следующие закономерности. При измельчении цементно-зольных смесей по мере увеличения содержания зольного компонента возрастает удельная поверхность продукта помола. Так, с 496,6 м^2/кг (тонкость помола цемента) удельная поверхность при составе цемент: зола, равном 50:50 (1:1) увеличилась до 712 м^2/кг, что указывает на меньшие энергозатраты при помоле и хорошую размолоспособность золы. При этом не наблюдается налипания материала на стенки мельничного барабана и мелящие тела, что происходит при помоле цемента без добавки золы.

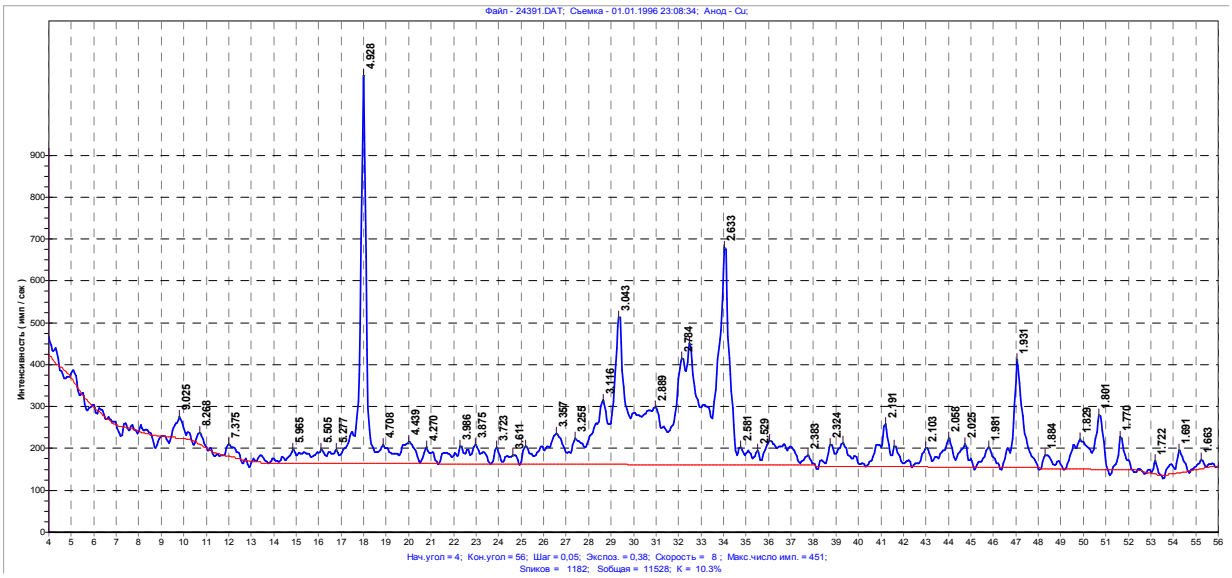
С ростом количества золы возрастают плотность пенобетона и его механическая прочность. Это происходит до содержания золы 40 % и далее наблюдается некоторое снижение значений плотности и прочности. Однако, сравнивая результаты составов №№ 5 и 6 (табл. 2), следует учесть, что прочность образцов 6-го состава незначительно отличается от прочностных показателей состава № 5 (показавших наибольшую прочность), а плотность имеют наиболее низкую. Кроме того, в плане экономии цемента и снижении усадочных явлений, состав № 6 представляется более предпочтительным.

Исследования рентгенофазового анализа показали, что в образцах состава № 1 (без добавки золы) в основном превалирует портландит, образовавшийся при гидратации клинкерных минералов (пики отражения 4,93; 2,63; 1,93 Å). В образцах состава № 6 высота этих пиков значительно уменьшилась, что свидетельствует об активном взаимодействии кремнеземсодержащей части золы с портландитом (рис. 1). Таким образом исследования показали, что разработанное цементно-зольное композиционное вяжущее является эффективным для монолитного пенобетона, за счет активного взаимодействия механоактивированной кремнеземсодержащей части золы с портлантидом, при этом образуется дополнительное количество мелкозернистых кристаллов гидросиликатов кальция, проростающих в массе наполнителя, что допол-

нительно уплотняет и упрочняет структуру композита.

Увеличение количества вводимой золы до 40 % повышает плотность и механическую прочность, дальнейшее увеличение содержания золы приводит к незначительному снижению этих показателей. Снижение плотности положительно влияет на усадку, т.е. приводит к уменьшению усадочных трещин и экономит 50 % цемента.

а



б

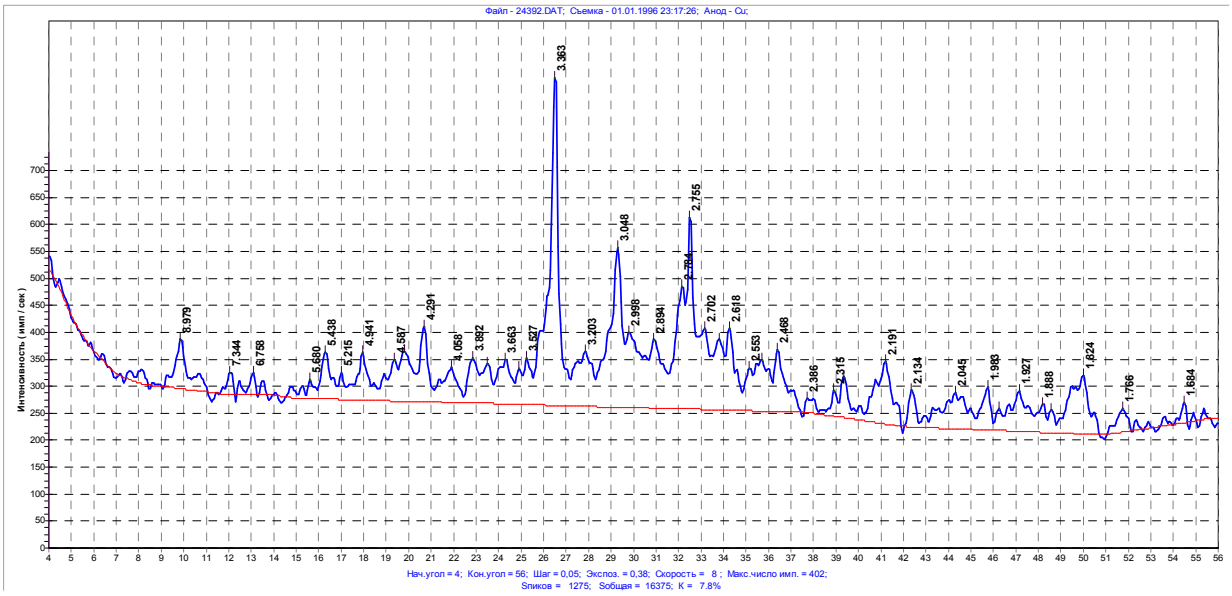


Рис. 1. Рентгенограммы образцов пенобетона:
а – состав № 1; *б* – состав № 6

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2302–2003. Тепловая защита зданий. Нормы проектирования. М.: ГУПЦПП, 2003. 31 с.

2. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография (2-е изд.). Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. 287 с.

3. Лесовик, В.С. Геоника (геомиметика) как трансдисциплинарное направление исследований // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 77-83.

4. Петрянина Л.Н., Викторова О.Л., Карпова О.В. Ограждающие конструкции зданий. Стены и покрытия: Учебное пособие под ред. А.П. Михеева. М.: Изд-во АСВ, 2008. 200 с.

5. Рахимов Р.З., Шелихов Н.С. Современные теплоизоляционные материалы. Казань: КГАСУ, 2006 г. 392 с.

6. Баринова Л.С. Актуальные задачи и перспективы развития промышленности строительных материалов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2000. № 10. С. 10.

7. Сахаров Г.П., Скориков Е.П. Неавтоклавный энергоэффективный поробетон естественного твердения // Известия вузов. Строительство. 2005. № 7. С. 49–54.

8. Гридчин А.М., Лесовик В.С., Гладков Д.И., Сулейманова Л.А Новые технологии высокопоризованных бетонов // Поробетон – 2005: матер. Междун. научно-практ. конф. Белгород, 2005. С. 6–16.

9. Коломацкий, А.С. Свойства ячеистых бетонов [Электронный ресурс] / Интернет-сайт «Мир пенобетона» http:// penobeton.intbel.ru/product /props.

10. Lagoaz A., Szymanski P., Walczak P. Influence of thefly ash propezti of autoclaved aezated concrete // 5° International Conference on Autoclaved Aerated Concrete "Securing a sustainable future" to be held at Bydgoszcz to celebrate 60 years of AAC experience in Poland. 14–17 September, 2011. University of Technology and Life Sciences.

11. Меркин А.П. Научные и практические основы улучшения структуры и свойств поризованных бетонов: дис. … докт. техн. наук: 05.484. М., 1971, 270 с.

12. Basiurski J., Wells D. The use of foamed concrete in construction and civil engineering // Conspectus, 2001, pp. 65–73.

13. ГОСТ 31359–2007. Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия. Взамен ГОСТ 25485–89; введ. 01.06.2008. М.: НИИЖБ, 2009. – 13 с.

14. Гусев Б.В., Куликов В.Г. Обоснование строения внутреннего капиллярно-порового пространства пенокомпозитов структурой пены ПАВ // Строительные материалы. 2009. № 8. С. 21.

15. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат, 1973. 479 с.

16. Бабушкин В.И. Пенобетонные смеси ускоренного твердения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. № 4. С. 69–73.

17. Хитров А.В., Сватовская Л.Б., Соловьева В.Я. и др. Современные строительные пены // Сб.тр. Инженерно-химические проблемы пеноматериалов третьего тысячелетия. СПб, ГУПС, 1999. С. 62–71.

18. Моргун В.Н. Влияние формы компонентов на интенсивность межчастичных взаимодействий в пенобетонных смесях // Строительные материалы. 2007. № 4. С. 29–31.

Информация об авторах

Глаголев Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Воронов Василий Васильевич, аспирант, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций.
E-mail: naukavs@mail.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в марте 2018 г.
© Глаголев Е.С., Воронов В.В., 2018

E.S. Glagolev, V.V. Voronov

EFFICIENT COMPOSITE BINDERS FOR MONOLITHIC FOAM CONCRETE

A sharp rise in the price of energy and heat carriers caused a crisis in construction production. One of the ways out of it is the development and implementation of new effective technologies of building materials, products and structures, characterized by simplicity, mobility, economy, high performance and competitiveness of manufactured products that meet the market requirements. One of the most effective building materials nowadays is foam concrete. As a result of the carried out researches the composite binder with use of technogenic waste for monolithic foam concrete is received.

Keywords: *geonics, energy saving, composite binder, fillers, plasticizers, foaming agent, foam concrete.*

REFERENCES

1. SNiP 2302-2003. Thermal protection of buildings. Design standards. Moscow: GUPCUP, 2003. 31 p.

2. Lesovik V.S. Geonics (geomimetics). Examples of realizations in building materials science: monograph (2nd ed.). Belgorod: BSTU Publishing House, 2016, 287 p.

3. Lesovik V.S. Geonics (geomimetics) as a transdisciplinary direction of research. Higher education in Russia, 2014, no. 3, pp. 77–83.

4. Petryanina L.N., Viktorova O.L., Karpova O.V. Building fencing structures. Walls and covers: Textbook ed. A.P. Mikheyev. Moscow: Publishing House of DIA, 2008, 200 p.

5. Rakhimov R.Z., Shelikhov N.S. Modern thermal insulation materials. Kazan: KSASU, 2006, 392 p.

6. Barinova L.S. Actual problems and perspectives of the development of the building materials industry. Building materials, equipment, technologies of the XXI centur, 2000, no. 10, pp. 10.

7. Sakharov GP, Skorikov EP Non-auto-key energy-efficient porous concrete of natural hardening. Izvestiya Vuzov. Building, 2005, no. 7, pp. 49–54.

8. Gridchin A.M., Lesovik V.S., Gladkov DI, Suleymanova LA New technologies of highly porous concrete. Porobeton - 2005: mater. Intern. scientific and practical work. Conf. Belgorod, 2005. pp. 6–16.

9. Kolomatsky, A.S. Properties of cellular concrete [Electronic resource] / Internet site "World of foam concrete" http: // penobeton.intbel.ru/product / props.

10. Lagoaz A., Szymanski P., Walczak P. Influence of the phytomediation of autoclaved azeated concrete. 5 Internation-al Conference on Autoclaved Aerated Concrete "Securing a sustainable future" to be held at Bydgoszcz to celebrate 60 years of AAC experi-ence in Poland. 14-17 September, 2011. University of Technology and Life Sciences.

11. Merkin A.P. Scientific and practical basis for improving the structure and properties of pored concrete: dis. ... Doct. tech. Sciences: 05.484. M., 1971, 270 p.

12. Basiurski J., Wells D., The use of foamed concrete in construction and civil engineering, Conspectus, 2001, pp. 65–73.

13. GOST 31359-2007. Concretes are cellular autoclaved hardening. Technical conditions. - In exchange for GOST 25485-89; Enter. 06/01/2008. Moscow: NIIAB, 2009, 13 p.

14. Gusev B.V., Kulikov V.G. Substantiation of the structure of the internal capillary-porous space of foam composites by the structure of SAW foam. Stroitel'nye materialy, 2009, no. 8, p. 21.

15. Volzhensky A.V. Mineral knitting substances. Moscow: Stroiizdat, 1973. 479 p.

16. Babushkin V.I. Foam concrete mixtures of accelerated hardening. Bulletin the BSTU named after. V.G. Shukhov, 2003, no. 4, pp. 69–73.

17. Khitrov A.V., Svatovskaya L.B., Solovieva V.Ya. and others. Modern construction sites. Sb. Engineering and chemical problems of foams of the third millennium. SPb, GUPS, 1999. pp. 62–71.

18. Morgun V.N. Influence of the form of components on the intensity of interparticle interactions in foam-concrete mixtures.Stroitel'nye materialy, 2007, no. 4, pp. 29–31.

Information about the author
Evgeniy S. Glagolev, PhD, Assistant professor.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st. 46.

Vasiliy V. Voronov, Postgraduate student.
E-mail: naukavs@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st. 46.

Received in March 2018

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI:10.12737/article_5b115a6ba8ea20.49260757

Семикопенко И.А., канд. техн. наук, доц.,
Латышев С.С., канд. техн. наук, доц.,
Воронов В.П., канд. физ.-мат. наук, проф.,
Беляев Д.А., аспирант,
Юрченко А.С., аспирант
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КАЛИБРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА В ПЕРИФЕРИЙНОЙ ЧАСТИ ДЕЗИНТЕГРАТОРА

semikopenko.ia@bstu.ru

В последние годы дезинтеграторы находят широкое применение при измельчении, активации и смешении для производства ряда строительных материалов. Одним из недостатков работы дезинтеграторов является незначительное количество соударений частиц в периферийной зоне камеры помола. В данной статье разработано математическое выражение для определения изменения концентрации частиц материала в периферийной зоне камеры помола в связи с установкой цилиндрического калибрующего устройства, а также уравнение, определяющее радиус установки данного устройства. Представлена схема камеры помола дезинтегратора с цилиндрическим калибрующим устройством. Рассмотрено условие прохождения частицы материала через отверстие перфорированной секции калибрующего устройства. Установлено, что частица материала покинет зону между внешним рядом ударных элементов и перфорированной секцией цилиндрического калибрующего устройства в случае, если за время t_n движения в радиальном направлении в отверстии диаметром Δ частица пройдет расстояние, равное половине её диаметра.

Ключевые слова: *дезинтегратор, бронеплита, устройство, секция, частица.*

Одним из недостатков работы дезинтеграторов является незначительное количество соударений частиц материала и незначительные истирающие нагрузки в периферийной зоне камеры помола [1].

В связи с этим нами была разработана конструкция дезинтегратора с вращающимся цилиндрическим калибрующим устройством в периферийной части (рис. 1). Цилиндрическое калибрующее устройство 4 включает последовательно расположенные секции с отбойными бронеплитами 5 и перфорированные секции 6 с отверстиями. Данное устройство жестко крепится к торцу диска, который вращает предпоследний ряд ударных элементов. Таким образом, отбойные бронеплиты 5 и перфорированные секции 6 вращаются навстречу внешнему ряду ударных элементов. Частицы материала, находящиеся в зазоре между внутренней поверхностью калибрующего устройства и внешним рядом ударных элементов соударяются с бронеплитами и ударными элементами до тех пор, пока не пройдут через отверстия перфорированных секций.

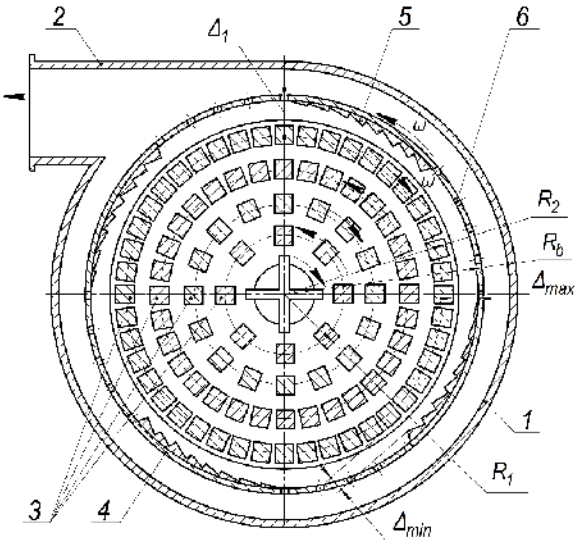


Рис. 1. Схема камеры помола дезинтегратора с цилиндрическим калибрующим устройством: 1 – корпус; 2 – разгрузочный патрубок; 3 – ударные элементы; 4 – цилиндрическое калибрующее устройство; 5 – бронеплиты; 6 – перфорированная секция

Полученное ранее выражение [2], определяющее общую площадь S_0 перфорированной поверхности калибрующего устройства в периферийной части дезинтегратора в зависимости от оптимального диаметра шнекового питателя $D_{оп}$ и параметров первого ряда ударных элементов дезинтегратора имеет вид:

$$S_0 = \frac{\pi^2\psi}{2} \cdot \frac{D_{оп}^2 h}{R_b - R_2}, \quad (1)$$

где ψ – коэффициент, учитывающий степень заполнения площади поперечного сечения шнекового питателя; h – шаг шнека шнекового питателя; R_2 – радиус внешнего ряда ударных элементов; R_b – внешний радиус перфорированной поверхности.

С другой стороны, опираясь на геометрические размеры отверстий в перфорированной секции цилиндрического калибрующего устройства, можно получить следующие соотношения:

$$S_0 = b \cdot l_r, \quad (2)$$

$$l_r = R_b \cdot \varphi_0, \quad (3)$$

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}, \quad (4)$$

где l_r – общая дуга перфорированной цилиндрической части калибрующего устройства; b – ширина цилиндрической части калибрующего устройства; φ_0 – угловой размер общей части перфорированной секции.

Формула (2) получена в предположении, что геометрический размер перфорированной секции в направлении, параллельном оси вращения роторов, совпадает с высотой ударных элементов внешнего ряда.

Приравнивая выражения (1) и (2) с учетом (3) и (4) получаем соотношение следующего вида:

$$\pi\psi \cdot \frac{D_{оп}^2 \cdot h}{R_b - R_2} = bR_b. \quad (5)$$

Полученное соотношение (5) приводим к следующему виду:

$$R_b^2 - R_b \cdot R_2 - \frac{\pi\psi h D_{оп}^2}{b} = 0. \quad (6)$$

Полученное выражение (6) можно рассматривать как квадратное уравнение относительно неизвестной величины R_b.

Разрешая уравнение относительно R_b, находим:

$$R_b = \frac{R_2}{2} + \frac{R_2}{2}\sqrt{1 + \frac{4\pi\psi h D_{оп}^2}{bR_2^2}}. \quad (7)$$

Подстановка значения $D_{оп}^2$ из работы [3] в (7) позволяет последнее привести к виду:

$$R_b = \frac{R_2}{2} + \left[1 + \sqrt{1 + \frac{16\pi\mu_0 \Delta l^2 R_1}{3R_2^2(\Delta l + a)}}\right], \quad (8)$$

где μ_0 – коэффициент разрыхления, μ_0 = 0,1 – 0,5; Δl – расстояние между смежными ударными элементами внутреннего ряда камеры помола; a – сторона квадрата поперечного сечения ударного элемента; R_1 – радиус внутреннего ряда ударных элементов.

Определим изменение концентрации частиц в периферийной зоне камеры помола в результате установки цилиндрического калибрующего устройства. Концентрация частиц, находящихся в зоне между внешним рядом ударных элементов и внутренней поверхностью цилиндрического калибрующего устройства определяется следующим образом:

$$C_1 = \frac{n_0}{V_1}, \quad (9)$$

где n_0 – количество частиц в рассматриваемой зоне; V_1 – объем рассматриваемой зоны, равный, м^3:

$$V_1 = \pi R_b^2 \cdot H - \pi R_2^2 \cdot H = \pi \cdot H(R_b^2 - R_2^2) = \\ = \pi \cdot H(R_b - R_2)(R_b + R_2) = \\ = \pi \cdot H \cdot \Delta_1(R_b + R_2), \quad (10)$$

где H – высота камеры помола, м; Δ_1 – величина зазора между радиусом внешнего ряда ударных элементов и бронеплитами цилиндрического калибрующего устройства.

Следовательно, концентрация частиц равна

$$C_1 = \frac{n_0}{\pi \cdot H \cdot \Delta_1(R_b + R_2)}. \quad (11)$$

Аналогично определим концентрацию частиц в периферийной зоне при условии отсутствия цилиндрического калибрующего устройства:

$$C_0 = \frac{n_0}{V_0}, \quad (12)$$

где V_0 – объем зоны между внешним рядом ударных элементов и внутренней поверхностью цилиндрического корпуса камеры помола, который равен, м^3:

$$V_0 = \pi R_k^2 \cdot H - \pi R_2^2 \cdot H = \pi \cdot H\,(R_b^2 - R_2^2) = \\ = \pi \cdot H\,(R_к - R_2)(R_к + R_2) = \\ = \pi \cdot H \cdot \Delta_0(R_к + R_2), \quad (13)$$

где Δ_0 – величина зазора между внутренним радиусом цилиндрического корпуса и радиусом внешнего ряда ударных элементов; $R_к$ – внутренний радиус цилиндрического корпуса.

Следовательно, концентрация частиц равна

$$C_0 = \frac{n_0}{\pi \cdot H \cdot \Delta_0 (R_к + R_2)} \quad (14)$$

и после несложных преобразований получим отношение концентраций частиц в периферийной зоне камеры помола до и после установки цилиндрического калибрующего устройства:

$$\alpha = \frac{C_0}{C_1} = \frac{\frac{n_0}{\pi \cdot H \cdot \Delta_0 (R_к + R_2)}}{\frac{n_0}{\pi \cdot H \Delta_1 (R_в + R_2)}} = \frac{\Delta_0 (R_к + R_2)}{\Delta_1 (R_в + R_2)} = \frac{\Delta_0 \left(1 + \frac{R_к}{R_2}\right)}{\Delta_1 \left(1 + \frac{R_в}{R_2}\right)} \quad (15)$$

Так как $\Delta_1 < \Delta_0$, а $R_в < R_к$, следовательно, $\alpha > 1$ и можно утверждать, что установка цилиндрического калибрующего устройства обеспечивает повышение концентрации частиц в периферийной зоне камеры помола дезинтегратора. Таким образом, полученные соотношения (8) и (15) определяют величину радиального размера, отсчитываемого от оси вращения цилиндрического калибрующего устройства в зависимости от конструктивных параметров дезинтегратора, а также изменение концентрации частиц материала в связи с установкой цилиндрического калибрующего устройства в периферийной части камеры помола.

Рассмотрим условие прохождения частицы материала диаметром d_k через выходное отверстие размером Δ (рис.2).

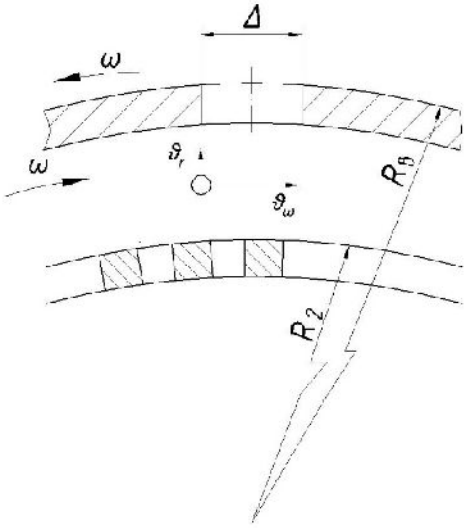


Рис. 2. Схема к определению условия прохождения частицей материала через отверстие перфорированной секции цилиндрического калибрующего устройства

После схода с внешнего ряда ударных элементов частица материала обладает составляющими скорости ϑ_ω и ϑ_r, значения которых определяются следующими соотношениями [4, 5]:

$$\vartheta_\omega = \omega \cdot R_2, \quad (16)$$

$$\vartheta_r = \frac{\omega}{2f} \cdot \left(R_2 - \frac{l_r}{2}\right), \quad (17)$$

здесь ω – частота вращения роторов дезинтегратора; l_r – длина ударных элементов соответствующего ряда; f – коэффициент трения.

Будем исходить из предположения, что частица материала покинет зону между внешним рядом ударных элементов и перфорированной секцией цилиндрического калибрующего устройства. Это произойдет в случае, если за время t_n движения в радиальном направлении в отверстии диаметром Δ частица пройдет расстояние, равное половине её диаметра.

На основании изложенного можно получить следующие соотношения:

$$\vartheta_\omega \cdot t_m = \omega R_2 \cdot t_n, \quad (18)$$

$$\frac{d_k}{2} = \vartheta_r \cdot t_n = \frac{\omega}{2f}\left(R_2 - \frac{l_r}{2}\right) \cdot t_n. \quad (19)$$

С учетом (18) и (19), исключая величину t_n, находим:

$$\frac{\Delta}{\omega R_2} = \frac{d_k \cdot 2f}{2\omega\left(R_2 - \frac{l_r}{2}\right)}. \quad (20)$$

На основании выражения (20) можно получить следующее условие прохождения частицей материала через отверстие размером

$$\Delta \geq \Delta_{\min}, \quad (21)$$

$$\Delta_{\min} = \frac{d_k \cdot f}{1 - \frac{l_r}{2R_2}}. \quad (22)$$

Таким образом, частица материала покинет рассматриваемую зону между внешним рядом ударных элементов и перфорированной секцией цилиндрического калибрующего устройства при выполнении соотношений (21) и (22).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хинт И.А. Основы производства силикальцитных изделий. М.: Стройиздат, 1962. 636 с.

2. Волков Р.А., Гнутов А.Н., Дьячков В.К. Конвейеры: Справочник / Р. А. Волков, А. Н, Гнутов, В. К. Дьячков и др. Под общ. ред. Ю. А. Пертена. Л.; Машиностроение, 1984. 367 с.

3. Семикопенко И.А., Воронов В.П., Юрченко А.С. Расчет оптимального диаметра шнекового питателя для подачи материала в камеру помола дезинтегратора // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С. 85–87.

4. Кухлинг К. Справочник по физике. 2 изд. М.: Мир, 1985. 520 с.

5. Воронов В.П., Семикопенко И.А., Пен-

зев П.П. Теоретические исследования скорости движения частиц материала вдоль поверхности ударного элемента мельницы дезинтеграторного типа // Известия ВУЗов. Строительство. 2008. № 11–12. С. 93–96.

Информация об авторах
Семикопенко Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры механического оборудования.
E-mail: semikopenko.ia@bstu.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Латышев Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, директор института технологического оборудования и машиностроения.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Воронов Виталий Павлович, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры механического оборудования.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Беляев Денис Александрович, аспирант, кафедра механического оборудования.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Юрченко Александр Сергеевич, аспирант, кафедра механического оборудования.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в марте 2018 г.
© Семикопенко И.А., Латышев С.С., Воронов В.П., Беляев Д.А., Юрченко А.С., 2018

I.A. Semikopenko, S.S. Latyshev, V.P. Voronov, D.A. Belyaev, A.S. Yurchenko

CALCULATION OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF CYLINDRICAL BEARING DEVICE IN THE PERIPHERAL PORTION OF THE DISINTEGRATOR

In recent years, disintegrators are widely used in grinding, activation and mixing for the production of a number of building materials. One of the disadvantages of disintegrators is a small number of collisions of particles in the peripheral zone of the grinding chamber. In this article, a mathematical expression is developed to determine the change in the concentration of material particles in the peripheral zone of the grinding chamber in connection with the installation of a cylindrical calibrating device, as well as an equation that determines the radius of the installation of this device. The scheme of the disintegrator grinding chamber with a cylindrical calibrating device is presented.. The condition of the material particle passing through the hole of the perforated section of the calibrating device is considered. It is established that a particle of the material will leave the area between the external side of the percussion elements and a perforated cylindrical section of the bearing device in the case that the time of the movement in the radial direction in the hole diameter the particle will pass the distance equal to half its diameter.

Keywords: *disintegrator, armored plate, device, section, particle.*

REFERENCES

1. Hint I.A. Basics of production of silicalcitic products. Moscow: Stroiizdat, 1962. 636 p.

2. Volkov R.A., Gnutov A.N., Dyachkov V.K. Conveyors: Reference book / R.A. Volkov, A.N, Gnutov, VK Dyachkov et al., Under general. Ed. A. A. Perten. L .; Mechanical Engineering, 1984. 367 p.

3. Semikopenko I.A., Voronov V.P., Yurchenko A.S. Calculation of the optimal diameter of the screw feeder for feeding the material into the grinding chamber of the disintegrator. Bulletin of BSTU named after. V.G. Shukhov, 2017, no. 3, pp. 85–87.

4. Kuhling K. Handbook of Physics. 2 ed. Moscow: Mir, 1985. 520 p.

5. Voronov V.P., Semikopenko I.A., Penzev P.P. Theoretical studies of the velocity of material particles along the surface of a shock element of a disintegrator type. Izvestiya VUZov. Building, 2008, no. 11–12, pp. 93–96.

Information about the author
Igor A. Semikopenko, PhD, Assistant professor.
E-mail: semikopenko.ia@bstu.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Sergey S. Latyshev, PhD, Assistant professor.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46

Vitaliy P. Voronov, PhD, Professor.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Denis A. Belyaev, Research assistant.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Aleksander S. Yurchenko, Research assistant.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Received in March 2018

DOI:10.12737/article_5b115a6e582483.82239040

[1]Бондаренко И.Р., канд. техн. наук, ст. преп.,
[2]Гринёк А.В., канд. техн. наук, доц.,
[1]Ковалев Л.А., канд. техн. наук, доц.
[1]Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
[2]Государственный морской университет им. Ф.Ф. Ушакова

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗАНИЯ ПРИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

ivanbond85@rambler.ru

Использование современных программных продуктов, применяемых для моделирования различных технологических процессов, позволяет достичь значительной экономии временных и материальных затрат на различных этапах производства, а также позволяет прогнозировать поведение основных рабочих показателей технологических систем в процессе их эксплуатации. В данной работе на основании имитационного моделирования представлен подход к исследованию силовых показателей процесса резания при фрезеровании, производимым в диапазоне высоких подач инструмента. Значительные величины данного технологического параметра делают актуальным вопрос выбора расчетной модели силовых показателей. С этой целью был проведен краткий обзор некоторых аналитических расчетных зависимостей (расчетных моделей), обладающих сравнительной простотой и нашедших применение при определении силы резания в инженерной и производственной практике. Рассмотрены имеющиеся в них недостатки, которые заключаются в суженности границ их применения ввиду использования при их получении опытных данных, соответствующих строго определенным условиям проведения эксперимента. Отмечены преимущества имитационного моделирования при изучении механических процессов в зоне резания, среди которых: возможность учета динамических характеристик процесса, решение сложной задачи деформации и последующего разрушения материала, которая может быть представлена в пространственной постановке. В дальнейшем был выполнен сравнительный расчет величин сил резания, полученных по расчетным моделям и результатам имитационного моделирования. На основании анализа полученных данных, а также преимуществ и недостатков представленных подходов, дана оценка возможности применимости метода имитационного моделирования в вопросах определения силовых характеристик процесса резания при высокопроизводительном фрезеровании.

***Ключевые слова**: имитационное моделирование, имитационный эксперимент, высокопроизводительное фрезерование, высокие подачи, расчетные модели, сила резания.*

Использование современных комплексов программ в области моделирования различных технологических процессов позволяет сократить временные и материальные затраты на подготовительных этапах производства, а также даёт возможности отслеживания поведения основных рабочих показателей технологических систем в процессе их работы. Так при моделировании широкого спектра процессов механической обработки большое распространение получил программный пакет Deform 3D.

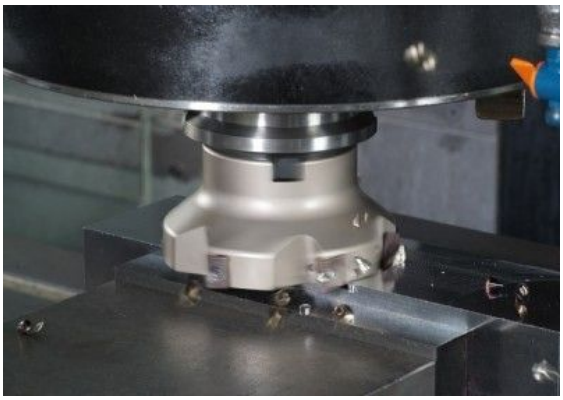
В данной работе рассмотрено применение программы Deform 3D для проведения имитационного эксперимента по исследованию изменения силы резания, развиваемой в процессе механической обработки фрезерованием, производимым в диапазоне высоких подач инструмента (рис. 1).

Данная технологическая операция применяется при черновой или получистовой обработке различных изделий машиностроения, при этом величина подач может достигать 4 мм/зуб при глубине резания до 2 мм. Достаточно высокие значения вышеуказанных величин делают актуальным вопрос о выборе моделей расчета силовых показателей в зоне резания, наиболее точно отвечающих реальной картине.

На сегодняшний день для описания и представления различных сторон процесса механической обработки, и в частности для определения величины силы резания, нашли применение два основных типа моделей расчета: модели аналитические и имитационные.

Аналитические модели также можно разделить на две группы: теоретические и эмпирические. Теоретические основаны на теории резания металлов и представляют собой ряд зависимостей, включающих в себя параметры, переменные и критерии, не всегда известные инженеру или неопределимые опытным путем и рас-

считывающиеся по определенным алгоритмам [2, 3]. Присутствие обширного спектра безразмерных критериев, находящихся в зависимости от множества факторов, может давать большое расхождение в результате расчета даже при небольшом их варьировании, что делает такие модели неработоспособными. Силовые закономерности можно считать соответствующими экспериментальным данным для случая неизменной геометрии режущей кромки и отсутствия случайных воздействий на процесс резания. Они описывают зависимости для плоской задачи свободного резания, тогда как в практике токарной, фрезерной и другой механической обработки ставится трехмерная задача несвободного резания [4].



а

б

Рис. 1. Фрезы для работы на высоких подачах: *а* – Sumitomo; *б* – Seco

Эмпирические расчетные модели нашли примененение в инженерных и производственных расчетах ввиду своей относительной простоты. Известна степенная экспериментальная зависимость для расчета тангенциальной силы при фрезеровании [5]:

$$P_Z = \frac{C_p t^x s_z^y B^u z_p K_p}{d^q n^w}, \qquad (1)$$

где C_p x, y, K_p, u, q, w – коэффициенты, определяемые на основании справочной информации; t – глубина резания, мм; s_z – подача, мм/зуб; B – ширина фрезерования; z_p – число рабочих зубьев фрезы; d – диаметр фрезы, мм; n – частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$.

Применение эмпирической зависимости (1) не позволяет охватить возможности современного оборудования. Кроме этого, при высоких скоростях резания и в совокупности с определенными значениями подач может наблюдаться снижение силы резания и наличие одного или нескольких экстремумов в связи с изменяющимся температурно-силовым состоянием зоны резания и зависящими от него прочностными характеристиками материала заготовки.

Недостатком таких зависимостей является их “статичность”. Также при работе с современным высокопроизводительным оборудованием приведенные расчетные зависимости могут быть использованы в относительно узком диапазоне технологических режимов, что значительно сужает возможности их применения; измеренные силовые параметры могут давать неточные эмпирические температурные и силовые зависимости или не согласовываться с аналитическими моделями в силу ряда факторов. Как правило, влияние возмущающих факторов приводит к изменению технологических условий и обусловливает нестационарные свойства модели процесса, что снижает точность при использовании постоянных коэффициентов.

Один из подходов к описанию силовых зависимостей заключается в применении комбинированных моделей и реализуется в методе Кинцле [1], согласно которому сила резания может быть рассчитана из зависимости:

$$P_Z = k_{c1.1} \cdot a \cdot h^{(1-m_c)}, \qquad (2)$$

где $k_{c1.1}$ – коэффициент, характеризующий величину силы резания, развиваемую на срез стружки с размерами сечения 1 х 1 мм; a – ширина стружки, мм; h – толщина стружки, мм; m_c – коэффициент, который учитывает изменение удельной силы резания в зависимости от толщины стружки h.

Отметим, что несмотря на значимость выражений типа (1) и (2), границы их применения на самом деле значительно сужены, и в первую очередь за счет использования для их получения эмпирических данных, соответствующих ограниченным условиям проведения опытов. Также немаловажным является вопрос о корректности входящих в них величин, например, входящий в выражение (2) коэффициент $k_{c1.1}$ не всегда точно определим и выбирается на основании справочных данных. Так, из справочных данных компании SECO [10], представленных на рис. 2, можно определить, что, например, для автомат-

ных сталей разница между верхним граничным значением величины R_m (прочность при растяжении) и нижним, составляет 43 %, если считать ее относительно максимального граничного значения. Это, в свою очередь, позволяет судить о расхождении остальных прочностных характеристик таких, как предел текучести на сжатие и сдвиг, а ведь это – величины, которые, несомненно, влияют на величину силы резания, что даёт возможность судить о некоторой некорректности использования данного значения удельной силы резания для всех материалов этой группы.

Материал заготовок – Материалы групп SECO

Сталь

		Rm (N/mm²)	kc1.1 (N/mm²)	mc
1	Очень мягкие низкоуглеродистые стали. Чистые ферритные стали.	<450	1350	0,21
2	Автоматные стали.	400 <700	1500	0,22
3	Конструкционные стали. Обычные углеродистые стали с содержанием углерода от малого до среднего (<0,5%C).	450 <550	1500	0,25
4	Углеродистые стали с большим содержанием углерода (>0,5%C). Стали средней твёрдости для термоупрочнения. Обычные низколегированные стали. Ферритовые и мартенситные нержавеющие стали.	550 <700	1700	0,24
5	Трудные инструментальные стали. Высоколегированные стали с повышенной прочностью. Мартенситные нержавеющие стали.	700 <900	1900	0,24
6	инструментальные стали. Высоколегированные стали с повышенной прочностью. Мартенситные нержавеющие стали.	900 <1200	2000	0,24
7	Сложные высокопрочные и высокотвердые стали. Закаленные стали из групп 3–6. Мартенситные нержавеющие стали.	>1200	2900	0,22

Рис. 2. Справочные материалы SECO

Использование методов и инструментов имитационного моделирования для изучения механических процессов в зоне резания имеет ряд преимуществ: возможность получения динамической картины, решение задачи разрушения материалов, которая может быть реализована в трехмерной постановке. Данный подход к моделированию процессов механической обработки, основанный на методах конечных элементов, позволяет учитывать их нестационарные особенности (неравномерность припуска, деформации заготовки, врезания инструмента). Кроме того, с помощью имитационного моделирования могут быть получены некоторые вспомогательные данные (напряжения сдвига, угол наклона площадки сдвига стружки), которые могут использоваться для практических расчетов по имеющимся зависимостям. В большинстве же работ, посвященных этому вопросу, рассматривается процесс резания в установившемся режиме. Причиной такого упрощения процесса является сложность постановки и решения задач нелинейного разрушения с меняющимися граничными условиями. В зарубежных источниках [6-9] представлено математическое описание процесса резания на основе численного моделирования, позволяющее определить такие параметры зоны резания, как: деформации, напряжения и значения сил резания.

С целью проведения дальнейшего сравнительного анализа подходов, определения и уточнения величины силы резания был проведен имитационный эксперимент.

Для выполнения сравнительных расчетов с помощью представленных выше методик, а также для осуществления имитационного эксперимента были приняты следующие параметры: обрабатываемый материал – сталь 45 (зарубежный аналог – C45), глубина t = 0,5 мм, при изменение подачи f_z в пределах 0,1…0,3 мм.

Трехмерная модель четырехзубой фрезы, представленной как твердое тело, и упруго-пластическая модель заготовки приведены на рисунке 3, *а-в*, расчет был проведен для изотермической задачи. С целью упрощения расчетов, форма режущей пластины принималась прямоугольной. Величина силы резания по выражению (2) определялась из условия, что $h = f_z$, а также с учетом того, что для принятой геометрии режущей пластины глубина резания $t = a$.

Графическое отображение результатов имитационного моделирования представлено на рисунке 3, *г*.

Результаты расчетов главной составляющей силы резания по методикам (1), (2) и полученные в результате эксперимента на имитационной конечно-элементной модели, а также расчет

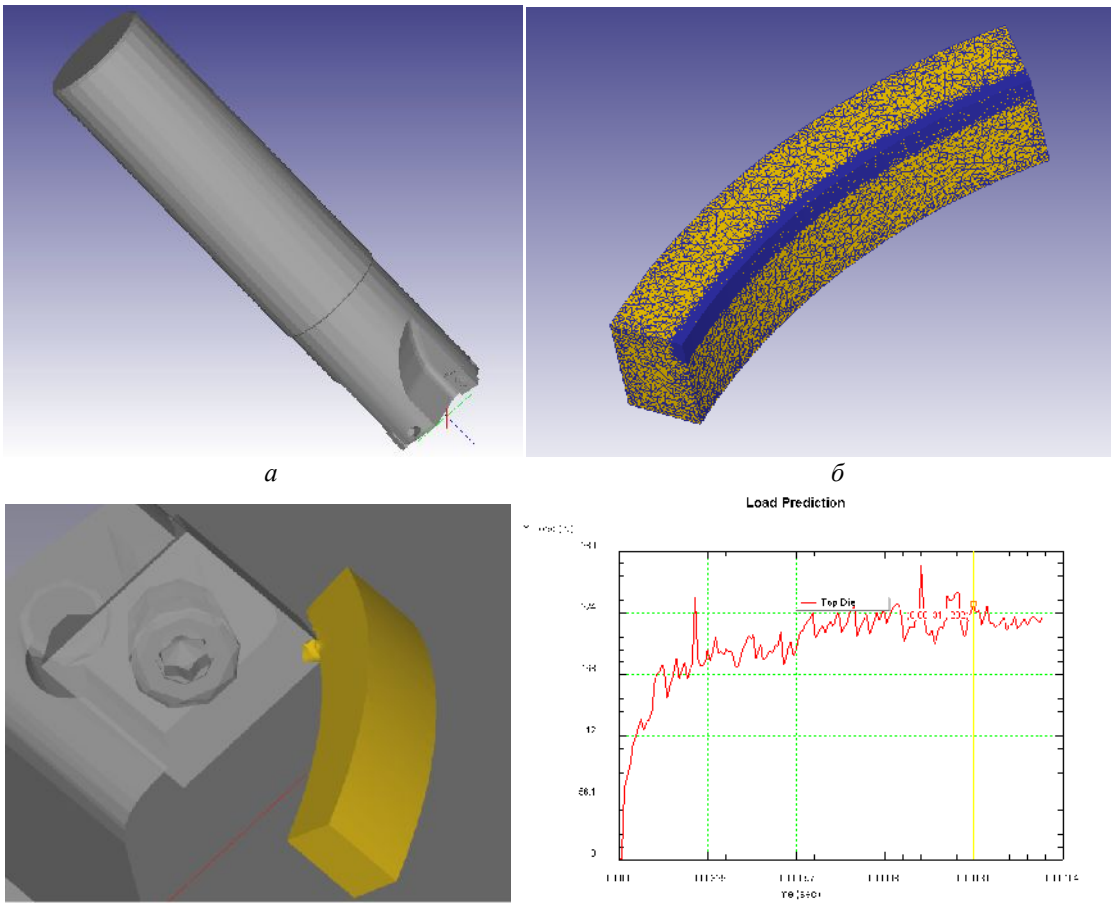
критериев сравнительной оценки результатов сведены в таблицу 1.

Расхождение между полученными результатами оценивалось из выражения

$$k_{p_z} = \frac{\left|P_{z.calc} - P_{z.sim}\right|}{P_{z.sim}} \cdot 100\%, \qquad (3)$$

где $|P_{z.calc}–P_{z.sim}|$ – абсолютное расхождение между расчетным и экспериментальным значениями.

Расхождение между полученными результатами определялось относительно значения силы резания, вычисленного по результатам имитационного моделирования. Выбор данной величины в роли критерия оценки был обусловлен на основании анализа преимуществ и недостатков всех представленных выше подходов, результаты которого представлены в таблице 2.



а *б* *в* *г*

Рис. 3. Результаты имитационного моделирования

Таблица 1

Сравнительные результаты

Механические свойства обрабатываемого материала и другие расчетные величины	Подача f_z, глубина резания t	Значение силы резания, кН, определенное по			Отклонение расчетных значений относительно результатов имитационного моделирования			
		(1)	(2)	имитационной модели	(1)		(2)	
					|Δ|	%	|Δ|	%
$\sigma_в$ = 720 МПа D = 30 мм	f_z = 0,1 t = 0,5	111,8	152,9	213,9	102,1	47,8	61	28,5
	f_z = 0,2 t = 0,5	188	255,3	397,8	209,8	98,1	142,5	66,6
	f_z = 0,3 t = 0,5	254,8	344,6	533,8	279	130,4	189,2	88,4

Таблица 2

Анализ основных подходов к описанию силового состояния зоны резания

Критерий	Метод описания		
	аналитический	эмпирический	имитационный
Точность	Высокая	Низкая	Высокая
Описание динамики процесса	Нет	Нет	Есть
Полнота описания процесса (количество параметров)	Высокая	Низкая	Высокая
Возможность учета случайных параметров	Нет	Нет	Есть
Наличие трудно определимых промежуточных параметров	Есть	Нет	Нет
Универсальность	Низкая	Высокая	Высокая

Величина силы резания, полученная по результатам имитационного моделирования, оценивалась через выборочное среднее для установившегося режима резания:

$$P_{z.sim} = \frac{\sum P_{z.sim.i}}{n} \cdot 100\%, \qquad (4)$$

где $\sum P_{z.sim.i}$ – сумма значений величины силы резания по результату имитационного моделирования; n – объём выборки (n принят равным 10).

Сравнительный анализ расчетных данных показал заниженное значение результатов, полученных по аналитическим зависимостям по сравнению с результатами имитационного моделирования, при этом наименьшее расхождение было получено в сравнении с методикой, предложенной Кинцле, однако, даже в этом случае оно являлось достаточно большим.

Подводя итог, можно отметить, что имитационное моделирование процесса фрезерования с использованием программного пакета Deform 3 D позволило произвести оценку величины силы резания и сравнить эти результаты с основными существующими расчетными моделями. Представленные результаты имитационного эксперимента, с учетом его качественных преимуществ, могут быть использованы как для самостоятельного подхода в оценке силовых показателей процесса резания, так и для корректировки и уточнения существующих аналитических зависимостей.

Результаты, представленные в данной работе, показывают целесообразность дальнейшего изучения физико-механических процессов, протекающих в зоне резания, с целью получения более точных зависимостей или методик, позволяющих производить оценку силовых факторов в процессе высокопроизводительного фрезерования.

Источник финансирования. *Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник по технологии резания материалов: в 2 кн. Кн. 1 . ред. нем. изд.: Г. Шпур, Т. Штеферле; пер. с нем. В.Ф. Котельникова и др.; под ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Машиностроение, 1985. 616 с.

2. Силин С.С. Метод подобия при резании металлов. М.: Машиностроение, 1979. С. 85–96.

3. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки. М.: Машиностроение, 1981. 279 с.

4. Медрано Чульверт Вильфредо, Даниэль. Экспериментально-аналитическая модель зоны стружкообразования при резании металлов : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.03.01 / Даниэль Медрано Чульверт Вильфредо; Рос.ун–т дружбы народов. Москва, 1997. 15 с.

5. Справочник технолога–машиностроителя: в 2-х т. Т.2. Под ред. А.М. Дальского,
А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. 5-е изд., исправл. М.: Машиностроение – 1, 2003. 944 с.

6. Rajamani D., Tamilarasan A. Finite Element Machining Simulation of AISI6150 Steel // Engineering and Technology. International Journal of Innovative Research in Science. 2015. Vol. 4, Issue 8. Pp. 7959–7956.

7. Ковальчук Д.П. Моделювання процесу різання методом кінцевих елементів в середовищі DEFORM 3D [Электронный ресурс] // АРТЕХ инжиринговая компания – 2012. № 4. Режим доступа: http://www.artech–eng.ru/index.php/.html

8. Biswajit Das, Susmita Roy, Rai R.N., Saha S.C. Studies on Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness of Al–Cu–TiC MMCs: An Artificial Neural Network App roach // Procedia Computer Science. 2015. Vol. 45. Pp. 745–752.

9. Gök K., Gök A., Bilgin M.B. Finite Element Modeling as Three Dimensional of Effect of Cutting Speed in Turning Process // Journal of Engineering and Fundamentals. 2014. №1(1). Pp. 11–22.

10. Таблицы соответствия материалов по ГОСТ материалам стандартов DIN И AISI их принадлежность к группам материалов по классификации SECO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://instrumentinvest.com/2012/%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%BF%D1%8B%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2%20seco.pdf . – (дата обращения: 18.04.17).

Информация об авторах
Бондаренко Иван Русланович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры теоретической механики и сопротивления материалов.
E-mail: ivanbond85@rambler.ru.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Гринёк Анна Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматики.
E-mail: grinyokann@gmail.com.
Государственный морской университет им. Ф.Ф. Ушакова.
Россия, 353918, Новороссийск, пр. Ленина, д. 93.

Ковалев Леонид Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов.
E-mail: lkovalev55@yandex.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в марте 2018 г.
© Бондаренко И.Р., Гринёк А.В., Ковалев Л.А., 2018

I.R. Bondarenko, A.V. Grinyok, L.A. Kovalev

IMITATIVE SIMULATION AS AN EFFECTIVE MEANS OF INVESTIGATION OF POWER CUTTING CHARACTERISTICS AT HIGH-PERFORMANCE MILLING

The use of modern software products used to model various technological processes allows to achieve significant savings in time and material costs at various stages of production, and also allows to predict the behavior of the main operating indicators of technological systems during their operation.

In this paper, based on simulation modeling, an approach is presented to the study of the power parameters of the cutting process during milling, produced in the range of high tool feeds. Significant values of this technological parameter make the choice of the design model of power indicators relevant.

For this purpose, a brief review of some analytical computational relationships (computational models) that have comparative simplicity and found application in determining the cutting force in engineering and production practice was conducted. The shortcomings in them are considered, which lie in the narrowing of the boundaries of their application, due to the use of experimental data in their preparation, which correspond to strictly defined experimental conditions. The advantages of simulation modeling in the study of mechanical processes in the cutting zone are noted, among which: the ability to take into account the dynamic characteristics of the process, the solution of the complex problem of deformation and the subsequent destruction of the material, which can be represented in a spatial setting. Subsequently, a comparative calculation of the values of the cutting forces obtained from the calculation models and the results of simulation modeling was carried out. Based on the analysis of the obtained data, as well as the advantages and disadvantages of the presented approaches, the possibility of applicability of the simulation simulation method in determining the power characteristics of the cutting process in high-performance milling is evaluated.

Keywords: *simulation simulation, simulation experiment, high-performance milling, high feed rates, design models, cutting force.*

REFERENCES

1. Shpur G., Steferle T. Handbook on the technology of cutting materials: in 2 books. Book. 1.
Moscow: Mechanical Engineering, 1985, 616 p.

2. Silin S.S. The similarity method for metal cutting. M .: Mechanical Engineering, 1979, pp. 85–96.

3. Reznikov A.N. Thermophysics of Machining Processes. Moscow: Mechanical Engineering, 1981, 279 p.

4. Medrano Chulverte Wilfredo, Daniel. Experimental-analytical model of the zone of chip formation during metal cutting: author's abstract. dis. ... cand. tech. Sciences: 05.03.01. Russian university of peoples friedship. Moscow, 1997, 15 p.

5. Dalsky A.M., Kosilova A.G., Meshcheryakova R.K. Handbook of the technologist-machine builder: in 2 vol. vol. 2. 5-e izd. Moscow: Mechanical Engineering - 1, 2003, 944 p.

6. Rajamani D., Tamilarasan A. Finite Element Machining Simulation of AISI6150 Steel. Engineering and Technology. International Journal of Innovative Research in Science, 2015, vol. 4, issue 8, pp. 7959-7966.

7. Kovalchuk D.P. Modelyuvannya process rizannya method kintsevih elements in the middle of DEFORM 3D [Electronic resource]. APTEX inzhiringovaya company, 2012, no. 4. Available at: http://www.artech-eng.ru/index.php/.html (accessed 17.03.2018).

8. Biswajit Das, Susmita Roy, Rai R.N., Saha S.C. Studies on the Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness of Al-Cu-TiC MMCs: An Artificial Neural Network App roach. Procedia Computer Science, 2015, vol.45, pp. 745–752.

9. Gök K., Gök A., Bilgin M.B. Finite Element Modeling as Three Dimensional of Effect of Cutting Speed in Turning Process. Journal of Engineering and Fundamentals, 2014, no.1, pp. 11–22.

10. Tables of conformity of materials in accordance with GOST standards materials DIN AND AISI their belonging to material groups according to SECO classification. Retrieved April 18, 2017, from http://instrumentinvest.com/2012/%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%BF%D1%8B%20%D0%BC%D0%B0%D1 % 82% D0% B5% D1% 80% D0% B8% D0% B0% D0% BB% D0% BE% D0% B2% 20seco.pdf.

Information about the author
Ivan R. Bondarenko, PhD, Senior lecturer.
E-mail: ivanbond85@rambler.ru.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Anna V. Grinyok, PhD, Assistant professor.
E-mail: grinyokann@gmail.com.
The State Maritime University. F.F. Ushakov.
Russia, 353918, Novorossiysk, Lenin Avenue, 93.

Leonid A. Kovalev, PhD, Assistant professor.
E-mail: lkovalev55@yandex.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Received in March 2018

DOI:10.12737/article_5b115a6f765b84.40510361

Пугачева Т.М., канд. техн. наук, доц.,
Михеев Д.А., магистрант
Самарский государственный технический университет

МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ ПОСЛЕ НАПЛАВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФЛЮСОВ

mdasyz@yandex.ru

В статье приведены результаты сравнительного исследования химического состава, микроструктуры и свойств наплавленного металла и металла основы замковых соединений бурильных труб после их восстановления наплавкой с использованием различных флюсов. При оценке технологичности ремонта учитывали надежность защиты от окисления, отсутствие подстуживания, возможность своевременного удаления шлака.

Исследование влияния состава защитной среды наплавки на комплекс свойств и микроструктуру производилось на пяти образцах ниппелей замков из стали 40ХМФА. На каждом объекте было произведено по две опытных наплавки. Наплавка осуществлялась на трубной базе, проволокой Нп-30ХГСА. Был использован плавленый и керамический флюс по отдельности и в виде механической смеси в различных соотношениях. Также наплавка производилась в среде защитных газов.

Установлено, что проведение наплавки в среде газов сопровождается разбрызгиванием металла. Микроструктура такой наплавки пористая и состоит из сорбита, бейнита и перлита. Проведение наплавки под смесью флюсов в различных соотношениях позволило установить ряд закономерностей. Увеличение доли керамического флюса приводит к повышенному легированию и росту твёрдости наплавки. При этом микроструктура наплавки состоит нижнего бейнита и сорбита. Повышение содержания плавленого флюса приводит к повышению загрязнённости наплавки включениями. В этом случае микроструктура наплавки грубая и имеет дендритное строение. Наилучшее качество наплавки обеспечивается использованием композиции, состоящей из плавленого и керамического флюса в соотношении 1:1. При этом получаемая микроструктура наплавки наиболее приближена к исходной микроструктуре замка в состоянии поставки.

Ключевые слова: *замковое соединение, бурильная труба, наплавка, химический состав, микроструктура, свойства, флюс.*

Введение. Восстановление изношенной поверхности замковых соединений бурильных труб из стали 40ХМФА производится методом электродуговой наплавки под флюсом с использованием наплавочной проволоки Нп-30ХГСА. В процессе восстановления на поверхности замкового соединения происходит формирование валиков из продольных участков, располагаемых вдоль образующей тела замка. По всей ширине наплавляемого валика формируется общая ванна жидкого металла. Наплавку формируют при перемещении электродов в прямом и обратном направлении вдоль оси вращающейся трубы. Перемещение электродов совмещают с подачей флюса [1].

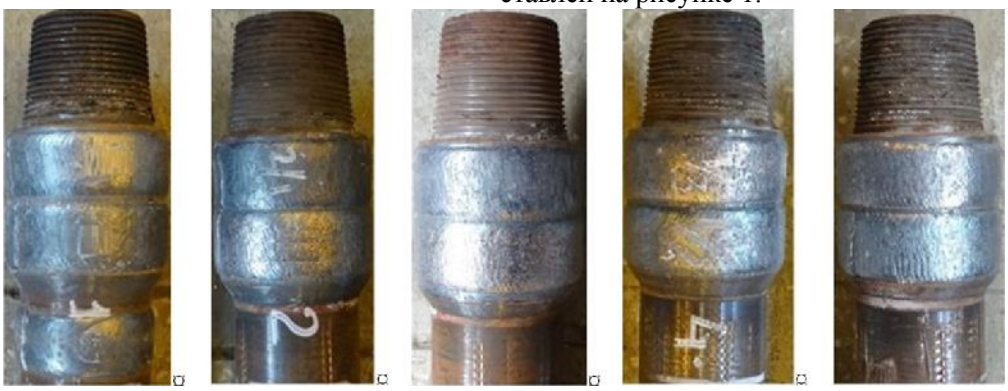
В соответствии с технологическим процессом [2], для наплавки может быть использован плавленый, либо керамический флюс. Отличительной особенностью и достоинством плавленого флюса является малая окислительная способность по отношению к металлу сварочной ванны и хорошая формирующая способность валика при наплавке шириной до 100 мм. Недостатком же является плохая отделяемость шлаковой корки при повышенной температуре изделия, а также низкое качество наплавленного металла и зоны термического влияния. При непрерывной наплавке удаление шлака до завершения первого оборота имеет важное значение [3]. Несвоевременное удаление шлака сопровождается повышением температуры в наплавленном слое, что ведёт к микроструктурным изменениям. В этой связи перспективным выглядит проведение восстановительного ремонта в среде защитных газов, ранее не нашедшее применения для восстановительного ремонта замковых соединений. Применение газовой атмосферы позволяет в принципе уйти от проблемы удаления грата.

При использовании керамических флюсов проблемы с удалением шлаковой корки отсутствуют. Легирующий порошок интенсивно расплавляется в дуге и растворяется в сварочной ванне, что обуславливает его высокую модифицирующую способность, и, вместе с тем, завышенную твёрдость наплавленного слоя [4]. Как

следствие повышенной твердости становится затруднительной дальнейшая механическая обработка. Кроме того, в поверхностных слоях появляются остаточные растягивающие напряжения, нередко вызывающие растрескивание наплавки в процессе остывания.

Ситуацию усугубляет отсутствие разрушающего контроля замковых соединений после восстановительного ремонта. Контроль ограничен замером твёрдости и дефектоскопией. При этом результаты такого контроля не позволяют получить полной информации об уровне механических свойств, которым должен обладать замок, так как твёрдость металла основы будет значительно отличаться от твёрдости металла наплавки. Материаловедческих исследований в данном направлении ранее не производилось, в связи с чем задача подбора защитной среды, в частности флюса, для проведения наплавки является актуальной и требующей решения.

Методология. Для исследований влияния состава защитной среды наплавки на комплекс физико-механических свойств и микроструктурное состояние были отобраны пять ниппельных фрагментов замковых соединений бурильных труб группы прочности “Д”, изготовленных в соответствии с ГОСТ 27834-95 из стали 40ХМФА. На каждом объекте было произведено по две опытных наплавки. Наплавка производилась в условиях центра по ремонту бурильных труб (далее ЦРБТ), наплавочной проволокой Нп-30ХГСА [5] с использованием плавленого флюса 48ОФ-10 [6] и керамического флюса ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) [7] по отдельности и в виде механической смеси в различных соотношениях, а также в газовой среде. Внешний вид объектов исследования представлен на рисунке 1.



а) б) в) г) д)

Рис. 1. Образцы, восстановленные в различных защитных средах

В таблице 1 представлены характеристики тестируемых защитных сред и их условная маркировка.

Таблица 1

Экспериментальные защитные среды

№ п/п	Рисунок №	Состав защитной среды	Условная маркировка
1	1 (а)	плавленый флюс 48ОФ-10	Б
2		флюсы 48ОФ-10 и ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) в соотношении 4:1	Б4/С1
3	1 (б)	флюсы 48ОФ-10 и ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) в соотношении 3:1	Б3/С1
4		флюсы 48ОФ-10 и ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) в соотношении 2:1	Б2/С1
5	1 (в)	флюсы 48ОФ-10 и ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) в соотношении 1:1	Б1/С1
6		флюсы 48ОФ-10 и ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) в соотношении 1:2	Б1/С2
7	1 (г)	флюсы 48ОФ-10 и ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) в соотношении 1:3	Б1/С3
8		флюсы 48ОФ-10 и ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) в соотношении 1:4	Б1/С4
9	1 (д)	керамический флюс ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б)	С
10		углекислый газ	УГ

Осмотр внешней и внутренней поверхностей образца на наличие поверхностных дефектов проводили визуально. Определение геометрических параметров проводили с помощью универсальных измерительных приборов, обеспечивающих необходимую точность измерений. Химический состав стали определяли спектральным методом [8] с помощью эмиссионного спектрометра СПАС 02. Испытания на одноосное растяжение [9] проводились на разрывной машине Р10М-авто. Испытания на ударную вязкость [10] проводились на маятниковом копре МК-30. Замер твёрдости [11] проводился на твердомере ТШ-2М. Оценка микроструктурного

состояния проводилась на продольных микрошлифах [12] после травления 3% раствором азотной кислоты в спирте на инвертированных микроскопах Leitz Wetzlar MM6 и Carl Zeiss Vert A1, а также с использованием электронного микроскопа Jeol Superprobe 733.

Основная часть. Перед проведением опытных наплавок было проведено исследование химического состава объектов исследования. Было установлено, что металл всех образцов соответствует стали марки 40ХМФА, т.е. исследуемые замки соответствуют требованиям в части ремонтопригодности [13]. Результаты анализа технологичности процесса наплавки приведены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 видно, что повышение концентрации в смеси керамического флюса ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) сопровождается значительным ростом твёрдости поверхностного слоя металла наплавки. Наилучшие показатели в части обеспечения процесса нанесения наплавки были получены при использовании смеси флюсов 48ОФ-10 и ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) в соотношениях 1:1 и 1:2. При использовании в качестве защитной среды углекислого газа необходимость в удалении шлаковой корки отпадает, однако процесс наплавки сопровождается интенсивным разбрызгиванием металла, что затрудняет его осуществление. Результаты проведения химического анализа металла наплавки приведены в таблице 3.

Из данных таблицы 3 видно, что наибольшее содержание углерода в наплавке - 0,39 %, дает использование керамического флюса ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б). Этим и объясняется рост поверхностной твёрдости наплавленного слоя с повышением концентрации данного флюса в смеси. Одновременно с углеродом в наплавке повышается содержание и других элементов марочного состава, что должно отразиться в изменении механических свойств. Результаты определения механических характеристик металла исследуемых образцов представлены в таблице 4.

Таблица 2

Оценка технологичности процесса наплавки

№ п/п	Защитная среда	Твёрдость наплавки, HB	Выявленные замечания
1	Б	252	Шлаковая корка удаляется не полностью и только после застывания. Твёрдость наплавки ниже регламентируемой
2	Б4/С1	263	
3	Б3/С1	270	Шлаковая корка сложно удаляется в процессе наплавки. Твёрдость наплавки значительно ниже регламентируемой
4	Б2/С1	282	
5	Б1/С1	298	Шлаковая корка легко удаляется. Твёрдость наплавки на нижнем регламентируемом уровне
6	Б1/С2	300	
7	Б1/С3	383	Шлаковая корка не нуждается в принудительном удалении (отваливается сама). Наплавленный слой имеет поверхностную твёрдость выше регламентируемой, обработка затруднительна
8	Б1/С4	395	
9	С	405	
10	УГ	295	Сильное разбрызгивание металла в процессе наплавки. Твёрдость наплавки ниже регламентируемого уровня

Таблица 3

Химический состав металла наплавки исследуемых образцов

№ п/п	Защитная среда	Содержание элементов, %									
		C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Cu	S	P
1	Б	0,34	0,67	0,50	0,56	0,02	0,01	0,28	0,18	0,020	0,017
2	Б4/С1	0,34	0,73	0,55	0,67	0,02	0,01	0,65	0,12	0,020	0,010
3	Б3/С1	0,31	0,74	0,54	0,77	0,02	0,01	0,75	0,11	0,010	0,010
4	Б2/С1	0,34	0,77	0,56	0,79	0,03	0,01	0,79	0,13	0,010	0,010
5	Б1/С1	0,32	0,78	0,58	0,80	0,03	0,01	0,80	0,13	0,010	0,010
6	Б1/С2	0,33	0,84	0,56	0,80	0,03	0,01	0,78	0,12	0,020	0,010
7	Б1/С3	0,32	0,86	0,58	0,85	0,06	0,01	0,85	0,12	0,010	0,010
8	Б1/С4	0,32	0,90	0,70	0,89	0,10	0,02	0,91	0,10	0,010	0,020
9	С	0,39	0,99	0,60	0,90	0,13	0,02	1,81	0,13	0,010	0,010
10	УГ	0,29	0,95	1,10	0,79	0,00	0,00	0,21	0,05	0,007	0,005
Сталь 30ХГСА		0,28 – 0,34	0,8 – 1,10	0,90 – 1,20	0,80 – 1,10	-	-	<0,30		<0,025	

Данные таблицы 4 показывают, что с увеличением доли флюса С временное сопротивление постоянно растет, достигая значения 961 МПа, предел текучести сначала возрастает до 754 МПа (вариант 6), а затем снижается. Аналогично пределу текучести меняется относитель-

ное удлинение и ударная вязкость. Наилучшее сочетание характеристик прочности, пластичности и вязкости с требуемой по ГОСТ твердостью (на нижнем уровне) были достигнуто у образца с маркировкой Б1/С1, восстановленного под смесью флюсов ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) и 48 ОФ-10 в соотношении 1:1. Однако ни один из флюсов не обеспечил требуемые для изделия по ГОСТ 27834-95 механические свойства.

Следует отметить, что после проведения ремонта в условиях ЦРБТ регламентируется и контролируется только твёрдость наплавленного слоя. Как показали исследования, контролируемая твёрдость поверхности наплавленного слоя не отражает фактических значений по сечению стенки замкового соединения. Согласно полученным данным, шесть образцов восстановленных замковых соединений могут пройти контроль в условиях центров по ремонту бурильных труб и быть допущены к эксплуатации. При этом твёрдость основного металла на значительно ниже (на 20-150 HB) контролируемой твердости поверхности. Также более низким является уровень механических свойств основы замка (см. таблицу 4). Результаты анализа структурных параметров и загрязненности металла объектов исследования неметаллическим включениями представлены в таблице 5.

Таблица 4

Механические характеристики металла образцов, восстановленных наплавкой в различных защитных средах

№ п/п	Защитная среда	Испытания на одноосное растяжение			Испытания на ударный изгиб, кДж/м^2, KCV	Твердость, HB	
		$\sigma_в$, МПа	$\sigma_т$, МПа	δ, %		Тело замка	Поверхность наплавки
1	Б	830	671	21	378	256	252
2	Б4/С1	839	682	21	420	245	263
3	Б3/С1	892	718	19	491	246	270
4	Б2/С1	899	642	18	559	246	282
5	Б1/С1	905	734	16	738	271	298
6	Б1/С2	919	754	14	674	260	300
7	Б1/С3	927	688	14	543	262	383
8	Б1/С4	927	667	12	454	265	395
9	С	961	733	11	330	272	405
10	УГ	848	651	20	417	277	295
ГОСТ 27834-95		≥981	≥832	≥13	≥589	300-355	

Таблица 5

Металлографический анализ исследуемых образцов

№ п/п	Защитная среда	Оксиды точечные, балл	Оксиды строчечные, балл	Сульфиды, балл	Микроструктура
1	Б	4.	3	5	Литая дендритная структура
2	Б4/С1	4.	3	5	Литая дендритная структура
3	Б3/С1	3	3	4	Сорбит, феррит и перлит
4	Б2/С1	3	2	2	Сорбит, феррит и перлит
5	Б1/С1	3	1	2	Сорбит и бейнит
6	Б1/С2	2	1	2	Сорбит и бейнит
7	Б1/С3	2	1	3	Сорбит и бейнит
8	Б1/С4	2	1	2	Бейнит и сорбит
9	С	2	1	2	Бейнит и сорбит
10	УГ	1	2	1	Сорбит, феррит и перлит

Из таблицы 5 видно, что металл всех объектов исследования загрязнён неметаллическими включениями, причём степень загрязнённости повышается с увеличением количества плавленого флюса 48-ОФ-10 в смеси. Наилучшие показатели в части чистоты металла наплавки были зафиксированы в образце, восстановленном в газовой защитной среде.

Микроструктура всех объектов исследования состоит преимущественно из сорбита с отдельными участками бейнита, феррита и пластинчатого перлита. Микроструктура наплавки, состоящая из сорбита и нижнего бейнита, наиболее приближенная к исходной микроструктуре металла замка была обнаружена в образце с маркировкой Б1/С1. Образец с маркировкой Б имеет литую микроструктуру наплавки

с ярко выраженным дендритным строением, образец с маркировкой С имеет микроструктуру нижнего бейнита и сорбита. Образец с маркировкой УГ имеет микроструктуру сорбита, бейнита и перлита и отличается высокой пористостью. Фотографии описываемых микроструктур представлены на рисунке 2.

Выводы. По совокупности исследованных характеристик с учетом условий и предложенной толщины наплавленного слоя, составляющей 9-10 мм, было установлено, что наилучшие результаты показал образец наплавки с маркировкой Б1/С1, восстановленный под смесью керамического флюса ЭЛЗ-ФКН-1/55(Б) и флюса 48 ОФ-10 в соотношении 1:1. Предложенный состав обеспечивает требуемую технологичность процесса наплавки в отношении обеспечения надёжной защиты от окисления и подстуживания, а также своевременного удаления в процессе восстановления. При этом обеспечивается микроструктурное состояние наплавленного металла, наиболее приближенное к исходной микроструктуре замкового соединения в заводском исполнении.

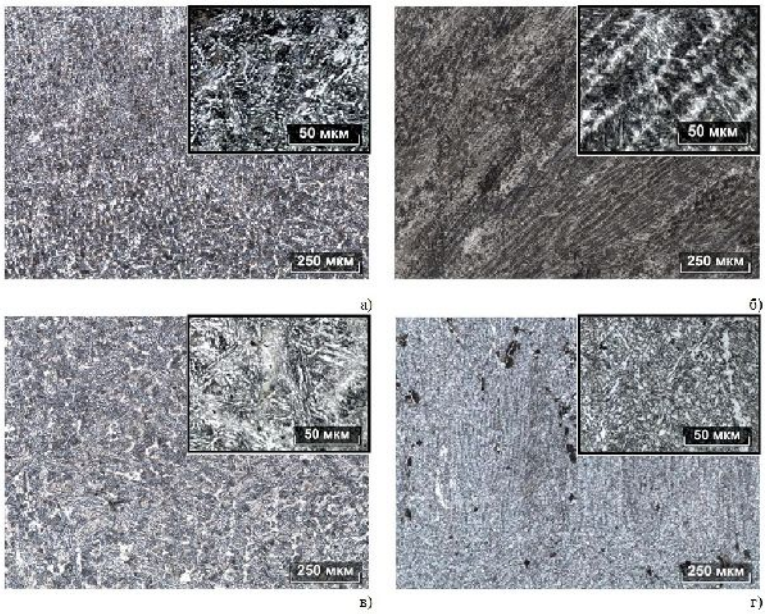


Рис. 2. Микроструктура наплавок образцов с различной маркировкой:
(а) - Б1/С1; (б) - Б; (в) - С; (г) – УГ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент РФ № 97119541/02, Способ ремонта поверхности // Патент России № 2125508. 1999. Бюл.№ 23 Галеев Р.Г., Тахаутдинов ш.ф., Загиров М.М., Калачев И.Ф. [и др.].

2. Технологический процесс капитального ремонта методом восстановления наплавкой под флюсом с удлинением замков на комплексе АКН3БТ2-1200 УХЛ 4 трубы бурильной ПН-127-9-147.

3. Михеев Д.А. Подбор защитной атмосферы при восстановлении замковых соединений бурильных труб // Сборник научных статей IV-ой Международной научно-практической конференции 17-18 октября 2014 года «Перспективное развитие науки, техники, технологий», Курск, 2014. С. 226–230.

4. Михеев Д.А., Амосов А.П. Исследование аварийных муфт замков бурильных труб, восстановленных наплавкой // Материалы Всероссийской научно – технической интернет – конференции 25–28 октября 2016 г. «Высокие технологии в машиностроении». Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. 262 с.

5. ГОСТ 10543-82 Проволока стальная наплавочная. Технические условия.

6. ОСТ 5 Р. 9206-75. Флюсы плавленые.

7. ТУ 1718-051-11142306-2007. Флюсы керамические.

8. ГОСТ 18895-97. Сталь. Метод фотоэлектрического спектрального анализа.

9. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение.

10.ГОСТ 9454-78. Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах.

11. ГОСТ 9012-59. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю.

12.ГОСТ 8233-56. Сталь. Эталоны микроструктуры.

Информация об авторах
Пугачёва Татьяна Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры металловедения, порошковой металлургии, наноматериалов.
E-mail: t.pugacheva15@yandex.ru
Самарский государственный технический университет.
Россия, 443100, Самара, Молодогвардейская, 244.

Михеев Дмитрий Алексеевич, аспирант кафедры металловедения, порошковой металлургии, наноматериалов.
E-mail: mdasyz@yandex.ru
Самарский государственный технический университет.
Россия, 443100, Самара, Молодогвардейская, 244.

Поступила в феврале 2018 г.
© Пугачева Т.М., Михеев Д.А., 2018

T.M. Pugacheva, D.A. Mikheev

MATERIALS SCIENCE RESEARCH OF TOOL JOINTS OF DRILL PIPES WELDED BY DIFFERENT FLUXES

The article contains the results of comparative analysis of chemical composition, microstructure and properties of welded metal and base metal after welding repair using different fluxes. The following process technological parameters were considered: oxidation resistance, lack of cooling down, slag removability.

Protective environment composition influence of welding on a properties complex and microstructure was carried out on five samples of tool joint nipples made of 40KhMFA steel. Two experimental welding were carried out at each site. Welding was carried out on a pipe base wire Np-30KhGSA. Fused and ceramic fluxes were used separately and as a mechanical mixture in various ratios. Also surfacing was carried out in the environment of protective gase.

It has been established that welding in a gas environment is accompanied by spattering of the metal. The microstructure of such a resurface welding is porous and consists of sorbite, bainite and perlite. Conducting welding under a mixture of fluxes in various ratios made it possible to establish a number of regularities. Increasing the proportion of ceramic flux leads to increased doping and increase in hardness of resurface welding. In this case, the microstructure of the welding consists of lower bainite and sorbite. An increase in the content of the flux fused leads to an increase in the pollution of the welding with inclusions. In this case, the microstructure of the welding is rough and has a dendritic structure. The best quality of welding is provided by using a composition consisting of a fused and ceramic flux in a ratio of 1: 1. At the same time, the resulting microstructure of welding is closest to the initial microstructure of the tool joint in the state of delivery.

Keywords: *tool joint, drill pipe, welded, chemical composition, microstructure, properties, flux.*

Information about the author
Tatyana M. Pugacheva, PhD, Assistant professor.
E-mail: t.pugacheva15@yandex.ru
Samara State Technical University.
Russia, 443100, Samara Molodogvardeyskaya st., 244.

Dmitry A. Mikheev, Postgraduate student.
E-mail: mdasyz@yandex.ru
Samara State Technical University.
Russia, 443100, Samara Molodogvardeyskaya st., 244.

Received in February 2018

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

DOI:10.12737/article_5b115a701e14b4.21886835

Дубкова В.Б., канд. эконом. наук, доц.
Социально-экономический колледж г. Минеральные Воды

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ПРИБЫЛИ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА

nako@bk.ru

Рассматриваются результаты исследования проблемы совершенствования налогообложения прибыли предприятий и путей ее решения. На основе системы показателей – признаков и критериев обоснована дифференциация отраслевых предприятий экономики в группы для целей более оптимального налогообложения их прибыли. Предложен алгоритм расчета ставки налога на прибыль. Предлагается матрица классификации отраслевых предприятий экономики по группам с определением уровня ставки по каждой из них на основе разработанного алгоритма во взаимосвязи с уровнем эффективности производства. Обосновывается значение повышения производительности труда в увеличении налогооблагаемой прибыли. В целях распространения мирового опыта по решению вопросов совершенствования налогообложения прибыли предприятий с применением кривой Лаффера предлагается стимулирование действия факторов повышения эффективности производства на основе налогообложения прибыли. Проведение комплексной оценки эффективности налогообложения прибыли предприятий предлагается на основе показателя производительности труда. Утверждается, что соблюдение соответствия каждым предприятием необходимых параметров классификации позволит переходить каждому из них в нужную группу, а системе налогообложения прибыли, основанной на данном подходе, функционировать в автоматическом режиме и способствовать стабилизации экономики. Для предприятий строительства рассматриваются особенности отраслевого уровня показателей – признаков дифференциации: строения капитала, нормы прибыли, рентабельности труда и результаты налогообложения их прибыли в условиях современной и предлагаемой налоговых систем. Результаты исследования составляют методологическую основу разработки более эффективного механизма налогообложения прибыли предприятий, особо необходимого при проведении антикризисной экономической политики.

Ключевые слова*: налог на прибыль, ставка налога, дифференцированный подход, эффективность налогообложения.*

Основной инструмент фискальной политики – налоги. Он может быть использован в качестве встроенного стабилизатора финансового механизма воздействия системы налогообложения дохода, прибыли или оборота на конъюнктуру рынка, уровень эффективности производства, инвестиционный климат, экономический рост. Упрощенный подход к задачам экономической и, в частности, финансовой политики, без учета направлений развития НТП, эффективности функционирования экономики через уровни фондоотдачи, производительности труда, оборачиваемости оборотных средств, динамики и структуры государственного долга и внутренних платежей, состояния занятости, инвестиционной активности, доли импорта в товарообороте не может обеспечить стабильности и экономического роста. Такую точку зрения разделяют как многие отечественные ученые (академик РАН С. Ю. Глазьев, академик РАН Д. С. Львов, доктор экономических наук, профессор Э. И. Крылов, доктор экономических наук, профессор В. К. Сенчагов и др.), так и зарубежные (Дж. Ю. Стиглиц и др.) [1, 2, 3, 4, 5].

Действие налога на прибыль как инструмента встроенного стабилизатора может обеспечиваться через учет изменения уровня эффективности производственной деятельности предприятия при дифференциации их в определенные группы и соответствующем определении ставок налогообложения. Кривая Лаффера, отражающая зависимость между доходами бюджета и динамикой налоговых ставок, указывает на то, что значительное повышение ставок налога на прибыль (доходы) не способствует повышению эффективности производства, увеличению инвестиций в экономику, экономическому росту [6].

Для современного этапа экономического развития является важным разработка концепции повышения стимулирующей функции налогообложения. Как показывает мировой опыт

развитых стран, современная налоговая система должна стимулировать НТП, структурные сдвиги в распределении ресурсов и рабочей силы, выпуск качественной продукции, развитие предпринимательства.

Учет эффективности в системе налогообложения прибыли (дохода) позволит придать ей характер встроенного стабилизатора финансового механизма государственного регулирования экономики. То есть если фискальная политика в рамках теории кейнсианско – неоклассического синтеза предполагает изменение ставок налога на прибыль как их увеличение, так и снижение в определенных условиях развития экономики с целью стимулирования либо платежеспособного спроса, либо накоплений и сбережений, т. е. носит дискретный характер [7], то учет обеспечения системой налогообложения прибыли (дохода) требований поддержания экономики на достаточно высоком для тех или иных условий ее функционирования уровне эффективности будет гарантировать стремление экономической системы к его достижению, что придаст работе системы налогообложения прибыли (дохода) характер встроенного стабилизатора обеспечения воспроизводственного процесса на макроуровне, а также макроравновесия и стабильности и в конечном счете развития отечественной экономики.

Это может достигаться только на основе решения главной задачи совершенствования всего финансово-хозяйственного механизма, а значит и его основной ключевой части – механизма налогообложения прибыли (дохода) предприятий – мобилизации внутрихозяйственных резервов. Необходимость ее решения и предполагает стимулирование повышения эффективности производства всеми способами. Роль налогообложения прибыли (дохода) в решении данного вопроса определена функцией налога на прибыль (доход) (НП), выражаемой формулой:

$$НП = ПР\ (ВД) \cdot Т \qquad (1),$$

где ПР (ВД) – сумма прибыли, валового дохода; Т – ставка налога на прибыль (валовой доход). Величина прибыли (валового дохода) характеризует конечный эффект от производственно – финансовой деятельности предприятия, который, в свою очередь, является функцией показателей эффективности использования факторов производства: фондоотдачи *(f_0),* производительности труда (В), оборачиваемости оборотных средств (к) и др., т.е. ПР (ВД) = *f* (f_0, В, к …).

Классическая теория политической экономии определила, что развитие капиталистического способа проявляется выражением общей средней нормы прибавочной стоимости в понижающейся общей норме прибыли, что является в свою очередь выражением прогрессирующего развития общественной производительной силы труда, обусловленной возрастанием стоимостной величины постоянного капитала по сравнению с его переменной частью, что ведет к соответствующему удешевлению производимого продукта. Такое истинное положение вещей капиталистического способа производства указывает на ключевую роль в нем взаимосвязи трех основных факторов: нормы прибавочной стоимости m', нормы прибыли p' и органического строения капитала $\frac{c}{v}$ [8].

Нами было установлено, что по своей экономической природе налог на прибыль (доход) имманентно присущ производимой на предприятиях в ходе изготовления товаров, производства работ, услуг прибавочной стоимости, масса которой прямо пропорциональна уровню нормы прибавочной стоимости. Поэтому каждая отрасль в зависимости от состояния своей нормы прибавочной стоимости, определяемой через показатель - модификатор $\frac{v}{K}$ - среднее процентное строение капитала от реально исчисляемой в каждой отрасли средней нормы прибыли и ее средний уровень, рассчитанный по прибыли, которая в отраслях среднего строения соответствует произведенной в них прибавочной стоимости, должна быть отнесена в определенную группу для целей дифференцированного налогообложения прибыли – прибавочной стоимости. Для этого нами была разработана матрица классификационных групп предприятий с однокачественными сочетаниями отраслевых параметров показателей m', p', $\frac{v}{K}$ m, p. Это стало необходимым потому, что в отличии от положения классической экономической теории о принятом в ней допущении об едином уровне нормы прибавочной стоимости для национальной экономики, эмпирически для современной российской экономики нами было установлено, что уровень m′ в ее отраслях резко различен. В 2008 г. максимальное значение m′ по отрасли добычи полезных ископаемых составляло 204,8 %, минимальное значение по отрасли рыболовства – 1,8 %, по строительству – 2,1% при среднем значении по экономике 32 %. В 2014 году максимальное значение по отрасли добычи полезных ископаемых составляло 338,6 %, по обработке 38,9 %, минимальное – по рыболовству – 1,1 %, по транспорту – 0,9 %, по операциям с недвижимостью 0,08 % с нулевым значением по строительству при среднем уровне по экономике в целом 19,7 % [9, 10]. Примечание: для каждой отрасли указано первой цифрой

уровень m', второй - p', далее оргстроение капитала, крайняя цифра – номер квадрата.

Объектом налогообложения предприятий, функционирующих в рыночном секторе экономики мы определили среднюю прибыль. Прибыль согласно классической теории политической экономии – это превращенная форма прибавочной стоимости. Средняя прибыль, получаемая предприятиями по принципу «равновеликая прибыль на равновеликий капитал», - это реализованная часть произведенной на них прибавочной стоимости. Нами установлено и на рисунке матрицы проявленных групп однокачественных сочетаний взаимосвязанных отраслевых параметров показателей p', m', $\frac{v}{K}$, m, p отражено, что не для всех предприятий полученная ими средняя прибыль совпадает с величиной произведенной на них прибавочной стоимости.

	$v/К<<$ 95c:5v	$v/К<$ 94c:6v- 90c:10v	$v/К=$ 89c:11v-85c:15v 87c:13v	$v/К>$ 84c:16v-59c:41v	$v/К>>$ 58c:42v
$p'<<$ до 1%	**1V** 1 $m'_{отр}$=19,7% m = p $T_{гр}$ = 9,8 %	**111** 6 $m'_{отр}<$ m = p производство электроэнергии, газа, воды 3,6% 0,2% 94c:6v $T_{гр}$ = 9,0%	**11** 10 $m'_{отр}<<$ m = p $T_{гр}$ = 8,2%	**1** 13 $m'_{отр}<<$ $m > p$ рыболовство 1,1% 0,4% 69c:31v сельское,лесное хозяйство 14,5% 0,3% 78c:22v коммунальное хозяйство2,8% 0,6 % 80c:20v строительство - % - %84c:16v транспорт0,9% 0,3% 67c:33v Т индивид.	15 $m'_{отр}<<$ $m>>p$
$p'<$1,1-2,0%	**V** 16 $m'_{отр}>$ m = p $T_{гр}$ = 25,8 %	2 $m'_{отр}$=19,7% m = p	7 $m'_{отр}<$ m = p	11 $m'_{отр}<<$ m = p	14 $m'_{отр}<<$ $m > p$
p'=2,6 2,1-3,1%	**V1** 20 $m'_{отр}>>$ m = p $T_{гр}$ = 64,3%	17 $m'_{отр}>$ m = p	3 $m'_{отр}$=19,7% m = p	8 $m'_{отр}<$ m = p	12 $m'_{отр}<<$ m = p
$p'>$ 3,2 - 8,1,%	**V11** 23 $m'_{отр}>>$ m = p Т индивид.	21 $m'_{отр}>>$ m = p	18 $m'_{отр}>$ m = p Обработка 38,9 % 6,9% 82c:18v Т = 20,7%	4 $m'_{отр}$=19,7% m = p	9 $m'_{отр}<$ m = p
$p'>>$ 8,2-13% и выше	25 $m'_{отр}>>$ $m<<p$ добыча полезных ископаемых 338,6% 13,0 % 96c:4v	24 $m'_{отр}>>$ $m<p$	22 $m'_{отр}>>$ m = p	19 $m'_{отр}>$ m = p	5 $m'_{отр}$=19,7% m = p

Рис. 1. Матрица распределения основных отраслей экономики по дифференцированным группам в соответствии с их параметрами m', p', $\frac{v}{K}$ m, p в 2014 году

На предприятиях отраслей с низким уровнем строения капитала и низкой нормой прибыли имеет место недополучение p против m – часть произведенной на них m использует потребитель их продукции. Предприятия отраслей с высоким строением капитала получают p по величине больше, чем m – они используют часть m, произведенной в отраслях с низким строением капитала. Таким образом, в конечном счете реализуется вся произведенная на предприятиях прибавочная стоимость, но для первых одну ее часть получают они сами, а вторую получает потребитель их продукции, вторые получают всю произведенную у них прибавочную стоимость плюс дополнительная прибыль за счет части реализованной прибавочной стоимости первых.

Таким образом, на основе вариантов взаимосвязанного изменения показателей p', m', $\frac{v}{K}$, m, p для целей дифференцированного налогообложения прибыли (дохода) выделяются следующие группы отраслевых предприятий со следующими сочетаниями уровней данных показателей:

1. $p'<<$, $\frac{v}{K}>>$ (квадрат 15); $p'<<$, $\frac{v}{K}>$ (квадрат 13); $p'<$, $\frac{v}{K}>>$ (квадрат 14)

для данных сочетаний m' отраслевая $<<$ m'средней по экономике, $m >$ или $>> p$, т.е. m полностью не реализуется, а облагается реализованная часть m в пределах реально полученной p средней;

11. $p'<<$, $\frac{v}{K}=$ (квадрат 10); $p'<$, $\frac{v}{K}>$ (квадрат 11); $p'=$, $\frac{v}{K}>>$ (квадрат 12)

для данных сочетаний m' отраслевая $<<$ m' средней по экономике, $m = p$;

111. $p'<<$, $\frac{v}{K}<$ (квадрат 6); $p'<$, $\frac{v}{K}=$ (квадрат 7); $p'=$, $\frac{v}{K}>$ (квадрат 8); $p'>$, $\frac{v}{K}<<$ (квадрат 9) для данных сочетаний m' отраслевая $<$ m'средней по экономике, $m = p$;

1V. $p'<<$, $\frac{v}{K}<<$(квадрат 1); $p'<$, $\frac{v}{K}<$ (квадрат 2); $p'=$, $\frac{v}{K}=$ (квадрат 3); $p'>$, $\frac{v}{K}>$ (квадрат 4), $p'>>$, $\frac{v}{K}>>$ (квадрат 5) для данных сочетаний m'отраслевая $=$ m'средней по экономике, $m = p$;

V. $p'<$, $\frac{v}{K}<<$(квадрат 16); $p'=$, $\frac{v}{K}<$ (квадрат 17); $p'>$, $\frac{v}{K}=$ (квадрат 18); $p'>>$, $\frac{v}{K}>$ (квадрат 19) для данных сочетаний m' отраслевая $>$ m'средней по экономике, $m = p$;

V1. $p'=$, $\frac{v}{K}<<$(квадрат 20); $p'>$, $\frac{v}{K}<$ (квадрат 21); $p'>>$, $\frac{v}{K}=$ (квадрат 22)

для данных сочетаний m' отраслевая $>>$ m'средней по экономике, $m = p$;

V11. $p'>$, $\frac{v}{K}<<$(квадрат 23); $p'>>$, $\frac{v}{K}<$ (квадрат 24) для данных сочетаний m' отраслевая $>>$ m'средней по экономике, $m < p$, облагается отдельно p отраслевая в пределах m отраслевой плюс налог на сверхдоходы;

$p'>>$, $\frac{v}{K}<<$ (квадрат 25) для данного сочетания m' отраслевая $>>$ m'средней по экономике, $m << p$, т.е. имеют место сверхдоходы, сверхприбыль. Налогом облагается p отраслевая средняя в пределах m отраслевой плюс налог на сверхдоходы (сверхприбыль) [11].

Данный подход позволяет реализовать принцип равного налогового бремени, определенного п. 1 ст. 3 Налогового кодекса РФ, в соответствии с которым «при установлении налога учитывается фактическая способность налогоплательщика к уплате налога» [12], а также ст. 6 (4.2) и 27 Конституции РФ, в соответствии с которой Конституционный суд определил, что «принцип равенства в социальном государстве в отношении обязанности платить законно установленные налоги и сборы предполагает, что равенство должно достигаться посредством перераспределения доходов и дифференциации налогов и сборов» [13, с,75; 14 с. 38; 15. с. 358].

Формирование механизма налогообложения прибыли (дохода) предприятий на предлагаемой основе, на наш взгляд, соответствует «той старой истине, что всякая эффективная система - это, как правило, сложное и тонкое балансирование» [16], которой призывает руководствоваться в вопросах экономической и финансовой политики видный экономист, заместитель председателя Счетной Палаты РФ в 1995 – 2001 гг. Ю. Болдырев [16].

Помимо обозначенных критериев, которыми мы руководствовались при разработке предложенных групп отраслевых предприятий в целях дифференциации их для более эффективного налогообложения прибыли (дохода), как то, во-первых, учет взаимоувязки факторов образования прибавочной стоимости – прибыли (дохода) m', p', $\frac{v}{K}$ и проявление ключевого из них m', экономической природе которого естественным образом присущ налог на прибыль (доходы), во-вторых, выявление соотношения величины произведенной прибавочной стоимости и ее реализованной части в виде средней прибыли, получаемой реально предприятиями и являющейся фактическим объектом налогообложения, нами имелся ввиду еще один – это уровень ставки налогообложения.

Ставка налога на прибыль отражает изъятие по определенной норме доходов как неоплаченной работнику части созданной его прибавочным трудом прибавочной стоимости. Поэтому

считаем, что материальным обеспечением ставки налога на прибыль является не p', а m' - норма прибавочной стоимости. Именно ей имманентно по своей экономической природе присущ налог на прибыль, хотя в ней мы объективно конкретно не можем выделить ту часть, которая обеспечивает долю налогов в составе произведенной прибавочной стоимости. Этот вопрос зависит от проводимой налоговой политики государства. Однако ставка налогообложения предприятий не должна превышать m' соответствующей отрасли. Если же учесть, что m' характеризует долю прибавочного рабочего времени, которую рабочий затрачивает на прибавочный труд, производящий прибавочную стоимость, то ставка налогообложения (Т) может быть ограничена 1/2 m' и ее максимальный уровень может рассчитываться по формуле:

$$T = 1/2\ m' \qquad (2)$$

Если обратиться к теории финансового менеджмента и рассмотреть категорию финансового левириджа – эффекта финансового рычага (ЭФР), то мы вспомним, что степень финансового риска банкира при выдаче кредита предприятию отражается величиной дифференциала (Д), определяемого как разница между рентабельностью экономической ($Р_э$) и средней расчетной ставкой процента за кредит (СРСП). Таким образом, уровень экономической рентабельности, нарабатываемый предприятием, является материальной, а точнее финансовой, гарантией уплаты процентов за пользование кредитом [17].

Очевидно и для бюджетов, являющихся получателями налога на прибыль, степень финансового риска по нему может быть определена соотношением уровня ставки налога на прибыль Т и его источника – уровня нормы прибавочной стоимости m' и пропорция Т = 1/2 m' - максимальная в этом отношении, Т ≤ 1/2 m' - оптимальная пропорция. То есть ставка налогообложения должна иметь обеспечение в виде гарантии наработки прибыли.

Обратимся к матрице классификационных групп предприятий с однокачественными сочетаниями взаимосвязанных отраслевых параметров показателей p', m', $\frac{v}{K}$, m, p на рисунке. Для отраслевых предприятий группы 1, имеющих низкую норму прибавочной стоимости, низкое строение капитала и при этом получающих среднюю прибыль по величине меньшую, чем произведенная в этих условиях прибавочная стоимость, расчет ставки может производиться индивидуально исходя из p' отраслевой (квадраты 13, 14, 15). При этом, исходя из опыта налоговой реформы 1930 – 1931 гг., могло бы быть установлено ограничение его минимального уровня ставкой в 5 % – 10 %. В тот период истории государственных финансов был установлен максимальный размер отчислений от прибыли – 81 %, за исключением сумм, направляемых на создание поощрительных фондов. Однако порядок, при котором почти вся прибыль предприятия, за исключением сумм, направляемых в поощрительные фонды, должна была поступать в бюджет в виде отчислений, не заинтересовывала предприятия в выполнении плановых заданий, нередко приводила к изъятию части их собственных оборотных средств. Недостатки налоговой реформы того времени потребовали внесения поправок в систему платежей, поэтому был введен дифференцированный процент изъятия прибыли в бюджет, минимальная граница которого была определена в 10 % [18, с. 118].

Для отраслевых предприятий групп 11 – V1, получающих среднюю прибыль примерно по величине равную произведенной на них прибавочной стоимости, уровень ставки рассчитывается Т = 1/2 m'. Для отраслевых предприятий группы V11 (квадраты 23, 24, 25), получающих сверхприбыль, сумма и ставка налогообложения определяются следующим образом. Общая величина полученной средней прибыли рассматривается как состоящая из двух частей по следующей формуле:

$$\overline{p}_i = \overline{p}'K_i + (\overline{p}'_i - \overline{p}') \times K_i \qquad (3),$$

где часть $\overline{p}'K_i$ облагается по ставке исходя из $\overline{p}'$ - общей нормы прибыли по экономике, т.е. ставка налога определяется по формуле

$$T = \frac{\overline{p} \times K}{2v} \qquad (4)$$

а часть $(\overline{p}_i - \overline{p}') \times K_i$ облагается по ставке исходя из $\overline{p}'_i$ – средней нормы прибыли по соответствующей отрасли, но не выше 100% или исходя из ее расходования по ранее рассмотренным пропорциям на накопление и потребление по максимуму 95 : 5, по минимуму 20 – 25 : 80 – 75, взятым выше или ниже типовой в целях стимулирования производства.

К последним относятся отрасли по добыче полезных ископаемых, имеющие на практике большие суммы сверхприбыли, которая должна облагаться в особом порядке [11].

Эмпирические просчеты показывают также, что в условиях дифференцированного подхода бюджет будет иметь большие поступления сумм налога на прибыль, чем в условиях действия как 20 %, так и 24 % ставок. Однако, при этом 60–70 процентов предприятий – налогоплательщиков будут иметь меньшую сумму налога.

Особенностью строительной отрасли является то, что основным фактором, ограничивающим деловую активность в ней, является уро-

вень налогообложения: от 55% до 35 % отраслевых предприятий в течение последних десяти лет ставят его на первое место [10, с.336].

Кроме того, ввиду значительных остатков незавершенного строительства, переходящих из года в год, и не высокой скорости оборота средств, отрасль имеет не высокий уровень органического строения капитала, который, однако, имеет тенденцию в своем развитии к выравниванию со средним уровнем по экономике. Так, если в предкризисном 2006 году он составлял 79*c* : 21*v*, в 2008 году, отражающем результаты его начала ситуация стала ухудшаться до 77*c* : 23*v*, то в 2010 году она выровнялась до 84*c* : 16*v* при средней по экономике 86*c* : 14*v*. При этом отрасль имеет низкий уровень нормы прибыли, имеющий в своей динамике тенденцию к снижению: 2,4 %; 2,1 %, 1,2 % по указанным годам соответственно, а также низкий уровень обеспечивающей ее нормы прибавочной стоимости (рентабельности труда) 11,0 %, 8,8 %, 6,6 % по данным годам соответственно. Поэтому сальдированный финансовый результат по этим годам сложился также невысокий: 72,8 млрд. рублей, 107,9 млрд. рублей, 87 млрд. рублей соответственно по указанным годам при его увеличении в 2011 году до 106,9 млрд. рублей, в 2012 году до 176,2 млрд. рублей, в 2013 году до 601,3 млрд. рублей с резким снижением на второй волне кризиса до убытка 75,1 млрд. рублей в 2014 году и 30 % снижением величины прибыли в 2017 году к уровню предыдущего года [9, 10].

В условиях дифференцированного метода налогообложения прибыли при данном уровне показателей строительство находилось в 2006 году в первой группе, в 2008, 2010 годах – во второй группе. Это означает, что в 2006 году ставка налога на прибыль не должна была бы превышать 5,5 % по ее индивидуальному расчету, в 2008 году также 5,5 %, в 2010 году – 7,0 % по среднегрупповому уровню. Следовательно, сумма налога на прибыль в 2006 году была бы меньше на 13,5 млрд. рублей, в 2008 году – на 20,0 млрд. рублей, в 2010 году – на 11,3 млрд. рублей против ее расчета по действующей единой ставке, т. е. в указанные три года отрасль на свое развитие могла бы использовать дополнительно 44,8 млрд. рублей.

Кроме того, считаем, что при установлении ставки налога на прибыль в условиях дифференцированного метода необходим учет действия ключевого фактора формирования прибыли как налогооблагаемой базы предприятия – роста производительности труда, т. к. его действие имеет значительный эффект распространения. По нашему мнению, это тоже своего рода экстерналия, действие которой нужно стимулировать. Работа с экстерналиями всецело составляет компетенцию государства и использование налогообложения прибыли как финансового инструмента в данном вопросе трудно переоценить. Тем более, что в строительстве имеются большие резервы по ее увеличению. Так индекс роста производительности труда по данным Росстата в 2010 году составлял 99,6 %, в 2011 году – 105,2 %, в 2012 году – 100,2 %, в 2013 году – 98,3 %, в 2014 году – 96,2 % при его уровне по экономике в целом 103,2 %, 103,8 %, 103,0 %, 101,9%, 100,8 % по указанным годам соответственно [10, 11, 19, 20].

Считаем, что именно показатель производительности труда должен быть принят в качестве интегрального показателя комплексной оценки эффективности налогообложения прибыли предприятий и его уровень по строительству как раз подтверждает необходимость совершенствования механизма действия налога на прибыль как финансового инструмента на основе дифференциального метода. Предлагаемый нами дифференцированный подход при налогообложении прибыли предприятий будет способствовать выравниванию уровней p', m', доходов населения, обеспечивать функционирование налоговой системы в автоматическом режиме и тем самым содействовать стабилизации и экономическому росту.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глазьев С.Ю. Это – наши идеи // Завтра. 2006. № 26.

2. Крылов Э.И. Анализ эффективности производства, научно-технического прогресса и хозяйственного механизма. М.: Финансы и статистика, 1991, 168 с.

3. Львов Д.С. Экономика развития. М.: Изд-во Экзамен, 2002, 512 с.

4. Сенчагов В.К. О формировании новой парадигмы бюджетной политики // Вопросы экономики. 2013. № 6. С. 152–158

5. Стиглиц Дж.Ю. Экономика государственного сектора. М.: Изд-во МГУ, ИНФРА М, 1987, 740 с.

6. Добрынин А.И., Тарасевич Л.С. Экономическая теория. Санкт-Петербург: Изд-во «Питер», 2004, 544 с.

7. Макконнелл Кэмпбэлл Р., Брю С. Экономикс т. 1,2. Баку: Изд-во «Азербайджан», 1992.

8. Маркс К. Капитал, в 4-х т., т.3. кн. 3. ч.1. М.: Изд-во «Политическая литература», 1978, 508 с.

9. Российский статистический ежегодник, 2009: Стат.сб./Росстат. М., 2009, 795 с.

10. Российский статистический ежегодник, 2015: Стат.сб./Росстат. М., 2015, 728 с.

11. Дубкова В.Б. Об особенностях налогообложения прибыли добывающих предприятий в условиях дифференцированного подхода. // Известия Уральского государственного экономического университета. 2014. № 3. С. 32–40.

12. Налоговый кодекс Российской Федерации М.: Изд-во «Элит», 2006, 467 с.

13. Налоги и налогообложение под ред. проф. Романовского М. В., проф. Ивановой Н. Г. М.: Юрайт, 2015, 441 с.

14. Демин А.В. О соразмерности налогообложения // Финансы. 2002. № 6. С.38–39.

15. Бланк И.А. Управление денежными потоками Киев: Эльга, Ника-центр, 2002, 736 с.

16. Болдырев Ю. Нерыночная экономика // Завтра. 2011. № 22.

17. Стоянова Е.С. Финансовый менеджмент: теория и практика М.: Изд-во Перспектива, 2002, 656 с.

18. Петраков Н.Я. НЭП и хозрасчет. М.: Экономика, 1991, 364 с.

19. Дубкова В.Б. Оценка влияния факторов повышения производительности труда и ускорения оборачиваемости оборотных средств на налогооблагаемую прибыль // Бухгалтерский учет. 2013. № 10. С. 122–125.

20. Дубкова В.Б. Анализ и оценка налогообложения прибыли в цене единицы продукции. // Бухгалтерский учет. 2017. № 3. С. 120–126.

Информация об авторах
Дубкова Валерия Борисовна, кандидат экономических наук, доцент.
E-mail: nako@bk.ru
Социально-экономический колледж.
Россия, 357200, Ставропольский край, г. Минеральные Воды, ул. Крайняя, 3а.

Поступила в феврале 2018 г.
© Дубкова В.Б., 2018

V.B. Dubkova

ABOUT BUILDING PROFITS TAX ENTERPRISES PECULIARITIES ACCORDING DIFFERENTIATED APPROACH.

The results of problem research of enterprise profit taxation improvement and the ways of its solution are considered. On the basis of indicators system – signs and criteria justified differentiation industrial enterprises of economy in the group for a more optimal taxation of their profits. The algorithm for calculating the profits tax rate is proposed. The classification matrix is proposed by industry groups, defining the level of rates for each of them based on the algorithm in conjunction with the level of production efficiency. Value increase of labor productivity in taxable profit increase is proved. Stimulation of action the factors of production efficiency on the basis of the profit taxation are offered in targets spreading the world methods of decision the questions of improvement the taxation profit of enterprises with employment the curve of Laffera. Conduct a comprehensive evaluation of efficiency of enterprise profit taxation on the basis of the indicator of labor productivity are offered. States that each enterprise compliance regulated classification parameters will go to each of them in the correct group, and the system of taxation, based on this approach, to operate automatically and contribute to stabilization of economy. For enterprises of building it is considered the specially industrial level of indicators – signs differentiation: structure of capital, the standart of profit, the profitableness of labor and the results of their profit taxation in conditions of action the modern and the propose tax profit systems. The results of research is make the methodology basis of working out of more effective mechanism of the taxation profit of enterprises, which specially is necessary when realization of anti-crisis economic politics.

Keyword: *the tax profit, the regulatory function, tax rate, differentiated approach, the effectiveness of profit taxation.*

REFERENCES

1. Glazev S.U. That′s our ideas. Tomorrow. 2006, no. 26.

2. Krylov E.I. Analysis of production efficiency, scientific and technical progress and economic mechanism. M.: Finance and statistics, 1991, pp. 168.

3. Lvov D.S. Development economics. M.: publishing house, Ekzem, 2002, pp. 512.

4. Sencagov V.K. On the formation of a new paradigm of fiscal policy. Questions of economy, 2013, no. 6, pp. 152–158.

5. Stiglits J.J. Economics of public sector. Moscow State University publishing house. Publishing house «Infra – M», 1997, pp. 740.

6. Dobrunin A.I., Tarasevic L.S. The economic theory. Sankt-Penerbyrg: Piter, 2004, pp. 544.

7. Makkonnel Campdell P., Brju Stenli. Economics in 2 vol. Baku: Publishing house Azerbaijan, 1992, 399 p.

8. Marx K. Capital: in 4t. vol. 3 B-3, part.1. M.: Publishing house Political literature, 1978, 508 p.

9. Russian statistical year – book. 2009: State. Book. M.: Russtat, 2009. 795 p.

10. Russian statistical year – book. 20015: State. Book. M.: Russtat, 2015, 728 p.

11. Dubkova V.B. On peculiarities of mining profits tax enterprises in differentiated approach. The news of Ural of state economic university. 2014, no. 3, pp. 32–40.

12. The tax code of Russian Federation M.: Publishing house «Alit», 2006, 467 p.

13. Romanovsky M.V., Ivanova N.G. The tax and taxation. M.: Urait, 2015, 441 p.

14. Demin A.V. About commensurate of taxation. Finance. 2002. no. 6 pp. 38– 39.

15. Blank I.A. The menagment of cash flows. Kiev: Aiga, Nike-centr, 2002. 736 p.

16. Boldurev U. Unmarket economy. Tomorrow, 2011, no. 22.

17. Stoyanova E.S. Financial management. M.: Publishing house Perspektiva, 2002. P. 656.

18. Petrakov N.A. NEP and xozraschet. M.: Economy, 1991, 364 p.

19. Dubkova V.B. Assessing the impact of productivity growth and accelerate the turnover of working capital by the amount of taxable incom. Accounting. 2013, no. 10, pp. 122–125.

20. Dubkova V.B. The analysis and the evaluation of taxation of profit in the price of unit of product. Accounting. 2017, no. 3, pp. 120–26.

Information about the author
Valeria B. Dubkova, PhD, Assistant professor.
E-mail: nako@bk.ru
Social-economic secondary school in Mineral Waters, Stavropol territory.
Russia, 357200, Stavropol territory, Mineral Waters, Krainy′s st, 3a.

Received in February 2018

DOI:10.12737/article_5b115a70d05c13.38694024

Погорелый М.Ю., канд. экон. наук, доц.,
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ К ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРИРОДЫ КРИПТОВАЛЮТЫ С УЧЕТОМ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИНТЕРЕСА РОССИЙСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

pogorelii@bsu.edu.ru

В настоящее время мы являемся свидетелями нового феномена под названием криптовалюта. На текущий момент, известны разные мнения известных финансистов, авторитетных экономистов, руководителей крупных предприятий и политических деятелей. Разброс мнений относительно целесообразности существования и применения криптовалют весьма обширный. Информационные агентства, специализированные порталы и сайты в Интернете публикуют удивительные котировки разных видов криптовалют к доллару США. Появляются, функционируют различные биржи и торговые площадки для совершения операций с криптовалютами. Создаётся впечатление того, что основополагающие теоретические постулаты в сфере теории денежного обращения и кредита подвергаются серьёзной ревизии. Автором собрана, систематизирована и кратко описана история вопроса относительно Bitcoin, Bitcoin Cash, Bitcoin Gold, Ethereum, Ripple, Dash, Darkcoin, XCoin, NEO, Petro, Petro gold, PRIZM. Проводится оценка природы криптовалюты с позиций мнений знаменитых ученых, имена которых навечно вошли в историю развития классической экономической мысли. Автор, в ряде эпизодов данной статьи и формулировок формируемых суждений, выходит за рамки поставленной цели и соответствующих задач написания этой статьи в стремлении вскрыть гносеологические корни криптовалюты, как явления в жизни современного общества. Отправной точкой в исследовании вопроса автор выбирает некоторые суждения практиков и фундаментальные труды известных ученых Aristotle, Cornford, Francis Macdonald, Keynes, J. M., Marshall, A., Marx, K., McCulloch, J. R., Menger, C., Mill, J., Mises, L., Mun, Th., Nakamoto, S., Plato, Say, J.B., Smith, A., Stanley Jevons, W., Tobin, J. Имеет место попытка соединить теорию и практику с проекцией на криптовалюту. В данной статье, помимо многочисленных цитат, применяется эконометрическая модель. Для построения которой была собрана и систематизирована необходимая статистическая информация, полученная из легальных информационных источников, находящихся в открытом доступе. Период исследования 2015–2017 гг. Автор, излагая особенности природы криптовалюты, принимает во внимание основной хозяйственный интерес российского предприятия. Хотя вопрос о легализации криптовалюты находится в стадии разработки, нам представляется целесообразным уже сейчас проводить исследования в этом направлении. Особенностью изложения материала является факт применения оригинальных текстов известных учёных на английском языке с переводом на русский язык.

Ключевые слова: *деньги, золото, криптовалюта, майнинг, технология Blockchain.*

Введение. Деньги, являясь социально-экономической категорией, всегда интересовали учёных. Отметим следующих исследователей, которые были в первых рядах среди тех, кто заинтересовался природой денег: William Stafford, Antonio Serra, Antoine Monchrestien de Watteville, Thomas Mun, Jean-Baptiste Colbert. Британский топ-менеджер Ост-Индской компании Thomas Mun писал в 1664 “There are three ways by which the Moneys of a Kingdom are commonly altered. The first is when the Coins in their several Denominations are made currant at more or less pounds, shillings or pence than formerly. The second is when the said Coins are altered in their weight, and yet continue currant at the former rates. The third is when the Standard is either debased or enriched in the fineness of the Gold and Silver, yet the Moneys continue in their former values… For we must know, that money is not only the true measure of all our other means in the Kingdom, but also of our forraign commerce with strangers, which therefore ought to be kept just and constant to avoid those confusions which ever accompany such alterations” [1] [13, p.14]. С тех пор прошло много времени. Однако деньги (природа, формы и функции) возбуждают умы ученых на современном этапе. Это явление указывает на то,

[1] *Существует три способа, с помощью которых монеты Королевства обычно изменяются. Во-первых, когда монеты фунтов, шиллингов или пенсов в их нескольких номиналах используются в текущих расчетах более чаще, чем раньше. Во-вторых, когда упомянутые Монеты изменяются по своему весу, продолжая использоваться в текущих расчетах по прежним номиналам. В-третьих, когда Стандарт либо девальвируется, либо ревальвируется золотом или серебром, но деньги сохраняют свой курс … Ибо мы должны знать, что деньги – это не только истинная мера стоимости в Королевстве, но и (инструмент прим. автора) нашей внешней торговли с иностранцами, которые (деньги прим. автора) поэтому должны оставаться стабильными, чтобы избежать тех замешательств, которые когда-либо сопровождают такие изменения (перевод автора).*

что категория денег является исторической. Великий австрийский ученый Карл Менгер, один из основателей австрийской школы маржинализма писал: “And hence there runs, from the first essays of reflective contemplation of a social phenomena down to our own times, an uninterrupted chain of disquisitions upon the nature and specific qualities of money in its relation to all that constitutes traffic. Philosophers, jurists, and historians, as well as economists, and even naturalists and mathematicians, have dealt with this notable problem, and there is no civilized people that has not furnished its quota to the abundant literature thereon” [2] [10, p.12].

Уильям Стэнли Джевонс написал “The subject of money as a whole is a very extensive one, and the literature of it would fill a very great library. Many changes are now taking place in the currencies of the world, and important inquiries have been lately instituted concerning the best mode of constituting the circulating medium” [3] [17, p.10]. Эта идея была высказана в 1876 году. Несмотря на это, нынешняя ситуация напоминает период 1876 года. Вопрос о природе денег привлекал исследователей во второй половине двадцатого века. “What is money? The “money” whose stock F&S trace and explain consists of currency and commercial bank deposits held outside the federal government and the banks” [4] [19, p. 464]. Вопрос «Что такое деньги?» является актуальным в современных социально-экономических условиях. Мы являемся свидетелями феномена «криптовалюты». В настоящее время в виртуальном обращении применяются несколько видов криптовалюты: Bitcoin, Bitcoin Cash, Ethereum, Ripple, Dash, NEO. На текущий момент Министерство Финансов Российской Федерации разработало проект федерального закона «О цифровых финансовых активах», положения которого активно обсуждаются экспертами финансового и IT сообществ. Кроме того, по предварительным данным, принято решение о создании биржи для обмена криптовалют.

Одной из самых популярных криптовалют в мире является Bitcoin. Satoshi Nakamoto[5] разработал протокол, на основе которого функционирует Bitcoin. В 2008 году Satoshi Nakamoto написал научную статью. “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”. В этой статье он изложил основы применения Bitcoin, как одной из разновидностей криптовалюты. “We have proposed a system for electronic transactions without relying on trust. We started with the usual framework of coins made from digital signatures, which provides strong control of ownership, but is incomplete without a way to prevent double-spending. To solve this, we proposed a peer-to-peer network using proof-of-work to record a public history of transactions that quickly becomes computationally impractical for an attacker to change if honest nodes control a majority of CPU power. The network is robust in its unstructured simplicity. Nodes work all at once with little coordination. They do not need to be identified, since messages are not routed to any particular place and only need to be delivered on a best effort basis. Nodes can leave and rejoin the network at will, accepting the proof-of-work chain as proof of what happened while they were gone.” [6] [14, p.8].

На текущий момент Bitcoin является одной из самых используемых криптовалют. Существует множество публикаций, экспертных оценок, мнений относительно Bitcoin. Пользователи могут встретить в Интернете многочисленные изображения, фотографии, рисунки золотых монет с изображением логотипа Bitcoin «▪ » (буква B перечеркнута двумя вертикальными линиями). Эти изображения Bitcoin впечатляют людей. Зададимся вопросом – есть ли связь между курсом Bitcoin и ценой золота?

Другим типом криптовалюты является Bitcoin Cash, появившийся в 2017. Некоторые пользователи Bitcoin отказались переходить на новый протокол Segwit2x. Первоначально идея заключалась в том, чтобы снизить тарифы комиссионного вознаграждения. Протокол Segwit2x

[2] *И, следовательно, от первых эссе рефлексивного созерцания социальных явлений до наших дней происходит непрерывная цепочка исследований природы и конкретных качеств денег в ее отношении ко всему, что составляет движение. Философы, юристы и историки, а также экономисты и даже натуралисты и математики рассматривали эту значительную проблему, и нет цивилизованных людей, которые не предоставили свой вклад в значительное литературное наследие по этому поводу (перевод автора).*

[3] *Тема денег в целом очень обширна, литературы на этот счёт хватит, чтобы заполнить очень большую библиотеку. В настоящее время в валютах мира происходит много изменений, и в последнее время были сделаны важные исследования в отношении наилучшего способа создания циркулирующей среды (перевод автора).*

[4] *Что такое деньги? «Деньги», чьи акции F&S отслеживаются и объясняются, состоят из валютных и коммерческих банковских депозитов, находящихся вне федерального правительства и банков (перевод автора).*

[5] *Некоторые эксперты считают, что Satoshi Nakamoto – это псевдоним.*

[6] *Мы предложили систему электронных транзакций, не полагаясь на доверие. Мы начали с обычной структуры монет, сделанных из цифровых подписей, которая обеспечивает сильный контроль над собственностью, но является неполной без возможности предотвратить двойное расходование. Чтобы решить эту проблему, мы предложили одноранговую сеть, использующую доказательство работы для записи публичной истории транзакций, которая быстро становится нецелесообразной для злоумышленника, если надежные контролируют большую часть мощности CPU. Сеть прочная в своей неструктурированной простоте. Узлы работают одновременно с небольшой координацией. Их не нужно идентифицировать, так как сообщения не направляются в какое-либо конкретное место и их нужно выполнять только с максимальной эффективностью. Узлы могут уходить и присоединяться к сети по своему усмотрению, принимая цепочку доказательств работоспособности в качестве доказательства того, что произошло во время их исчезновения (перевод автора).*

возник из-за необходимости сокращения транзакционных сборов. Этот протокол анонсировался, как более безопасный. Но при его использовании клиенту необходимо было приобрести новое программное обеспечение. Это обстоятельство не устроило некоторых пользователей Bitcoin. Поэтому таким клиентам предложили в качестве альтернативы новый вид криптовалюты Bitcoin Cash.

В конце октября 2017 года появляется ещё одна разновидность Bitcoin, а именно Bitcoin Gold (BGold, BTG). Этот вид криптовалюты функционирует на основе внедрения нового протокола.

Другой разновидностью криптовалюты выступает Ethereum, созданный для финансирования канадского проекта. Ethereum был создан в качестве доступной платформы с имеющимся языком программирования. При этом, любой пользователь мог бы создавать приложения на основе технологии Blockchain.

Ещё одним представителем криптовалюты является Ripple, применяется с 2012 года. Ripple привлекла внимание пользователей низкой комиссией. Среди клиентов этой разновидности криптовалюты выступают Bank of America, Standard Chartered.

В январе 2014 года появляется новый тип криптовалюты Dash, возникший на основе Darkcoin и XCoin. Особенностью Dash является использование последовательности, включающей 11 этапов.

Некоммерческим проектом на основе технологии Blockchain является NEO. Этот тип криптовалюты NEO известен с 2014, применяет цифровое распознавание. До недавнего времени NEO активно использовался для реализации «смарт контрактов».

20 февраля 2018 года появилась ещё одна криптовалюта – петро. Её особенность в том, что курс петро обеспечен реальными запасами венесуэльской нефти. Поэтому один петро равен 60 USD. Кроме того, в 2018 году ожидается появление ещё одной разновидности петро – petro gold, которая будет обеспечена золотом.

Новым и малоизвестным видом криптовалюты является PRIZM.

Все вышеназванные типы криптовалют функционируют на основе технологии Blockchain.

Целью написания данной статьи является исследование целесообразности включения в финансовый механизм российского предприятия элемента «криптовалюта». Для этого целесообразно решить соответствующие задачи – исследовать природу криптовалюты в контексте мнений известных ученых и провести анализ соотношения между обменным курсом Bitcoin и ценой золота[7] за обозначенный период.

Методология. В данной статье под российским предприятием мы понимаем акционерное общество–резидент Российской Федерации. Статья 2. «Основные положения об акционерных обществах» Федерального закона Российской Федерации «Об акционерных обществах» N 208-ФЗ от 26.12.1995 дает следующее определение акционерного общества. «Акционерным обществом (далее – общество) признается коммерческая организация, уставный капитал которой разделен на определенное число акций, удостоверяющих обязательственные права участников общества (акционеров) по отношению к обществу» [3].

По нашему мнению, финансовый механизм, являясь неотъемлемой частью хозяйственного механизма предприятия, является комплексом методов, направленных на формирование доходов хозяйствующего субъекта и реализацию распределительных отношений. Поскольку в современных условиях целью деятельности любого акционерного общества выступает положительный финансовый результат, то доходность и прибыльность хозяйствующего субъекта заслуживают пристального внимания финансовых менеджеров.

Рассмотри динамику обменного курса Биткойна по отношению к доллару США за период 01 января 2015 года – 01 декабря 2017 года (рис. 1).

Финансовый механизм предприятия предусматривает процесс принятия управленческих решений, направленных на эффективное инвестирование избытка денежных средств предприятия. Из содержания рисунка 1 следует наличие восходящего тренда. Подобная динамика курса Биткойна по отношению к доллару США за обозначенный период стала возможной благодаря майнингу. Майнинг является условным термином и олицетворяет собой процесс создания цифровых денежных знаков вследствие того, что реализуются математические расчеты (hash) с целью проведения транзакций. Но являются ли цифровые денежные знаки полноценными деньгами?

Adam Smith обращался к категории «деньги» в главе 4 книги “An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations”. “It is in this manner that money has become in all civilized nations the universal instrument of commerce, by the intervention of which goods of all kinds are bought and sold, or exchanged for one another” [8] [16, p.26]. На теку-

[7] *Автор статьи осведомлён о том, что эмиссия банкнот и денежных знаков носит фидуциарный характер в современных экономических условиях.*

[8] *Именно таким образом деньги стали во всех цивилизованных странах универсальным инструментом торговли, посредством вмешательства которого все товары покупаются и продаются, или обмениваются друг с другом (перевод автора).*

щий момент инвестор имеет возможность покупать, продавать криптовалюту или совершать конверсионные операции с помощью любой криптовалюты. Мы предполагаем, что криптовалюта действует как платежный инструмент, средство обращения и мера стоимости.

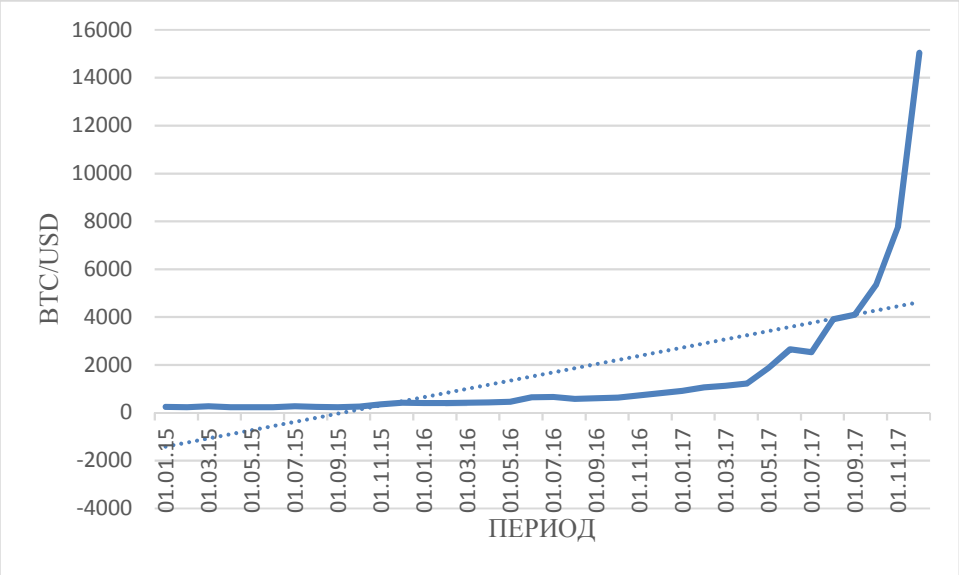


Рис. 1. Динамика обменного курса Биткойн по отношению к доллару США за период с 01 января 2015 года – 01 декабря 2017 года

Адам Смит выделял два типа ценности. “The word VALUE, it is to be observed, has two different meanings, and sometimes expresses the utility of some particular object, and sometimes the power of purchasing other goods which the possession of that object conveys. The one may be called ′value in use′; the other, ′value in exchange′. The things which have the greatest value in use have frequently little or no value in exchange; and, on the contrary, those which have the greatest value in exchange have frequently little or no value in use. Nothing is more useful than water: but it will purchase scarce anything; scarce anything can be had in exchange for it. A diamond, on the contrary, has scarce any value in use; but a very great quantity of other goods may frequently be had in exchange for it” [9] [16, p.26]. Инвестор определяет для себя сам, в каком значении понимать инвестиции в криптовалюту.

Jean-Baptiste Say обращал наше внимание на тот факт, что деньги могут обмениваться. “Money performs but a momentary function in this double exchange; and when the transaction is finally closed, it will always be found, that one kind of commodity has been exchanged for another“ [10] [15, p.19]. Любой тип криптовалюты можно обменять либо на необходимый товар, либо на другую свободноконвертируемую валюту. Таким образом, в этом случае нет противоречия в природе криптовалюты.

John Stuart Mill характеризовал природу денег своеобразно. Он писал “be intrinsically a more insignificant thing, in the economy of society, than money; except in the character of a contrivance for sparing time and labour. It is a machine for doing quickly and commodiously, what would be done, though less quickly and commodiously, without it: and like many other kinds of machinery, it only exerts a distinct and independent influence of its own when it gets out of order” [11, p. 41]. John Stuart Mill использовал существительное «машина», характеризуя природу денег, как категорию. Это существительное тесно связано с термином «технология». Любой вид криптовалюты есть формализация технологии, информационной технологии, в первую очередь.

John Ramsay McCulloch описывал термин «деньги» следующим образом “the name given to the commodities or articles which the people of dif-

[9] *Слово VALUE, которое должно соблюдаться, имеет два разных значения и иногда выражает полезность какого-то конкретного объекта, а иногда и способность приобретать другие товары, которые означают обладание этим объектом. Его можно назвать «значением в использовании»; другое - «ценность взамен». То, что имеет наибольшее значение в использовании, часто мало или вообще не имеет ценности в обмене; и, наоборот, то, что имеет наибольшую ценность в обмене, часто мало или вообще не имеют ценности в использовании. Ничто не является более полезным, чем вода: но в обмен на нее можно купить скудные вещи; это может быть что-то малое. Алмаз, наоборот, имеет мало смысла в использовании; но очень большое количество других товаров часто можно быть получить в обмен на него (перевод автора).*

[10] *Деньги исполняют мгновенную функцию в этом двойном обмене; и когда сделка окончательно закрыта, всегда найдется, что один вид товара был обменен на другой (перевод автора).*

[11] *в действительности нет более незначительной вещи в экономике общества, чем деньги; за исключением приспособления для экономного времени и труда. Это машина для того, чтобы поступать быстро и удобно, что было бы сделано, хотя и менее быстро и просто, без них: и, как и многие другие виды машин, она проявляет явственное и самостоятельное влияние, когда она выходит из строя (перевод автора).*

ferent countries universally accept, either voluntarily or by compulsion, as equivalents for their services, and for whatever else they may have to dispose of" [12] [9, p. 4]. Мы полностью разделяем мнение John Ramsay McCulloch, уважаемого профессора политической экономии.

Карл Маркс писал "Money is a crystal formed of necessity in the course of the exchanges, whereby different products of labour are practically equated to one another and thus by practice converted into commodities" [13] [8, p.61]. Следуя логике Карла Маркса, можно предположить, что любой тип криптовалюты возник как следствие необходимости онлайн обмена. Другими словами, криптовалюта опосредует движение и оборот онлайн-товаров, услуг и результатов интеллектуальной деятельности. И наоборот, необходимость в обороте онлайновых товаров, услуг и результатов интеллектуальной деятельности определяет использование криптовалюты. Следовательно, есть сходство с точкой зрения Карла Маркса. Мы сознательно используем слово необходимость в наших выводах. Потому что Карл Маркс использовал это слово в своей книге. Давайте внимательно рассмотрим эту «необходимость». Разве современная необходимость отличается от необходимости 1867? Да. Очевидно, что онлайн оборот товаров, услуг и результатов интеллектуальной деятельности является вспомогательным, вторичным по отношению к реальному обороту товаров, услуг и результатам интеллектуальной деятельности. Виртуальный оборот товаров, услуг и результатов интеллектуальной деятельности дублирует реальный оборот товаров, услуг и результатов интеллектуальной деятельности. Поэтому понятие необходимости виртуальной среды отличается от концепции необходимости, о которой писал Карл Маркс. Мы обращаем внимание на следующую интересную мысль Карла Маркса. "The fact that money can, in certain functions, be replaced by mere symbols of itself, gave rise to that other mistaken notion, that it is itself a mere symbol" [14] [8, p.63]. Мы можем рассматривать любой тип криптовалюты как символ. Предположим, что любой тип криптовалюты – это всего лишь запись на счетах участников онлайн транзакций. Если это предположение верно, то Карл Маркс выразил весьма серьезный контраргумент против использования криптовалюты. "Nevertheless under this error lurked a presentiment that the money-form of an object is not an inseparable part of that object, but is simply the form under which certain social relations manifest themselves. In this sense every commodity is a symbol, since, in so far as it is value, it is only the material envelope of the human labour spent upon it. But if it be declared that the social characters assumed by objects, or the material forms assumed by the social qualities of labour under the régime of a definite mode of production, are mere symbols, it is in the same breath also declared that these characteristics are arbitrary fictions sanctioned by the so-called universal consent of mankind" [15] [8, p.63]. Исходя из этого тезиса Карла Маркса, мы предполагаем наличие негативного аспекта в природе любой криптовалюты из-за дефицита финансовой информации об источниках финансирования и характере обеспечения обменного курса той или иной криптовалюты. Карл Маркс написал в главе 3 "The first chief function of money is to supply commodities with the material for the expression of their values, or to represent their values as magnitudes of the same denomination, qualitatively equal, and quantitatively comparable. It thus serves as a universal measure of value. And only by virtue of this function does gold, the equivalent commodity par excellence, become money" [16] [8, p.67]. Современные виртуальные реалии показывают, что Bitcoin, например, успешно отражает стоимость онлайн-товаров, услуг и результатов интеллектуальной деятельности. Мы не можем утверждать, что определенный тип криптовалюты является универсальной мерой стоимости. С другой стороны, упоминание о золоте Карла Маркса важно, на наш взгляд. Образ Биткойна в виде золотой монеты с логотипом «B» широко распространен в СМИ. "The price or money-form of commodities is, like their form of value generally, a form quite distinct from their palpable bodily form; it is, therefore, a purely ideal or mental form" [17] [8, p.67]. Эта мысль

[12] *название, присвоенное товарам или статьям, которые люди разных стран универсально принимают либо добровольно, либо по принуждению, в качестве эквивалентов для своих услуг и за все, что им может потребоваться (перевод автора).*

[13] *Деньги – это кристалл, сформированный по необходимости в ходе обмена, при котором различные продукты труда практически приравниваются к другому и, таким образом, на практике конвертируются в товары (перевод автора).*

[14] *Тот факт, что деньги могут в определенных функциях заменяться на простые символы, породил другое ошибочное мнение, что они сами по себе являются простым символом (перевод автора).*

[15] *Тем не менее, под этой ошибкой скрывалось предчувствие того, что денежная форма объекта не является неотъемлемой частью этого объекта, а является просто формой, при которой проявляются определенные социальные отношения. В этом смысле каждый товар является символом, поскольку он является стоимостью, это только материальная оболочка человеческого труда, потраченная на него. Но если заявить, что социальные символы, принимаемые объектами, или материальные формы, принимаемые социальными качествами труда в режиме определенного способа производства, являются всего лишь символами, то так же* следует, что эти характеристики *произвольные фикции, санкционированные так называемым всеобщим согласием человечества (перевод автора).*

[16] *Первая главная функция денег состоит в том, чтобы снабжать товары материалом для выражения своих ценностей или представлять их стоимости, как величины одного и того же наименования, качественно равные и количественно сопоставимые. Таким образом, они служит универсальной мерой стоимости. И только в силу этой функции золото, эквивалентный товар par excellence, становится деньгами (перевод автора).*

[17] *Цена или денежная форма товаров, как и их форма ценности, как правило, представляют собой форму, совершенно отличную от их*

Карла Маркса полностью согласуется с правом криптовалюты на существование, поскольку любая денежная форма, выражающая ценность, является “ideal or mental form”. Соответственно, товарные деньги, обеспеченные деньги, фиатные деньги, кредитные деньги выражают ценность неким образом. Будет ли уместным установить еще одну форму денег - криптовалюту? Во всяком случае, очевидно, что криптовалюта выражает ценность так же, как “ideal or mental form”. “The currency of money is the constant and monotonous repetition of the same process. The commodity is always in the hands of the seller; the money, as a means of purchase, always in the hands of the buyer. And money serves as a means of purchase by realising the price of the commodity. This realisation transfers the commodity from the seller to the buyer and removes the money from the hands of the buyer into those of the seller, where it again goes through the same process with another commodity” [18] [8, p.78]. Эта точка зрения Карла Маркса не опровергает необходимость использования любой криптовалюты. “Again, money functions as a means of circulation only because in it the values of commodities have independent reality” [19] [8, p.78]. Обратим внимание на словосочетание “independent reality”. Какая категория обладает способностью конкурировать с киберпространством в смысле независимой реальности? Мы считаем, что этот тезис Карла Маркса поддерживает право криптовалюты на существование. Карл Маркс писал. “Money, on the contrary, as the medium of circulation, keeps continually within the sphere of circulation, and moves about in it” [20] [8, p.79]. С этой точки зрения криптовалюта не всегда находится в сфере обращения и не движется в ней. Этот тезис Карла Маркса не согласуется с идеей существования криптовалюты. Однако многое зависит от признания Центральным банком криптовалюты в качестве законного платежного средства (legal tender).

Alfred Marshall утверждал “…money is general purchasing power, and is sought as a means to all kinds of ends, high as well as low, spiritual as well as material” [21] [7, p.18]. Но можем ли мы утверждать, что любая криптовалюта имеет «общую покупательную способность», по крайней мере, на современном этапе? Нет.

Carl Menger задается вопросом: “Is money an organic member in the world of commodities, or is it an economic anomaly?” [22] [10, p.13]. Предположим, что деньги - «экономическая аномалия». Тогда криптовалюта приемлема. Carl Menger утверждал “The theory of money necessarily presupposes a theory of the saleableness of goods” [23] [10, p.21]. Неоспоримым является тот факт, что криптовалюта напрямую связана с продажей онлайн товаров.

Ludwig von Mises подчеркивал роль денег как средства обмена. “Money is nothing but a medium of exchange and it completely fulfills its function when the exchange of goods and services is carried on more easily with its help than would be possible by means of barter” [24] [12, p.12]. Любой тип криптовалюты – это инструмент обмена, но в виртуальной среде.

John Maynard Keynes высказал интересную мысль “… money enters into the economic scheme in an essential and peculiar manner, technical monetary detail falls into the background” [25] [6, p.5]. Любая криптовалюта работает на основе технологии blockchain. Кейнс оценил технический критерий как вторичный элемент экономической схемы.

“Milton Friedman asserts that changes in supply of money M (defined to include time deposits) are the principal cause of changes in money income Y. In his less guarded and more popular expositions, he comes close to asserting that they are the unique cause. In support of this position Friedman and his associates and followers have marshaled an imposing volume of evidence, of several kinds” [26] [19, p.301].

Это означает, что есть два важных критерия: предложение денег и денежные доходы. Уместно сказать, что структура денежной массы включает в себя следующие элементы:

ощутимой телесной формы; это, следовательно, чисто идеальная или ментальная форма (перевод автора).

[18] *Деньги – это постоянное и однообразное повторение одного и того же процесса. Товар всегда находится в руках продавца; деньги, как средство покупки, всегда находятся в руках покупателя. И деньги служат средством покупки, реализуя цену товара. Эта реализация передает товар от продавца покупателю и перемещает деньги из рук покупателя в руки продавца, где они снова проходит через тот же процесс с другим товаром (перевод автора).*

[19] *Опять же, деньги функционируют как средство обращения только потому, что в них ценности товаров имеют независимую реальность (перевод автора).*

[20] *Деньги, напротив, как средство обращения, постоянно находятся в сфере обращения и движутся в нем (перевод автора).*

[21] *Деньги – общая покупательная способность, и их ищут как средство для всех видов целей, как высоких, так и низких, духовных, а также материальных (перевод автора).*

[22] *Являются ли деньги органическим членом в мире товаров, или это экономическая аномалия (перевод автора).*

[23] *Теория денег обязательно предполагает теорию распродажи товаров (перевод автора).*

[24] Деньги – это не что иное, как средство обмена, и они полностью выполняют свою функцию, когда обмен товарами и услугами осуществляется с большей степени с их помощью, чем это возможно посредством бартера (перевод автора).

[25] ... деньги вступают в экономическую схему существенным и своеобразным образом, техническая денежная деталь отходит на задний план (перевод автора).

[26] Милтон Фридман утверждает, что изменения в предложении денег M (определяемые с учетом срочных вкладов) являются основной причиной изменений в денежных доходах Y. В менее рецензируемых и более популярных толкованиях он близок к утверждению, что они являются единственной причиной. В поддержку этой позиции Фридман и его коллеги и последователи объединили внушительный объем доказательств нескольких видов (перевод автора).

M_0 включает наличные деньги (банкноты и монеты в обращении);

M_1 включает M_0+ деньги на расчетных и текущих счетах в банках; дорожные чеки;

M_2 включает M_1+ срочные депозиты в банках;

M_3 включает M_2+ государственные ценные бумаги.

Может ли предприятие, функционирующее в форме публичного акционерного общества, использовать криптовалюту в качестве средства платежа (может ли предприятие оплачивать криптовалютой поставки товаров по ранее заключенному контракту)? Можно ли добиться макроэкономического баланса между фискальной политикой и денежно-кредитной политикой с использованием криптовалюты? Природа криптовалюты противоречит структуре денежной массы? Есть ли место для криптовалюты среди денежных агрегатов? Как будет выглядеть структура денежного предложения, если мы включим в нее криптовалюту? Все эти вопросы противоречат природе криптовалюты? Ответы на эти вопросы, в той или иной степени, даёт применение эконометрических моделей.

Основная часть. Первым этапом наших исследований явился этап построения статистической таблицы. Для проведения статистической выборки нами использовалась информация сайтов https://news.yandex.ru/quotes/60000.html?from=rubric [1], https://news.yandex.ru/quotes/10.html?from=rubric [2]. Мы определили параметры поиска необходимой информации 2015-2017. В MS Excel построили статистическую таблицу, которая, по нашему мнению, представляет собой рациональную, наглядную форму представления данных. Статистическая таблица использовалась нами для систематического изложения числовых результатов сводки и группировки статистической информации в виде ряда строк и столбцов. В результате мы получили два столбца. Каждый столбец включал тридцать шесть ячеек. Мы определили курс Биткоина (покупка) как факторный признак (X), предиктор. Мы предположили, что курс Биткоина влиял на цену золота неким образом. Соответственно, мы рассматривали значения цены золота (Comex. GC, покупка) в качестве результативного признака (Y), переменной отклика.

Известно, что в MS Excel коэффициент корреляции используется для определения взаимосвязи между двумя случайными величинами. Коэффициент корреляции характеризует степень тесноты линейной зависимости между случайными величинами. Мы применили функцию КОРРЕЛ и получили цифру 0,330632799. Мы проверили это значение, активируя опцию «Анализ данных», функция «Корреляция». Кроме того, мы может использовать формулу $r_{xy} = \sqrt{R^2}$. Результат 0,330632799. Наблюдается слабая корреляционная связь, потому что $|r_{xy}| = 0{,}3$ - 0,5. Однако связь есть между X и Y. Есть основания утверждать, что курс Биткоина (покупка) и цена золота (Comex. GC, покупка) являются коррелированными величинами, потому что $r_{xy} \neq 0$ (коэффициент корреляции отличен от нуля). Кроме того, поскольку $r_{xy} > 0$, то с увеличением значения X возрастает и значение Y. Соответственно, незначительная прямая корреляционная зависимость существует.

Точечная диаграмма была одним из промежуточных результатов наших исследований, потому что точечная диаграмма применялась нами для размещения точек данных на горизонтальной и вертикальной оси с целью показать степень влияния одной переменной на другую. В нашем случае мы пытались исследовать степень влияния факторного признака (X) на результативный признак (Y). С помощью мастера диаграмм MS Excel мы получили линейную модель (рис. 2).

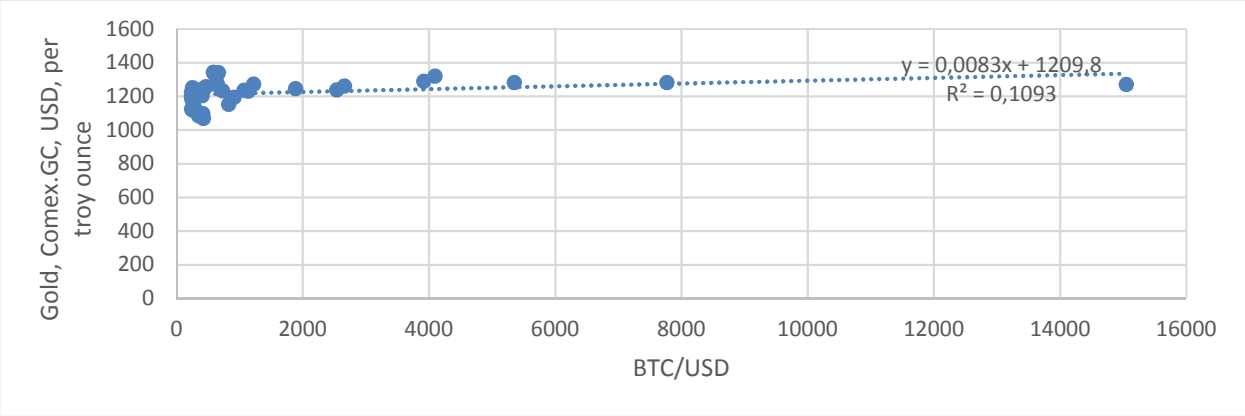


Рис. 2. Модель курса Биткоина (покупка) к цене золота (Comex. GC, покупка) за период 2015–2017

Функциональные возможности MS Excel позволили нам разместить на графике линию тренда, уравнение парной линейной регрессии и значение коэффициента детерминации. Рассматривая уравнение парной линейной регрессии $y = 0{,}0083x + 1209{,}8$ мы констатируем факт, что значение 0,0083 есть градиент оценённой линии (угловой коэффициент). Данный показатель представляет собой величину, на которую *y* увеличивается в среднем, если мы увеличиваем *x* на одну единицу. Другим фактом является то, что в полученной нами линейной модели цифра 1209,8 представляет собой свободный член, т.е. значение *y*, когда x=0. Значения 0,0083 и 1209,8 есть коэффициенты регрессии оценённой линии.

Мы думаем, что, принимая во внимание цель исследования, значение коэффициента детерминации R^2 является ключевым для оценки качества подбора уравнения регрессии. Общеизвестным является то, что значение коэффициента детерминации R^2= 1 означает функциональную зависимость между переменными. Исследователи трактуют модели с коэффициентом детерминации $R^2 > 80\%$ как достаточно хорошие модели. Для приемлемых моделей предполагается, что коэффициент детерминации R^2 должен быть не меньше 50%. Однако в нашем случае R^2 равен 0,109318. Мы поставили под сомнение эту цифру. Мы активировали пакет анализа MS Excel и включили функцию «Анализ данных». Затем мы применили функцию MS Excel «Регрессия». Полученные данные подтвердили значение коэффициента детерминации $R^2 = 0{,}109318$. Другим способом поиска значения коэффициента детерминации R^2 является активация функции КВПИРСОН. Значение коэффициента детерминации $R^2 = 0{,}109318$. Чем ближе значение коэффициента детерминации R^2 к 0, тем достоверность эконометрической модели ниже.

Выводы. Вывод 1. Джон Пирпонт Морган сказал: «Золото – это деньги и ничего более. Все остальное – кредит». Современная эпоха – это эпоха кредитных денег. Процентная ставка по кредиту лежит в основе кредитных отношений. Процентная ставка по кредиту, кредит (банковская ссуда) могут существовать только в системе координат, в которой время – это процесс смены дат. Допуская правоту этой точки зрения, мы рассматриваем категорию «время» только в качестве длительности. Поэтому возникло выражение «Время – деньги». Примем во внимание мнения древних философов относительно понятие «время».

Платон писал: “But he took thought to make, as it were, a moving likeness of eternity; and, at the same time that he ordered the Heaven, he made, of eternity that abides in unity, an everlasting likeness moving according to number – that to which we have given the name Time (37D.). For there were no days and nights, months and years, before the Heaven came into being; but he planned that they should now come to be at the same time that the Heaven was framed. All these are parts of Time, and ‘was’ and ‘shall be’ are forms of time that have come to be; we are wrong to transfer them unthinkingly to eternal being. (37E.). We say that it was and is and shall be; but ‘is’ alone really belongs to it and describes it truly; ‘was’ and ‘shall be’ are properly used of becoming which is proceeds in time, for they are motions. But that which is for ever in the same state immovably cannot be becoming older or younger by lapse of time, nor can it ever become so; neither can it now have been, nor will it be in the future; and in general nothing belongs to it of all that Becoming attaches to the moving things of sense; but these have come into being as forms of time, which images eternity and revolves according to number. And besides we make statements like these: (38) that what is past is past, what happens now is happening now, and again that what will happen is what will happen, and that the non-existent is non-existent: no one of these expressions is exact. But this, perhaps, may not be the right moment for a precise discussion of these matter (38B.)” [27] [5, p.98]. По имеющимся оценкам, Платон включал в понятие времени такие компоненты как время (χρόνος), всегда (πάντα) и вечность (αἰών). Очевиден факт того, что Платон включал три элемента в категорию «время».

Аристотель рассуждал об определении времени. “219b1. … we discern the greater and the less by number, and greater and less change by

[27] Но он задумался, чтобы как бы сдвинуть подобие вечности; и в то же время он приказал Небесам, он создал вечность, которая пребывая в единстве, олицетворяет вечное подобие, движимое числом – то, чему мы дали имя Время (37D.). Потому что не было дней и ночей, месяцев и лет, прежде чем возникли Небеса; но он планировал, что теперь они должны появиться одновременно с тем, чем небо было обрамлено. Все это части Времени, а «было» и «должно быть» – это формы времени, которые явились; нам сложно передать их безумство вечного бытия. (37E.). Мы говорим, что это было, есть и должно быть; но единственный элемент «есть» действительно принадлежит этому и описывает его по-настоящему; «Было» и «должно быть» правильно используются для того, чтобы стать процессом во времени, поскольку они являются составляющими движения.
Но то, что всегда в одном состоянии неподвижно, не может становиться старше или моложе с истечением времени, и никогда не может стать таким; и теперь оно не может быть и не будет в будущем; и вообще ничто не принадлежит ему всецело, Становление неразрывно связано с движущимися вещами смысла; но они возникли как формы времени, которые символизируют вечность вращающуюся в соответствии с числом. И кроме того, мы делаем такие формулировки: (38) что было в прошлом есть прошлое, то, что происходит сейчас – происходит сейчас, и вновь то, что произойдет – произойдет, и что не существует – не существует: ни одно из этих выражений не является точным. Но это, возможно, не может быть подходящим моментом для точного обсуждения этого вопроса (38B.)

time; hence time is a kind of number. But number is [so called] in two ways: we call number both (a) that which is counted and countable, and (b) that by which we count. Time is that which is counted and not that by which we count. (That by which we count is different from that which is counted.).” [28] [4, p.44]. Аристотель включал в категорию «время» несколько элементов.

Известно, что Аристотель был учеником Платона. Принципиально важным для нас является тот факт, что Платон и Аристотель рассматривали категорию «время» в качестве комплексной сущности.

Существуют другие свидетельства того, что в Древней Греции время трактовалось не только как хронология событий (χρόνος). В категорию «время» включались ещё два элемента: цикличность событий (κύκλου) и амплитуда (εύρος). Таким образом, категория «время» трактовалась не только как хронология событий (длительность), но и как цикл. Допуская подобные логические суждения, нам следует рассматривать систему координат «время-пространство». Подобная точка зрения соответствует мнению Анри Пуанкаре и Альберта Эйнштейна относительно категории «время». С одной стороны, курс криптовалюты существует во времени т.е. мы имеем возможность зафиксировать котировку BTC/USD (рис.1). Но, с другой стороны, для любой транзакции в криптовалюте расстояние не имеет значения. Понятие пространства отсутствует. Мы объясняем это обстоятельство тем, что природа криптовалюты основывается на технологии Blockchain. Именно для технологии Blockchain не существует пространства.

Вывод 2. Satoshi Nakamoto, являясь создателем Биткоина, в своей, ранее упомянутой нами, научной статье повествовал: «Мы предложили систему электронных транзакций, не полагаясь на доверие» [14, p.8]. Это весьма оригинальный подход к сущности монетарных отношений. Каким образом российское акционерное общество может инвестировать свои свободные денежные средства в Биткоин, если нет доверия? Кроме того, приведенная Satoshi Nakamoto схема “Longest Proof-of-Work Chain” в научной статье “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” детерминирует следующие вопросы: «Кто эти люди, которые отвечают за работу звеньев Proof-of-Work Chain? Каков статус этих администраторов?». Дело в том, что любой менеджер, служащий, чиновник, клерк обязан эффективно выполнять свои функциональные обязанности. Это обстоятельство лежит в основе контракта (договора). Однако ситуация выглядит таким образом, что технология Blockchain реализуется де-юре и де-факто волонтерами. Это обычные энтузиасты, которые реализуют майнинг той или иной криптовалюты.

Вывод 3. Примененная эконометрическая модель (рис.2) позволяет утверждать – между курсом Биткоина (покупка) и ценой золота (Comex. GC, покупка) зависимость очень слабая. По нашему мнению, многочисленные изображения Биткоина в виде золотых монет являются некорректными.

Криптовалюта – это форма денежных отношений. Форма может быть разной: Bitcoin, Bitcoin Cash, Ethereum, Ripple, Dash, NEO, петро. Технология Blockchain – это содержание, сущность. Но технология не может заменить деньги.

[28] мы различаем больше и меньше по числу, и все больше и меньше меняемся по времени; следовательно, время является своего рода числом. Но [так называемое] число есть в двух отношениях: мы называем числом (a) то, что подсчитано и исчисляемо, и (b), с помощью которого мы считаем. Время – это то, что подсчитано, а не то, что мы считаем. (То, что мы считаем отлично от того, что считается.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Динамика курса Bitcoin к доллару США (BTC/USD) [Электронный ресурс]. URL: https://news.yandex.ru/quotes/60000.html?from=rubric. (дата обращения: 18.12.2017).

2. Динамика цен на золото (Comex.GC, USD за тройскую унцию) [Электронный ресурс]. URL: https://news.yandex.ru/quotes/10.html?from=rubric. (дата обращения: 18.12.2017).

3. Федеральный закон «Об акционерных обществах» N 208-ФЗ от 26.12.1995 (ред. от 31.12.2017) [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8743/92c94307383cdcea992dda4580f7ec4df5d48f0d/ (дата обращения: 23.02.2018).

4. Aristotle. (Oxford University Press,1983 [350 B.C.E]). Aristotle's Physics, books III and IV. (Clarendon Aristotle series) Translation of: Physics. Bibliography: p. - Includes index. 1. Science, Ancient. 2. Physics-Early works to 1800. I. Hussey, Edward. II. Title. III. Series. Q151.A7913. Retrieved 15.02.2018 from the World Wide Web: https://spestory.files.wordpress.com/2013/03/hussey-edward-aristotles-physics-books-iii-and-iv.pdf.

5. Cornford, Francis Macdonald. (Indianapolis: Hackett Publishing Company, Inc., 1997 [1935]). Plato’s Cosmology: the Timaeus of Plato, Translated with a Running Commentary. Retrieved 10.02.2018 from the World Wide Web: https://juanfermejia.files.wordpress.com/2012/02/platos-cosmology.pdf.

6. Keynes J.M. (Adelaide: The University of Adelaide, 2003 [1936]). The General Theory of Employment, Interest, and Money. Retrieved 14.01.2018 from the World Wide Web:

http://cas2.umkc.edu/economics/people/facultypages/kregel/courses/econ645/winter2011/generaltheory.pdf.

7. Marshall A. (Indianapolis: LIBERTY FUND, INC., 1920 [1890]). Principles of Economics (8th ed. (oll@libertyfund.org.). Edition Used: London: Macmillan and Co. 8th ed. p. 626. Retrieved 13.01.2018 from the World Wide Web: https://campus.fsu.edu/bbcswebdav/users/jcalhoun/Courses/History_of_Economic_Ideas/Readings/Marshall-Principles_of_Economics.pdf.

8. Marx K. (Moscow: Progress Publishers, 1887 [1999]). Capital. A Critique of Political Economy. Volume I. Bk. I. The Process of Production of Capital. Retrieved 09.01.2018 from the World Wide Web: https://www.marxists.org/archive/marx/works/download/pdf/Capital-Volume-I.pdf.

9. McCulloch J.R. (Edinburgh: Adam and Charles Black, 1858). A Treatise on Metallic and Paper Money and Banks. Written for the Encyclopaedia Britannica. Retrieved 14.01.2018 from the World Wide Web: http://oll.libertyfund.org/titles/mcculloch-a-treatise-on-metallic-and-paper-money-and-banks-1858.

10.Menger C. (Auburn: Ludwig von Mises institute, 2009 [1892]). On the Origin of Money. Published under the Creative Commons Attribution. Retrieved 12.01.2018 from the World Wide Web: https://mises.org/library/origins-money-0.

11.Mill J. (London: Longmans, Green and Co.,1848 [1909]). Principles of Political Economy. (7th edition). Bk. III, Ch. VII. Retrieved 14.01.2018 from the World Wide Web: http://www.econlib.org/library/Mill/mlP36.html#Bk.III,Ch.VII.

12.Mises L. (Indianapolis: Liberty Fund, 1912 [1981]). The Theory of Money and Credit. Trans. H.E. Batson. Retrieved 14.01.2018 from the World Wide Web: http://oll.libertyfund.org/titles/mises-the-theory-of-money-and-credit.

13.Mun Th. (London: J.G. for Thomas Clark,1664). Englands Treasure by Forraign Trade or The Ballance of our Forraign Trade is The Rule of our Treasure. Retrieved 12.01.2018 from the World Wide Web: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjwxOHEuc_YAhU-JkCwKHWX_DxcQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fla.utexas.edu%2Fusers%2Fhcleaver%2F368%2F368MunTreasuretable.pdf&usg=AOvVaw1kljtUtmm3KGB00QXvhiAY.

14.Nakamoto S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Retrieved 11.02.2018 from the World Wide Web: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf.

15.Say J.B. (Philadelphia: Lippincott, Grambo & Co., 1855 [1803]). A Treatise on Political Economy. (6th edition). Bk. I, Ch. XV. Retrieved 12.01.2018 from the World Wide Web: http://www.econlib.org/library/Say/sayT15.html#I.XV.7.

16.Smith A. (Amsterdam, Lausanne, Melbourne, Milan, New York, São Paulo: MεταLibri, 2007 [1776]). An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Books I,II,III,IV and V. Retrieved 06.01.2018 from the World Wide Web: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjbo8DcksPYAh-WKCpoKHUhkBPIQFggnMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.ibiblio.org%2Fml%2Flibri%2Fs%2FSmithA_WealthNations_p.pdf&usg=AOvVaw3Y8bd9XdADVgMJpmuDK6M2.

17.Stanley Jevons W. (New York: D. Appleton and Co. 1876). Money and the Mechanism of Exchange. Retrieved 14.01.2018. from the World Wide Web: http://oll.libertyfund.org/titles/jevons-money-and-the-mechanism-of-exchange.

18.Tobin,J. (1965). The Monetary Interpretation of History. The American Economic Review, 55(3), 464-485. Retrieved 06.01.2018 from the World Wide Web: http://www.jstor.org/stable/1814559.

19.Tobin J. (1970). Money and Income: Post Hoc Ergo Propter Hoc? The Quarterly Journal of Economics, 84(2), 301–317. Retrieved 16.01.2018 from the World Wide Web: http://www.jstor.org/stable/1883016.

Информация об авторах

Погорелый Марк Юрьевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика и информационные технологии».

E-mail: pogorelii@bsu.edu.ru.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет НИУ БелГУ.

308015, Белгородская область, г. Белгород, ул. Победы, 85.

Поступила в марте 2018 г.

© Погорелый М.Ю., 2018

M.U. Pogorelyy

APPLICATION OF THE ECONOMETRIC MODEL TO THE RESEARCH OF THEORETICAL BASES OF THE NATURE OF THE CRYPO CURRENCY TAKING INTO AN ACCOUNT THE ECONOMIC INTERESTS OF THE RUSSIAN ENTERPRISE

We are witnessing a new phenomenon called crypto currency at the present time. At the current moment, different opinions of well-known financiers, authoritative economists, heads of large enterprises and politicians are known. The spread of opinions on the expediency of the existence and application of crypto currency is very extensive. Information agencies, specialized portals and websites on the Internet publish amazing quotes of various types of crypto currency to the US dollar. Various exchanges and trading platforms appear, they function to perform transactions with crypto currencies. The impression is that the fundamental theoretical postulates in the sphere of the theory of money circulation and credit are subject to serious revision. The author has collected, systematized and briefly described the background of the Bitcoin, Bitcoin Cash, Bitcoin Gold, Ethereum, Ripple, Dash, Darkcoin, XCoin, NEO, Petro, Petro gold, PRIZM. The author makes an assessment of the nature of the crypto-currency from the standpoint of the views of famous scientists whose names have forever entered the history of the development of classical economic thought. The author, in a number of episodes of this article and the formulations of the judgments formed, goes beyond the stated goal and corresponding tasks of writing this article in an effort to uncover the epistemological roots of crypto currency, as phenomena in the life of modern society. Starting point in the study of the issue the author chooses some judgments of practitioners and fundamental works of famous scientists Aristotle, Cornford, Francis Macdonald, Keynes, J. M., Marshall, A., Marx, K., McCulloch, J. R., Menger, C., Mill, J., Mises, L., Mun, Th., Nakamoto, S., Plato, Say, J.B., Smith, A., Stanley Jevons, W., Tobin, J. There is an attempt to combine theory and practice with a projection on the crypto currency. In this article, in addition to numerous citations, an econometric model has been used. For the construction of which the necessary statistical information obtained from legal information sources that are publicly available was collected and systematized. The research period starts at 2015 up to 2017. The author, expounding the nature of the crypto currency, takes into account the main economic interest of the Russian enterprise. Although the issue of legalization of the crypto currency is in the development stage, it seems to us expedient to carry out research in this direction.

Keywords: *money, gold, crypto currency, mining, technology Blockchain.*

REFERENCES

1. Dinamika kursa Bitcoin k dollaru SShA (BTC/USD) [Jelektronnyj resurs]. URL: https://news.yandex.ru/quotes/60000.html?from=rubric. (data obrashhenija: 18.12.2017).

2. Dinamika cen na zoloto (Comex.GC, USD za trojskuju unciju) [Jelektronnyj resurs]. URL: https://news.yandex.ru/quotes/10.html?from=rubric. (data obrashhenija: 18.12.2017).

3. Federal'nyj zakon «Ob akcionernyh obshhestvah» N 208-ФЗ от 26.12.1995 (red. ot 31.12.2017) [Jelektronnyj resurs]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8743/92c94307383cdcea992dda4580f7ec4df5d48f0d/ (дата обращения: 23.02.2018).

4. Aristotle. (Oxford University Press,1983 [350 B.C.E]). Aristotle's Physics, books III and IV. (Clarendon Aristotle series) Translation of: Physics. Bibliography: p. - Includes index. 1. Science, Ancient. 2. Physics-Early works to 1800. I. Hussey, Edward. II. Title. III. Series. Q151.A7913. Retrieved 15.02.2018 from the World Wide Web: https://spestory.files.wordpress.com/2013/03/hussey-edward-aristotles-physics-books-iii-and-iv.pdf.

5. Cornford, Francis Macdonald. (Indianapolis: Hackett Publishing Company, Inc., 1997 [1935]). Plato's Cosmology: the Timaeus of Plato, Translated with a Running Commentary. Retrieved 10.02.2018 from the World Wide Web: https://juanfermejia.files.wordpress.com/2012/02/platos-cosmology.pdf.

6. Keynes J.M. (Adelaide: The University of Adelaide, 2003 [1936]). The General Theory of Employment, Interest, and Money. Retrieved 14.01.2018 from the World Wide Web: http://cas2.umkc.edu/economics/people/facultypages/kregel/courses/econ645/winter2011/generaltheory.pdf.

7. Marshall A. (Indianapolis: LIBERTY FUND, INC., 1920 [1890]). Principles of Economics (8th ed. (oll@libertyfund.org.). Edition Used: London: Macmillan and Co. 8th ed. p. 626. Retrieved 13.01.2018 from the World Wide Web: https://campus.fsu.edu/bbcswebdav/users/jcalhoun/Courses/History_of_Economic_Ideas/Readings/Marshall-Principles_of_Economics.pdf.

8. Marx K. (Moscow: Progress Publishers, 1887 [1999]). Capital. A Critique of Political Economy. Volume I. Bk. I. The Process of Production of Capital. Retrieved 09.01.2018 from the World Wide Web: https://www.marxists.org/archive/marx/works/download/pdf/Capital-Volume-I.pdf.

9. McCulloch J.R. (Edinburgh: Adam and Charles Black, 1858). A Treatise on Metallic and Paper Money and Banks. Written for the Encyclopaedia Britannica. Retrieved 14.01.2018 from the World Wide Web: http://oll.libertyfund.org/titles/mcculloch-a-treatise-on-metallic-and-paper-money-and-banks-1858.

10.Menger C. (Auburn: Ludwig von Mises institute, 2009 [1892]). On the Origin of Money. Published under the Creative Commons Attribution. Retrieved 12.01.2018 from the World Wide Web: https://mises.org/library/origins-money-0.

11.Mill J. (London: Longmans, Green and Co.,1848 [1909]). Principles of Political Economy. (7th edition). Bk. III, Ch. VII. Retrieved 14.01.2018 from the World Wide Web: http://www.econlib.org/library/Mill/mlP36.html#Bk.III,Ch.VII.

12.Mises L. (Indianapolis: Liberty Fund, 1912 [1981]). The Theory of Money and Credit. Trans. H.E. Batson. Retrieved 14.01.2018 from the World Wide Web: http://oll.libertyfund.org/titles/mises-the-theory-of-money-and-credit.

13.Mun Th. (London: J.G. for Thomas Clark,1664). Englands Treasure by Forraign Trade or The Ballance of our Forraign Trade is The Rule of our Treasure. Retrieved 12.01.2018 from the World Wide Web: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjwxOHEuc_YAhU-JkCwKHWX_DxcQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fla.utexas.edu%2Fusers%2Fhcleaver%2F368%2F368MunTreasuretable.pdf&usg=AOvVaw1kljtUtmm3KGB00QXvhiAY.

14.Nakamoto S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Retrieved 11.02.2018 from the World Wide Web: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf.

15.Say J.B. (Philadelphia: Lippincott, Grambo & Co., 1855 [1803]). A Treatise on Political Economy. (6th edition). Bk. I, Ch. XV. Retrieved 12.01.2018 from the World Wide Web: http://www.econlib.org/library/Say/sayT15.html#I.XV.7.

16.Smith A. (Amsterdam, Lausanne, Melbourne, Milan, New York, São Paulo: MετaLibri, 2007 [1776]). An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Books I,II,III,IV and V. Retrieved 06.01.2018 from the World Wide Web: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjbo8DcksPYAh-WKCpoKHUhkBPIQFggnMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.ibiblio.org%2Fml%2Flibri%2Fs%2FSmithA_WealthNations_p.pdf&usg=AOvVaw3Y8bd9XdADVgMJpmuDK6M2.

17.Stanley Jevons W. (New York: D. Appleton and Co. 1876). Money and the Mechanism of Exchange. Retrieved 14.01.2018. from the World Wide Web: http://oll.libertyfund.org/titles/jevons-money-and-the-mechanism-of-exchange.

18.Tobin J. (1965). The Monetary Interpretation of History. The American Economic Review, 55(3), 464-485. Retrieved 06.01.2018 from the World Wide Web: http://www.jstor.org/stable/1814559.

19.Tobin J. (1970). Money and Income: Post Hoc Ergo Propter Hoc? The Quarterly Journal of Economics, 84(2), 301–317. Retrieved 16.01.2018 from the World Wide Web: http://www.jstor.org/stable/1883016.

Information about the author
Mark U. Pogorelyy, PhD, Assistant professor.
E-mail: pogorelii@bsu.edu.ru
Belgorod National Research University.
Russia, 308015, Belgorod, Pobedy st., 85

Received in March 2018

DOI:10.12737/article_5b115a7172a667.54111563

Супрун Ю.С., магистрант
Белгородский государственный национальный исследовательский университет

ПОРЯДОК УЧЕТА ОПЕРАЦИЙ С ПОИСКОВЫМИ АКТИВАМИ

Julia.IceQueen.07.01.94@mail.ru

С принятием нового Положения по бухгалтерскому учету (ПБУ) 24/2011 «Учет затрат на освоение природных ресурсов» в практическую деятельность бухгалтерского учета были приняты инновационные дефиниции, что повлекло за собой потребность в дополнении учетной политики для предприятий – пользователей недр. В приведенной статье будут рассмотрены и охарактеризованы особенности бухгалтерского учета поисковых активов на основе актуальных нормативных документов. Рассмотрен отечественный и зарубежный опыт по ведению учета поисковых активов. Проанализированы мнения выдающихся специалистов в области бухгалтерского учета в отношении особенностей ведения учета по материальным поисковым активам и нематериальным поисковым активам, а также их способов отражения в бухгалтерском балансе. Предложены способы отражения амортизации вышеуказанных активов, а также их обесценения.

Ключевые слова: *поисковые активы, поисковые затраты, амортизация поисковых активов, себестоимость актива.*

Добывающая отрасль, на сегодняшний день, является одной из самых востребованных отраслей в Российской Федерации. Данный вид отрасли вносит в себя ряд предприятий и организаций, занимающиеся постоянным поиском и разработкой природных месторождений. Поэтому деятельность таких предприятий нашла отражение в бухгалтерском учете. Отдельно взятые аспекты бухгалтерского учета таких организаций в данной отрасли, во многом зависит от особенностей технологической деятельности в процессе поиска, разведки, оценки и добычи полезных ископаемых. Но ведение бухгалтерского учета в приведенной отрасли, относительно организаций, ведущих разработку природных ископаемых, до 2012 года регламентировались только общепринятыми для всех отраслей актами, а особенности отражались только в подзаконных актах. Однако, в процессе совершенствования бухгалтерского учета в отношении международных стандартов, с 2012 года, был введен особый стандарт Положение по бухгалтерскому учету (ПБУ) 24/2011 об «Учете затрат на освоение природных ресурсов», что, очевидно, вызвало вопросы в новых понятиях, их формах, спецификациях учета, установленных в ПБУ.

Таким образом, необходимо сформировать единые методологические подходы к применению данного ПБУ, найти решения, связанные со спорными аспектами в операциях, связанных с ведением деятельности хозяйствующих субъектов относительно недр, в рамках Плана счетов. Перечисленные аспекты указывают на актуальность данной работы и устанавливают ее цель, как теоретическое обоснование ведения отчетности в рамках ПБУ24/01, на современных предприятиях, ведущих поиск, разработку и добычу природных ископаемых.

Вышеуказанный бухгалтерский акт применяется в организациях, осуществляющих комплекс действий по разработке, добыче и оценке природных ископаемых на отдельно взятой области недр. Для ведения данной деятельности, хозяйствующий субъект должен получить лицензию.

Основным предметом в бухгалтерском учете относительно ПБУ 24/2011, являются поисковые затраты. Под поисковыми затратами принято понимать расходы на геологоразведку, а именно: оценку, поиск, разведку полезных ископаемых. При ведении учетной политики предприятия, необходимо устанавливать способ или метод распределения поисковых затрат расцениваемых, как внеоборотные поисковые активы, и затратами на обычную деятельность [2].

Необходимость по разделению затрат была перенята из международных актов ведения учета в рамках деятельности по освоению природных недр, а именно из стандарта IFRS 6 «Разведка и оценка запасов минеральных ресурсов», а также FAS 19 «Учет и отчетность нефтегазодобывающих компаний».

Исходя из международного опыта, перераспределение поисковых затрат на капитализированные, образующие стоимостное выражение внеоборотного актива, а также расходов текущего периода формируется путем применения способов учета. Способы учета представляют собой перечень методов: метод успешных усилий, метод участков, приносящих прибыль, метод учета полных затрат и метод ассигнований.

Метод учета полных затрат представляет собой капитализацию совокупности издержек,

затрачиваемых в процессе геологоразведки в независимости от результатов.

Метод успешных усилий представляет собой капитализацию, исключительно, успешной поисково-разведывательной деятельности, вернее издержек на благополучный результат функционирования данной деятельности.

Использование метода участков, приносящих доход, построено на точном распределении издержек относительно отдельно взятых участков, на которых проводили геологоразведочную деятельность. Исходя из этого, капитализация распространяется исключительно на издержки участков, которые обоснованы для разработки, и они имеют необходимые полезные ископаемые.

Метод ассигнований является тождественным с методом благополучных усилий, отличие состоит в том, что амортизация сформированного поискового актива не начисляется.

В процессе анализа ПБУ 24/2011 было установлено, что приведенный акт имеет схожий характер с методом благополучных усилий и методом ассигнований, но разница все же есть, и заключается в том, что хозяйствующим субъектам ведущих разработку на территории России, необходимо самим сформировать перечень поисковых затрат, которые формируют цену поисковых активов.

Как в Российском, так и в мировых стандартах, поисковые активы разделяются на материальные и нематериальные. Материальные активы, например, могут включать в себя буровые машины, насосные станции, системы доставки ископаемых из недр и т.д. К нематериальным активам можно отнести права на ведение геологодобывающей деятельности, заключения по разведке и проведению геологических исследований, акты, включающие результаты по бурению и исследованию найденных пород, а также коммерческие акты.

В бухгалтерии, предметом учета основных средств на основании ПБУ 6/01 и нематериальных активов соответствующим ПБУ 14/07 выступает инвентарная единица. Российские хозяйствующие субъекты, ведущие геологоразведочную деятельность, должны отражать в учете инвентарные единицы материальных и нематериальных поисковых активов, относительно актов в бухгалтерском учете, которые упомянуты выше [8].

Некоторые из специалистов, в частности М.Ю. Медведев, не разделяет мнения, что нематериальные поисковые активы необходимо обособить. Автор считает, что изменения в отношении бухгалтерского учета, принятые 29 июля 2013 года, установившие норму о признании затрат, понесенных предприятием в отчетном периоде, однако, данные затраты относятся к последующим отчетным периодам в составе активов, которые учитываются по функционирующим правилам бухгалтерского учета, апеллируют относительно экономических понятий сформированных трат, которые, в конечном итоге, могут оказаться экономически не целесообразными. Но в финансовом учете, установленным федеральными нормами, необходимо уделять внимание на действующие редакции нормативно-правовых актов, в которых указана вся правовая база для признания данных объектов учета [5].

В формирование оценки поисковых активов отечественного ПБУ 24/2011 и международного IFRS 6 была включена по себестоимости. Комплекс издержек, внесенных в себестоимость поискового актива, указан в таблице 1.

В основе комплекса издержек, по отношению Российских стандартов, лежит классификация по видам, а в основе издержек по международным актам, в основе лежит классификация по видам осуществляемых работ. Образование фактической себестоимости поискового актива в отношении ПБУ 24/11 основывается на общих подходах, которые используются в ПБУ 6/01, ПБУ 14/07 и т.д., но различия состоят во включении в себестоимость обязательств по охране окружающей среды и рекультивации земельных участков. Данный акт соответствует пункту 11 IFRS 6.

В ПБУ 24/11 указаны только несколько норм в отношении поисковых активов, из этого акцентируем внимание на их анализе. Согласно пункту 9 ПБУ 24/2011 предусмотрено, что «материальные и нематериальные поисковые активы учитываются на отдельных субсчетах к счету учета вложений во внеоборотные активы». При этом хозяйствующим субъектам логично ввести в рабочий план счетов три субсчета к счету 08 «Вложения во внеоборотные активы»:

– 08.9 «Осуществление поисковых затрат»;

– 08.10 «Материальные поисковые активы»;

– 08.11 «Нематериальные поисковые активы» [5].

Поисковые издержки формируются в следующем виде:

Дебет 08.9 – Кредит 10, 70, 69, 76 и т.д.

Включение в себестоимость поисковых активов оценочных обязательств происходит таким образом:

Дебет 08.9 – Кредит 96 «Резервы предстоящих расходов».

При заключении процесса формирования поискового актива, когда предприятие получило инвентарный объект, вносится запись:

Дебет 08.10, 08.11 – Кредит 08.9 на величину фактических издержек, основанных на формировании актива.

Таблица 1

Затраты, вносимые в себестоимость поискового актива

ПБУ 24/2011	IFRS 6
– Средства, отчисляемые по договору поставщикам; – Средства, отчисляемые предприятиям за оказание услуг по договору строительного подряда, а так же других договоров; – Плата посредническим организациям, с помощью которых покупается поисковые активы; – Платежи, отчисляемые консалтинговым фирмам; – Таможенные пошлины и сборы; – Госпошлины и патентные пошлины; – Амортизационные отчисления внеоборотных акти-вов, использованных при включении поискового актива; – Заработная плата рабочим, занятых формированием поискового актива; – Затраты на отчисления в фонды охраны окружающей среды, ликвидации зданий, сооружений, оборудования, выполняемые в ходе геологической деятельности, рекультивации земельных участков, разведки и оценки природных ископаемых, при формировании и становлении поисковых активов; – Другие затраты, имеющие отношение с покупкой, созданием поисковых активов [4].	– Отчисления на покупку на проведение разведочных работ; – Затраты на геологическую деятельность; – Отчисления на поисковое бурение; – Затраты на пробу и исследование образцов; – Затраты, относящиеся на оценку экономической целесообразности добычи природных ископаемых[6].

Отдельно стоит акцентировать внимание на последующей оценке поисковых активов, так как этот аспект является весьма спорным. Исходя из пункта 12 IFRS 6 предприятие устанавливает модель учета по фактическим затратам или же по переоцененной стоимости. Так же устанавливается связь с IAS 16 и IAS 38. Исходя из актов отечественного учета, в то время, когда актив формируется, его оценка происходит по фактическим затратам, а именно с месяца, следующего за месяцем принятия к учету, по материальным поисковым активам происходит начисление амортизации по ПБУ 6/01, а в отношении нематериальных поисковых активов на основании ПБУ 14/2007.

В ПБУ существует четыре способа начисления амортизации, наиболее признанным является линейный метод, включающий срок полезного использования. Сроки полезного использования формируются из ПБУ 6/01 и 14/2007, но существует важный аспект: актив признается поисковым еще до принятия решения об экономической целесообразности всей геологоразведывательной деятельности. Предприятие имеет право устанавливать такой срок согласно сроку лицензии, на добычу природных ископаемых. Так же в ПБУ 24/2011 в пункте 18 делается акцент, что издержки на получение лицензии, которая дает право на разведку и оценку недр, а также добыче ископаемых, амортизации не подлежат.

Далее следует отдельно рассмотреть вопрос о начислении амортизации поисковых активов. Это можно обосновать тем, что вопрос о начислении амортизации относительно данного вида актива в финансовом учете еще не решен. Некоторые из специалистов в области учета, а именно Е.Ю. Диркова и И.В. Овчинникова считают, что начисленную амортизацию необходимо формировать на отдельных субсчетах к счетам 02 и 05 и отнести это к дебету счета 99. Но такой взгляд, со стороны указанных авторов, является не совсем верным. В процессе поиска, разработки земельных недр в целях получения полезных ископаемых может привести к двум результатам: успешному, когда ископаемые найдены и дальнейшее ведение деятельности является целесообразным, и когда, получен отрицательный результат, и, следовательно, процесс будет считаться экономически не выгодным, в то время, как предприятие для получения результата занимается созданием поисковых активов. Это может быть дорога к месту добычи, установка скважин и т.д. Поэтому, амортизация на объект, который используются в данный момент в целях формирования нового актива, считается частью фактических затрат и в учете имеет вид:

Дебет 08.9 «Осуществление поисковых затрат» – Кредит 02 «Амортизация основных средств», 05 «Амортизация нематериальных активов».

Вышеуказанное суждение отражено актом в ПБУ 24/2011, пункт 17.

Стоит отметить, что планом счетов учета, применение счета 02 и 05 в целях начисления амортизации поисковых активов не предполагается. Следовательно, по моему мнению, необходимо обратить внимание на способ начисления амортизации в исключении применения счетов 02 и 05, а использовать кредитование счетов 08.10 и 08.11. В данном случае, поисковые активы учитываются по остаточной стоимости.

В виду отсутствия нормативных актов, обеспечивающих порядок отражения амортизации поисковых активов в учете, организациям следует использовать вышеуказанное предложение в учетной политике.

В ПБУ 24/2011 пункт 19 указано, что предприятию необходимо производить анализ обесценивания поисковых активов на каждый отчетный период, что засвидетельствовано в указанном пункте четырьмя признаками. В случае наличия таких признаков, необходимо скорректировать балансовую стоимость, путем отражения обесценивая в порядке, указанном в IAS 36. Характерной чертой отличия IAS 36 от отечественного ПБУ 24/2011, является наличие не четырех, а десяти признаков обесценивания. Важным аспектом является не количество признаков обесценивания, а признание убытков вследствие обесценивания, в случае, если стоимость актива, которая возмещается, окажется меньше балансовой стоимости. В итоге, разница возмещаемой и балансовой стоимости будет убытком, который отражается в финансовом отчете [6].

В приведенной статье не указаны методики оценки возмещаемой стоимости поисковых активов, но было указано внимание на отражение обесценивания в учете по плану счетов. Исходя из ПБУ 10/99 суммы уценки активов являются прочими расходами предприятия и, следовательно, в учете прописываются по дебету счету 91.2 «Прочие расходы». Что касается корреспондирующего счета, то он не имеет единой системы, поэтому выделяют несколько подходов, о самом удачном подходе, на наш взгляд, мы поговорим ниже.

Данный подход был составлен в организации АКГ «Развитие бизнес-систем». Коллективом данной организации было предложено вносить обесценивание с применением дополнительного контрактного счета 06 «Обесценивание поисковых активов», по дебету 91.2 и кредиту 06. В Российской Федерации уже используется аналоги данного подхода. Так, использование оценочных резервов под уменьшение цены материальных ценностей, учитываемых на счете 14, и под обесценивание материальных вложений, на счете 59.

Предприятия, ведущие деятельность в данной сфере могут сформировать свои подходы и внести их в учет, но на наш взгляд, разобранный подход является наиболее верным, так как его использование может помочь найти информацию о первичной и последующей стоимости объекта, суммы отчислений без корректировок и количества убытков от обесценивания данных активов. По ПБУ 24/2011 пункту 21 поисковый актив учитывается в учете, до того, как подтвердится экономическая целесообразность развития и добычи ископаемых, либо при признании экономической нецелесообразности. Следовательно, если экономическая целесообразность подтверждается, то предприятие начинает проверку поисковых активов на предмет обесценивания, затем отражает его и включает актив к основным средствам или нематериальных активов по остаточной стоимости [1]. В зависимости от того, кокой способ выбран по отражению амортизации и обесценения накопленные суммы будут списаны, а перевод активов получит вид, как:

Дебет 01 «Основные средства» – Кредит 08.10.

Дебет 04 «Нематериальные активы» – Кредит 08.11, а в случае признания экономической нецелесообразности, остаточная стоимость поискового актива подлежит списанию.

Таким образом, в данной статье были охарактеризованы теоретические аспекты ведения учета поисковых активов в отношении ПБУ 24/2011, на основе отечественного и зарубежного опыта. Были указаны варианты отражения амортизации и обесценивания поисковых активов, который носят инновационный характер и имеют практическую значимость. Предложения по отражению амортизации поисковых активов может быть апробировано на предприятиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аглямова Л.Ф. Учет расходов на поиск, оценку и разведку полезных ископаемых // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2013. № 4 URL: http://ekonomika.snauka.ru/2013/04/2111 (11.01.2018).

2. Демакова О. А., Овчинникова И. В. Анализ применения положения по бухгалтерскому учету «Учет затрат на освоение природных ресурсов» (ПБУ 24/ 2011) на примере бухгалтерской отчетности ОАО «Распадская» // Проблемы

и перспективы экономики и управления: материалы II Междунар. науч. конф. города Санкт-Петербург (июнь 2013 г.). СПб.: Реноме, 2013. С. 70–74.

3. Зылёва Н.В., Скрипин Д.Л. О возможностях анализа поисковых затрат на основе показателей внешней отчетности // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2015. №1. С. 24–29.

4. Климов А. Новации бухгалтерской отчетности для добывающих компаний // Экономика и жизнь. 2012. №13 (9429). С. 11–13.

5. Медведев М.Ю. ПБУ 24/2011 «Учет затрат на основе природных ресурсов». Актуальный комментарий. М.: Изд-во ДКМ Пресс, 2012. 243 с.

6. Международный стандарт финансовой отчетности (IAS) 36 «Обесценение активов»: прил. 24 к приказу Министерства финансов РФ от 25 ноября 2011 г. №160н.

7. Международный финансовый стандарт отчетности (IFRS) 6 «Разведка и оценка запасов природных ископаемых»: прил. 35 к приказу Министерства финансов РФ от 25 ноября 2011 г. №160н.

8. Положение по бухгалтерскому учету «Учет нематериальных активов» (ПБУ 14/2007): приказ Министерства РФ от 27 декабря 2007 г. №153н.

9. Учет затрат на освоение природных ресурсов (ПБУ 24/2011): приказ министерства финансов РФ от 6 октября 2012 г. №125н.

10. Учет расходов на научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы (ПБУ 17/02): приказ Министерства финансов РФ от 19 ноября 2002 г. №115н.

Информация об авторах
Супрун Юлия Сергеевна, магистрант кафедры учета, анализа и аудита.
E-mail: Julia.IceQueen.07.01.94@mail.ru.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет НИУ БелГУ.
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Поступила в январе 2018 г.
© Сапрун Ю.С., 2018

J.S. Suprun

THE PROCEDURE OF ACCOUNTING OPERATION WITH THE SEARCH ASSETS

With adoption of accounting at 24/2011: «Expenditure accounting for developing of natural resources» in practical occupation of accountancy were accepted innovation definitions; was resulted in requirement in addition of account policy for the enterprises of consumer entrails. In this article particularities accountings of search assets on the basis of current reserve documents will be discerned and defined. Domestic and foreign experience are considered in accounting search assets. Opinions of eminent specialists are analyzed in the field of accounting in relation to the features of accounting for tangible assets and intangible assets, as well as their ways of reflecting in the balance sheet. The ways of reflection in the balance of depreciation for gory assets and their impairment.

Keywords: *search assets, exploration costs, depreciation exploration assets, prime cost of assets.*

REFERENCES

1. Aglyamova L.F. accounting of costs for the claim, evaluation and exploration of minerals. Economics and management of innovative technologies. 2013, no. 4 URL: http://ekonomika.snauka.ru/2013/04/2111 (11.01.2018).

2. Demakova O.A., Ovchinnikova I. V. Analysis of the application of the provision on accounting " accounting of costs for the development of natural resources "(PBU 24/ 2011) on the example of accounting of JSC" Raspadskaya". Problems and prospects of Economics and management: materials II interna-tional. scientific. Conf. cities of St. Petersburg (June 2013). SPb.: Renome, 2013, pp. 70–74.

3. Syliva N. In. Skipin D. L. On the analysis of search costs on the basis of external reporting indicators. Bulletin of Omsk University. Economy Series, 2015, no. 1, P. 24–29.

4. Klimov A. Innovations of accounting parity for mining companies. Economics and life. 2012, no.13 (9429), pp. 11–13

5. Medvedev M.Yu. PBU 24/2011 "Accounting of expenses on the basis of natural resources". Actual comment. M.: DCM Press publishing House, 2012. 243 p.

6. International financial reporting standard (IAS) 36 Impairment of assets: Annex. 24 to the order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of November 25, 2011 №160N.

7. International financial reporting standard (IFRS) 6 "Exploration and evaluation of natural

resources": Annex. 35 K at kazoo of the Ministry of Finance of 25 November 2011, no. 160n.

8. Regulation on accounting "Accounting for intangible assets" (PBU 14/2007): order of the Ministry of the Russian Federation, no. 153n of 27 December 2007.

9. Accounting of expenses for the development of natural resources (PBU 24/2011): order of the Ministry of Finance of the Russian Federation dated October 6, 2012, no. 125n.

10. Accounting of expenses for research, development and technological works (PBU 17/02): under the Ministry of Finance of the Russian Federation dated November 19, 2002, no. 115n.

Information about the author
Julia S. Suprun, Master student.
E-mail: Julia.IceQueen.07.01.94@mail.ru.
Belgorod National Research University.
Russia, 308015, Belgorod, Pobedu st., 85.

Received in January 2018

DOI:10.12737/article_5b115a732e8f38.58285401

[1]Сомина И.В., д-р экон. наук, доц.,
[1]Баранов В.М., канд. пед. наук, доц.,
[2]Ковтун Ю.А., канд. юрид. наук, доц.,
[2]Шевцов Р.М., канд. юрид. наук, доц.
[1]Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
[2]Белгородский юридический институт МВД России имени И.Д. Путилина

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОСУДАРСТВА В СВЕТЕ РЕАЛИЗАЦИИ ОДНОГО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПРАВООХРАНИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ВЫЯВЛЕНИЕ ПРЕСТУПЛЕНИЙ В СФЕРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК

irasomina@yandex.ru

В статье анализируются актуальные проблемы предупреждения, выявления и раскрытия преступлений на объектах железнодорожного транспорта, акцентируется внимание на их особом значении в системе экономической безопасности Российской Федерации. Так же авторы отмечают, что хищения, сбои в нарушении движения транспорта автоматически наносят удар и по другим отраслям экономики, что может привести к серьезным негативным последствиям для экономической безопасности государства. Объекты железнодорожного транспорта относятся к источникам повышенной опасности, и несанкционированное вмешательство в эту сферу ведет не только к сбою в работе транспортной системы, но и угрожает катастрофами техногенного характера. В фокусе авторского внимания находятся проблемы организации взаимодействия служб безопасности предприятий и подразделений органов внутренних дел при выявлении и раскрытии преступлений в сфере железнодорожных перевозок, рассматриваются причины и условия совершения преступлений и факторы, их детерминирующие. Так же авторы отмечают, что необходимость взаимодействия обусловлена общностью объекта воздействия, единством задач, а также различием сил, средств и методов и в то же время объективной необходимостью автономного выполнения функций каждым из элементов системы.

Ключевые слова: *железнодорожные перевозки, грузы, хищение, экономическая безопасность, транспортная полиция, предупреждение преступлений.*

Введение. Железнодорожный транспорт – один из наиболее востребованных и распространённых в экономическом отношении в Российской Федерации. Важность и актуальность предупреждения совершения преступлений в сфере железнодорожных перевозок обусловливается ее особым значение в системе безопасности страны. Железнодорожные перевозки являются частью транспортной инфраструктуры страны, которая обеспечивает ее интеграцию в мировую экономику. В современных условиях транспорт трансформируется в сферу активного внедрения высоких технологий, несанкционированное вмешательство в которую ведет не только к сбою в работе транспортной системы, но и угрожает катастрофами техногенного характера [1]. Хищения, сбои в нарушении движения транспорта автоматически наносят удар и по другим отраслям экономики, что может привести к серьезным негативным последствиям для всей экономической безопасности государства.

Основная часть. Железнодорожные перевозки имеют свои криминологические особенности:

– концентрация на пути следования железнодорожного транспорта товарно-материальных ценностей;

– скопление людей на объектах железнодорожной инфраструктуры;

– стремительное перемещение грузов, багажа и пассажиров в пространстве;

– использование железнодорожного транспорта для перевозки предметов, изъятых из гражданского оборота;

– объекты железнодорожного транспорта относятся к источниками повышенной опасности [2].

Перед структурами, в чью компетенцию входит борьба с преступными посягательствами на грузы, стоят задачи предотвращений преступлений на стадии их подготовки, раскрытия совершенных преступлений, устранение причин и условий, способствующих их совершению. Как правило, подготовка и совершение преступлений в сфере железнодорожных перевозок достаточно хорошо конспирируется. Выявить и раскрыть такие преступления силами службы безопасности предприятий, которые действуют только гласными методами, практически невоз-

можно. Безусловно, использование возможностей негласной деятельности необходимо лишь в тех ситуациях, когда иным путем решить задачи обнаружения и предупреждения преступлений не представляется возможным. Государство допускает применение против лиц, совершающих преступления, систему законных оперативно - разыскных мероприятий, более того обязали своих представителей (субъектов) осуществлять такого рода деятельность. Использование в борьбе с преступностью негласных оперативно-разыскных средств и методов, наряду с гласными, являются вынужденной защитной мерой общества и государства.

На современном этапе раскрытие преступлений – процесс многогранный и трудоемкий, требующий от правоохранительных органов не только профессионализма, оперативности, организованности, но и высокого уровня взаимодействия. Учитывая тот факт, что современная преступность не имеет территориальных границ и под ее контролем могут находиться объекты экономики самых различных отраслей, понятие территориальной или линейной сферы обслуживания должно выйти за рамки привычных представлений и принимать форму разведывательной деятельности, имеющей своей задачей сбор информации путем комбинированного применения сил, средств и методов оперативно-розыскной деятельности. Обеспечение сохранности грузов, перевозимых железными дорогами, борьба с преступными посягательствами на них являются приоритетными задачами в деятельности органов внутренних дел на транспорте.

Среди факторов, влияющих на эффективность противодействия данного вида преступлениям, наряду с другими причинами следует особо выделить малоэффективное взаимодействие. Совершенствование деятельности по раскрытию преступлений в сфере железнодорожных перевозок тесно связано с согласованной работой служб безопасности предприятий, сотрудников уголовного розыска и всех подразделений органов внутренних дел. Проблемы взаимодействия не новы, но по-прежнему актуальны [3]. К сожалению, на данный момент еще существует некоторая разобщенность в действиях территориальной и транспортной полиции в раскрытии преступлений, связанных с посягательствами на грузы в сфере железнодорожных перевозок. В результате недостаточно четко организованного взаимодействия органы внутренних дел на транспорте не в полной мере используют все возможности для расскрытия преступления. Необходимость взаимодействия обусловлена общностью объекта воздействия, единством задач, а также различием сил, средств и методов и в то же время объективной необходимостью автономного выполнения функций каждым из элементов системы.

Кроме того, в процессе выполнения своих повседневных обязанностей по раскрытию преступлений, совершаемых против жизни, здоровья и собственности граждан, сотрудники уголовного розыска территориальных ОВД нередко получают информацию, свидетельствующую о признаках организованных преступных формирований не только общеуголовной направленности, но и совершающих преступления в сфере железнодорожных перевозок.

При установлении тесного взаимодействия между службами уголовного розыска транспортной полиции и территориальных ОВД, служб безопасности предприятий с учетом взаимных служебных интересов своевременно полученная информация способна оказать эффективную помощь им в этом направлении. Например, очень часто возникает острая необходимость в организации своевременной передачи информации о совершенном или подготавливаемом преступлении для задержания преступника при убытии его с объекта железнодорожного транспорта оперативными работниками территориальных органов на указанных остановочных пунктах. В свою очередь информация, поступающая в оперативные подразделения транспортной полиции в процессе изучения криминологической обстановки на объектах железнодорожного транспорта, служит ориентиром определения приоритетных направлений оперативно-разыскной деятельности сотрудников уголовного розыска территориальных органов внутренних дел [4].

Организация взаимодействия на приоритетных направлениях оперативной деятельности между транспортными подразделениями и аппаратами уголовного розыска осуществляется на двух уровнях.

На первом уровне (Главков и управлений МВД России) обеспечивается:

– организация крупномасштабных оперативно-профилактических операций, координации сил и средств, при их проведении;

– создание единых банков данных оперативной информации.

На втором уровне (МВД, ГУВД, УВД, УВДТ субъектов Российской Федерации):

– совместное планирование мероприятий и обмен аналитическими наработками о состоянии оперативной обстановки на обслуживаемых территориях;

– разработка и проведение целевых оперативно-розыскных мероприятий;

– обеспечение наиболее эффективного использования возможностей оперативного состава и негласного аппарата ОВД в предотвращении и раскрытии экстерриториальных преступлений.

Планироваться такие мероприятия должны на всех уровнях системы транспортной полиции, начиная с ГУТ МВД России и заканчивая индивидуальным планированием оперативных сотрудников.

Сотрудники уголовного розыска, в чью компетенцию входит борьба с преступными посягательствами на грузы, проводит оперативно-розыскные мероприятия, направленные на предотвращение преступлений, проводят по трем основным направлениям:

– анализ причин и условий, способствующих совершению преступлений и их устранение (общая профилактика);

– выявление лиц, замышляющих или подготавливающих преступления (индивидуальная профилактика);

– пресечение преступлений на стадии покушения [5].

Поскольку хищения грузов, как известно, зачастую маскируются под различные виды несохранных перевозок, то анализ данных о фактическом состоянии, несохранности грузов становится важной предпосылкой для профилактической работы.

Следует совершенствовать уже имеющиеся учеты, внедрять новые локальные и региональные информационно-поисковые системы с целью борьбы с преступными посягательствами на грузы.

С этой целью внимание оперативных сотрудников необходимо привлечь к статистической документации, предоставляемой службами безопасности предприятий, которая содержит в себе информацию о:

– разъединение грузов от документов;

– распределение несохранных перевозок и убытков от них по видам не сохранности;

– несохранные перевозки по видам грузов;

– размер выплаты убытков от несохранных перевозок.

Информацию о причинах преступлений и условиях, способствующих их совершению, транспортная полиция получает из различных источников. Таковыми являются:

– материалы рейдовых проверок предприятий железнодорожного транспорта;

– письма и заявления граждан, должностных лиц железнодорожного транспорта;

– материалы расследования уголовных дел;

– изучение положений, инструкций и других нормативных актов, регламентирующих деятельность должностных лиц предприятий железнодорожного транспорта;

– материалы служебного расследования, в которых могут быть указаны и условия, способствующие хищениям;

– внутренние акты и иные акты отбора проб, завеса тары уничтожения порченой продукции;

– перевозочная документация - накладные, сертификаты и др., в которых имеются отметки о состоянии груза;

– непосредственное ознакомление на месте с деятельностью администрации объектов железнодорожного транспорта;

– подробные личные беседы с работниками, имеющими отношение к приему, обработке и отправке грузов и другие.

Условия, способствующие совершению преступлений, зависят от различных факторов.

Их возникновению в значительной мере способствуют:

– недостатки в организации работы транспортных служб;

– несвоевременное реагирование работников железнодорожного транспорта на информацию и представления правоохранительных органов [6];

– упущения в организации патрульно-постовой службы, в расстановке сил и использовании оперативных средств аппаратами уголовного розыска;

– отсутствие должного взаимодействия между транспортными и территориальными органами внутренних дел;

– недостатки в оперативной работе;

– отсутствие надлежащего оперативного учета за лицами, представляющими оперативный интерес;

– несвоевременный обмен информацией с другими линейными подразделениями и территориальными ОВД;

– низкий уровень оперативного мастерства у отдельных сотрудников уголовного розыска;

– слабый контакт с частными охранными предприятиями и службами безопасности предприятий, несущих службу на объектах железнодорожного транспорта.

Выводы. Резюмируя изложенное в настоящей статье, констатируем, что необходимо совершенствовать механизмы профилактики и борьбы с преступностью на объектах железнодорожного транспорта. Необходимо выстроить систему, которая бы, с одной стороны, осуществляла целенаправленный поиск и надежное

распознавание угроз на объектах железнодорожного транспорта и проводила необходимые профилактические мероприятия, с другой, четко и быстро реагировала на внештатные ситуации криминального характера. Достичь этого можно только в результате тесного взаимодействия между всеми субъектами обеспечения безопасности (подразделениями уголовного розыска, частными охранными организациями, службами безопасности предприятий), в результате которого осуществляется:

наиболее полный контроль за сохранностью перевозимых железнодорожным транспортом товарно-материальных ценностей по всей цепочке их транспортировки «отправитель - перевозчик - получатель» [7];

оперативный обмен информацией (о состоянии безопасности железнодорожной инфраструктуры, розыске лиц, похищенного имущества и т.д.).

Необходимость взаимодействия обусловлена общностью объекта воздействия, единством задач, а также различием сил, средств и методов и в то же время объективной необходимостью автономного выполнения функций каждым из элементов системы. Наступательность и планомерность этой деятельности является залогом предотвращения преступлений на стадии их подготовки, раскрытия совершенных преступлений, устранение причин и условий, способствующих их совершению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Мошкова Р.А. Критерии системы управления экономической безопасностью предприятия железнодорожного транспорта // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2016. № 6. С. 68–83.

2. Дубовой И.П. Преступность на железнодорожном транспорте и ее предупреждение: автореферат дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.08. Саратов. 2007. 22 с.

3. Серватовский А.В. Экономическая безопасность железнодорожного транспорта в условиях реформирования. Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2011. Т. 4. С. 166–171.

4. Ивушкина О.В. Преступления в сфере грузоперевозок на железнодорожном транспорте и их предупреждение (по материалам Восточно-Сибирской железной дороги) // Вестник Восточно-Сибирского института Министерства внутренних дел России. 2016. № 1 (76). С. 45–52.

5. Магомедов М.М. Некоторые аспекты оперативно-розыскной деятельности по профилактике преступлений террористической направленности на объектах железнодорожного транспорта // Образование. Наука. Научные кадры. 2017. Т. 2. № 2. С. 47–50.

6. Верех С.Л. Проблемные вопросы правоприменительной практики в борьбе с преступлениями, оказывающими влияние на состояние транспортной безопасности на объектах железнодорожного транспорта. В книге: Актуальные вопросы транспортной безопасности сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 82–86.

7. Калина А.Н., Логвинов О.Г., Приходько Ю.В., Шаманин С.В. Предупреждение и раскрытие хищений материальных ценностей, перевозимых железнодорожным транспортом: учеб. пособие. М.: ВНИИ МВД РФ. 2005.

8. Авдийский В.И., Дадалко В.А, Синявский Н.Г. Национальная и региональная экономическая безопасность России: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2017. 363 с.

Информация об авторах

Сомина Ирина Владимировна, доктор экономических наук, профессор кафедры стратегического управления.
E-mail: irasomina@yandex.ru.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Баранов Владимир Михайлович, кандидат педагогических наук, доцент кафедры стратегического управления.
E-mail: vladimirbaranov84@gmail.com.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Ковтун Юрий Анатольевич, кандидат юридических наук, доцент кафедры стратегического управления.
E-mail: belad@yandex.ru.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Шевцов Роман Михайлович, кандидат юридических наук, доцент кафедры стратегического управления.
E-mail: roman377@mail.ru.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в марте 2018 г.
© Сомина И.В., Баранов В.М., Ковтун Ю.А., Шевцов Р.М., 2018

I.V. Somina, V.M. Baranov, Y.A. Kovtun, R.M. Shevtsov

ECONOMIC SECURITY OF THE STATE IN THE LIGHT OF REALIZATION OF ONE OF THE DIRECTIONS OF LAW ENFORCEMENT ACTIVITY: PREVENTION AND DETECTION OF CRIMES IN THE SPHERE OF RAILWAY TRANSPORTATION

The article analyzes current problems of prevention, detection and detection of crimes at railway transport facilities, and focuses on their special significance in the system of economic security of the Russian Federation. The authors also note that thefts, disruptions in traffic violations automatically strike another sector of the economy, which can lead to serious negative consequences for the entire economic security of the state. The objects of railway transport are among the sources of increased danger and unauthorized interference in this area leads not only to a malfunction in the operation of the transport system, but may also threaten man-made disasters. The focus of the author's attention is the problems of organization of interaction between security services of enterprises and subdivisions of internal affairs bodies in the detection and disclosure of crimes in the sphere of rail transportation, the reasons and conditions for the commission of crimes and their deterministic factors are examined. Also, the authors note that the need for interaction is due to the generality of the object of impact, the unity of tasks, as well as the difference in forces, means and methods, and at the same time, the objective necessity of autonomous performance of functions by each of the elements of the system.

Keywords: *rail transportation, cargo, theft, economic security, transport police, crime prevention.*

REFERENCES

1. Moshkova R.A. Criteria of the system of economic security management of a railway transport enterprise. Economy: yesterday, today, tomorrow, 2016, no. 6, pp. 68–83.

2. Dubovoi I. P. Crime on the railway transport and its prevention: the abstract of the dis. Candidate of Juridical Sciences: 12.00.08. Saratov. 2007. 22 p.

3. Servatovsky A.V. Economic security of railway transport in conditions of reform. Scientific and technical and economic cooperation of the APR countries in the 21st century, 2011, vol. 4, pp. 166–171.

4. Ivushkina O.V. Crimes in the field of freight traffic in rail transport and their prevention (based on the materials of the East Siberian Railway). Bulletin of the East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2016, no. 1 (76), pp. 45–52.

5. Magomedov M.M. Some Aspects of Operational-Investigative Activities for the Prevention of Crime Terrorist Attacks at Railway Transport Facilities. Education. The science. Scientific staff, 2017, vol. 2, no. 2, pp. 47–50.

6. Verekh S.L. Problematic issues of law enforcement practice in combating crimes that affect the state of transport security at railway transport facilities. In the book: Actual issues of transport safety, a collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. 2017, pp. 82–86.

7. Kalina A.N., Logvinov O.G., Prikhodko Y.V., Shamanin S.V. Prevention and disclosure of theft of material values carried by rail. Tutorial. Moscow: All-Russia Research Institute of the Ministry of the Interior. 2005.

8. Avdiysky V.I., Dadalko V.A., Sinyavsky N.G. National and Regional Economic Security of Russia: A Training Manual. M.: INFRA-M, 2017. 363 p.

Information about the author
Irina V. Somina, PhD, Professor.
E-mail: irasomina@yandex.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st. , 46.

Vladimir M. Baranov, PhD, Assistant professor.
E-mail: vladimirbaranov84@gmail.com
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st. , 46.

Yury A. Kovtun, PhD, Assistant professor.
E-mail: belad@yandex.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Roman M. Shevtsov, PhD, Assistant professor.
E-mail: roman377@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Received in March 2018

DOI:10.12737/article_5b115a73de6619.74703623

Ряпухина В.Н., канд. экон. наук,
Дорошенко Ю.А., д-р экон наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ПРОБЛЕМА ФИНАНСИРОВАНИЯ НАУКИ В КОНТЕКСТЕ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ В ИННОВАЦИОННУЮ СИСТЕМУ В РОССИИ

viktorer_r@mail.ru

В фокусе работы находится проблема государственного финансирования исследований и разработок как направление повышение инвестиционной привлекательности науки для бизнеса. Целью исследования является поиск способа увеличения частного финансирования инноваций на стадии научных исследований и опытно-конструкторских разработок. В статье рассмотрена статистика финансирования науки, проведен анализ привлекательности современной российской науки в качестве объект инвестирования и разработаны предложения о способах повышения привлекательности таких инвестиций. В исследовании представленные официальные статистические данные, позволившие сделать вывод о недостаточном уровне финансовой поддержки российской науки, а также выделены такие негативные факторы инвестиционной привлекательности науки для бизнеса как низкая мотивация и спрос, отсутствие возможности адекватной стоимостной оценки результатов научных исследований, административно-организационные трудности инвестирования в науку. В данной работе представлена авторская методология и метод исследования аспектов данной проблемы, а также ход и логика рассуждения, аргументация и выводы, позволившие прийти к выводам, представленным в заключении.

Ключевые слова: *наука, инвестиции, государственное финансирование, частное финансирование, финансирование инновационной деятельности, национальная инновационная система, инновационная инфраструктура.*

Введение. В нашем исследовании мы исходим из предпосылки, основанной на гипотезе об устойчивой тенденции инноваций способствовать «разрушительному созиданию», приводящему, при благоприятном сценарии развития событий, к общему подъему экономики. При этом, мы полагаем, что собственно экономический рост зависит скорее от стабильных элементов в структуре экономики, а экономическое развитие – от динамических, таких как инновации. Для иллюстрации нашей позиции считаем необходимым привести полную цитату из фундаментального труда «Капитализм, социализм и демократия» Йозефа Алоиза Шумпетера. «На самом деле, – пишет Й.А. Шумпетер, - капиталистическая экономика, разумеется, не является и не может быть стационарной, и растет она вовсе не устойчивыми темпами. Она непрерывно *революционизируется* изнутри благодаря новому предпринимательству, т.е. благодаря внедрению в существующую на каждый данный момент времени промышленную структуру новых товаров, новых методов производства или иных коммерческих возможностей. Любые существующие структуры, как и все условия функционирования бизнеса, находятся в непрерывном процессе изменения. Любая сложившаяся ситуация подрывается, прежде чем приходит время, достаточное, чтобы она исчерпала себя. Экономический прогресс в капиталистическом обществе означает беспорядок. … Возможности получения доходов благодаря производству новых предметов или тех же предметов, но более дешевым способом непрерывно материализуются и требуют новых инвестиций. Эти новые продукты и новые методы конкурируют со старыми продуктами и методами не на равных условиях; первые имеют решающие преимущества, означающие возможную смерть для вторых. Так осуществляется «прогресс» в капиталистическом обществе. Чтобы не оказаться с не проданной продукцией, *каждая* фирма в конце концов вынуждена следовать этому образцу, в свою очередь инвестировать, и чтобы быть в состоянии сделать это – вкладывать в производство часть своих прибылей, т.е. накоплять» [1. с. 68-69]. Очевидно, что под новыми товарами, новыми методами производства и иными коммерческими возможностями (или новыми рынками) Й.А. Шумпетер понимает инновации.

В силу неравномерного соотношения скорости роста количества и изменения качества потребностей населения и скорости роста ограниченных производственных ресурсов, инновационный вектор экономики на базе знаний и высоких технологий становится основой устойчивой конкурентоспособности национальных хозяйствующих систем. Действительно, возможности быстрого экономического развития на базе существующий материальных и человеческих

ресурсов обусловлены различными факторами объективной реальности: при такой ситуации повышается значение инноваций и «двигателей прогресса», под которыми Константин Эдуардович Циолковский понимал инноваторов [2]. Мы предполагаем, что, при прочих равных условиях, на современных коммерческих рынках конкурентный успех отдельного хозяйствующего субъекта – будь то отдельное предприятие или национальная экономика отдельной страны – зависит от скорости продвижения инноваций. Поэтому, одной из задач инновационного типа развития является ускорение инновационного цикла и, в частности, сокращение инновационного лага. На практике задача чаще всего сводится к обеспечению быстрого трансфера идей из научной сферы в производство, т.е. ускорению инновационной деятельности. Многие авторы, на труды которых мы ссылаемся в тексте данной работы, сходятся во мнении, что это достигается за счет повышения эффективности сотрудничества ученых и предпринимателей, и интеграции науки и сферы реального сектора экономики в рамках системы инновационной инфраструктуры. Одним из направлений такой интеграции является инвестирование в науку, а ее индикатором может служить показатель прямого финансирования исследований и разработок фундаментального и прикладного характера, которые являются начальным и основополагающим этапом инновационной деятельности.

В целом, говоря о финансировании науки, приходится отметить, что сегодня такие инвестиции в нашей стране осуществляет в основном государство, тогда как в зарубежных странах с развитой экономикой это делает бизнес. При этом, мы должны отметить, что за последние годы в России государственное финансирование исследований и разработок значительно увеличилось, а частное (как отечественное, так зарубежное) – сократилось, что говорит о все еще недостаточно эффективной интеграции науки в инновационную систему рыночной экономики. Необходимость частного финансирования науки обусловлена рациональными коммерческими соображениями в условиях рыночного развития. Необходимость государственной поддержки науки, в соответствии с Ричардом Нельсоном, мы определяем исходя из того, что выполнение исследований и разработок за счет частного сектора приведет к их недопроизводству, т.к. во-первых, результат инвестирования в науку отдален и не определен, во-вторых, платежеспособный спрос на наукоемкую продукцию в целом мал и непредсказуем, в-третьих, законодательство в области интеллектуальной собственности все еще не дает необходимый уровень защиты частным собственникам [3]. Проблема состоит в противоречии между необходимостью государственной поддержки в форме прямого финансирования производства знания как общественного блага и необходимостью привлечения частных инвестиций в науку из сектора реальной экономики.

Тут стоит напомнить, что в теории экономики общественным благом признается товар (либо услуга), при предоставлении которого одному индивиду он (она) становится доступной и другим без дополнительных затрат. При этом определяющей характеристикой общественных благ выступает неконкурентность в потреблении (потребление блага одним индивидом не снижает его доступности для других), неисключимость из потребления (если благо произведено, то производитель не может препятствовать его потреблению), неделимость (благо доступно в полном объеме). Когда благо неконкурентное, в соответствии с принципом Вильфредо Паретто, назначение цены товара или услуги является неэффективным, поскольку прибавление дополнительной единицы потребления приносит выгоду потребителю без всяких затрат, тогда как назначение цены сократит потребление, вызвав таким образом чистую потерю полезности. Из этого следует, что даже тогда, когда возможно предложение общественного блага через рынок, это не обеспечит достижение наилучшего или оптимального уровня производства, т.к. спрос на общественное благо является предметом коллективного выбора. Обычно предполагается, что общественное благо поставляется государством и оплачивается за счет перераспределения средств, полученных от налогообложения [4. с. 36].

Решение проблемы нами видится в повышении привлекательности инвестирования в науку, так чтобы частный бизнес сам захотел и стал финансировать исследования и разработки, что само должно привести к естественному уменьшению доли государственного финансирования. Достижение данного желаемого состояния будет отвечать удовлетворительному уровню эффективной интеграции науки в инновационную систему. Таким образом, целью данной работы является поиск способа повышения привлекательности для частного капитала финансирования инноваций на стадии исследований и разработок. Для достижения данной цели мы рассмотрели статистику финансирования науки, провели анализ привлекательности современной российской науки в качестве объект инвестирования и, на основе соответствующих выводов, разработали предложения о способах повышения привлекательности таких инвестиций.

Современное состояние финансово-инвестиционного обеспечения научной деятельности в России. По данным исследований Группы организаций Всемирного банка, представленным на официальном русскоязычном портале www.vsemirnyjbank.org, по суммарному показателю конкурентоспособности экономики (380 показателей, включая уровень развития научных исследований и опытно-конструкторских разработок) Россия занимала в 1994 году место в четвертой десятке из 180 стран мира. За десять с небольшим лет наша страна переместилась во вторую сотню. В СССР в 1991 году было подано 190 тысяч заявок на изобретения. В настоящее время эта цифра сократилась до 22 тысяч. По данным Государственного учреждения «Центра исследований и статистики науки», представленным на сайте www.csrs.ru, только 5–6 % российских промышленных предприятий ведут разработку и внедрение технологических инноваций. В конце 80-х годов таких предприятий было 60–70 %. Инновационная продукция в России сегодня не набирает и 1 %, этот же показатель в Финляндии – более 30 %, в Италии, Португалии, Испании – от 10 % до 20 %. Доля России в мировом объеме торговли гражданской наукоемкой продукцией уже в течение ряда лет не превышает 0,3–0,5 %. Для сравнения: доля США – 36 %, Японии – 30 %, Германии – 17 %, Китая – 6 %. По мнению политиков и экспертов, нынешняя ситуация в российской науке создает угрозу национальной безопасности России.

У ведущих стран Запада расходы на научные исследования и опытно-конструкторские разработки составляют 2–3 % ВВП, в том числе у США – 2,7 %, а у таких стран, как Япония, Швеция, Израиль, достигает 3,5–4,5 % ВВП. Рогов С.М. говорит о том, что у России этот показатель составляет примерно 1 % ВВП [5]. При этом, общие затраты на исследования и разработки в 2011 году составили 1,02 % ВВП РФ, в 2012 году – 1,12 % ВВП РФ (однако это лишь около 20 млрд. долл США), в 2015 году – 1,13 % ВВП РФ, в 2016 г. – 1,10 % (37,3 млрд. долл США). Не смотря на некоторую положительную динамику, сегодня бюджет всей Российской академии наук все еще равен бюджету одного хорошего западного университета и при этом не наблюдается тенденция увеличения числа научно-исследовательских организаций или прекращения уменьшения числа исследователей в структуре занятых в экономике (в среднем на 1 % в год). Как и в 1995 году, сегодня наша страна стабильно занимает 10 место в рейтинге стран мира по объему внутренних затрат на исследования и разработки (в 2016 году, например, уступая Бразилии) и 35 место по удельному весу затрат в ВВП, значительно отставая по величине показателя от лидеров этого рейтинга.

В последние годы заметно понизился потенциал прикладной науки, развитие которой и определяет новые источники развития экономики. Уменьшилось влияние науки на общество в целом и на образование в частности, тиражи научно-популярных изданий снизились в сотни раз. В большой степени растрачен кадровый потенциал, возник острый дефицит молодежи в науке, которая оказалась не востребована, т.к. общество не использует её результатов, не понимает её смысла и значения. В сложном положении оказалась Российская академия наук, не имеющая стратегических ориентиров, берущаяся за несвойственные ей функции (инновационная деятельность и коммерциализация фундаментальной науки в отрыве от науки прикладной и опытно-конструкторских разработок).

В российской структуре финансирования науки на долю государства приходиться более половины (в среднем по различным секторам около 70 %), в то время как в зарубежных развитых странах эта доля значительно сократилась (в среднем составляет до 20 %). Однако тут необходимо пояснить, что в развитых странах с низкой государственной долей финансирования исследований и разработок, очень мало собственно государственных научных учреждений, функционирование которых должно обеспечивать государство, поэтому инвестирование направляется непосредственно в сам проект осуществляемый частной организацией или группой ученых. Далее в нашей работе мы более подробно рассмотрим вопрос эффективности «адресного» финансирования науки в противовес «обезличенному». Если говорить о перспективах, то относительно заложенных в Федеральной целевой программе развития научно-технологический комплекса на 2014-2020 гг. (представлена в свободном доступе на сайте www.fcpir.ru) цифр, запланированные на 2017-2019 гг. расходы сокращают на 25 млрд. рублей, однако уменьшение финансирования не касается прикладных научных исследований, а расходы на капитальные вложения даже наоборот вырастают. По замыслу разработчиков проекта, компенсирует такое сокращение приток внебюджетных инвестиций. Некоторые эксперты предполагают, что данные меры приведут к технологическому отставанию, другие же прогнозируют интенсификацию эффективной коммерческой хозяйственно-договорной деятельности и привлечения част-

ных инвесторов и аккумуляции средств внебюджетных фондов.

Негативные факторы инвестиционной привлекательности науки как элемента инфраструктуры национальной инновационной системы. Прежде всего, для обозначения рамок данного анализа, считаем целесообразным дать определение ключевым используемым нами понятиям. За одну из базовых дифференциаций мы взяли атрибуцию понятия «наука» Дегальцева И.С., который характеризует ее как «совокупность организаций и учреждений, функционирующих в соответствии с особыми правилами и императивами; как систему отношений и ролевых функций, возникающих в научных сообществах на различным стадиях исследовательского процесса; в форме фиксации и обоснования ее социального статуса, реализующегося в разнообразных взаимосвязях с конкретно-историческим типом общества; посредством анализа основных форм и методов профессиональной коммуникации в науке» [6. с. 22].

Национальная инновационная система (НИС) является многогранным феноменом, поэтому здесь, для лучшей иллюстрации нашего подхода, мы приведем несколько разноплановых определений. Мозес Абрамовиц полагал, что НИС – это совокупность предприятий и организаций, деятельность которых направлена на генерирование и диффузию инноваций [7]. Данный ученый считается автором идеи о том, что создание формальных инновационных структур само по себе не гарантирует успеха нововведений, т.к. успех в большей степени зависит от взаимодействия и взаимного соответствия различных подсистем. Определение НИС как комплекса сопряженных экономических механизмов и видов деятельности, обеспечивающих инновационные процессы, данное Моргуновым Е.В. и Снегиревым Г.В., на наш взгляд более функционально, т.к. в нем отражен процесс взаимодействия субъектов НИС, движущие силы инновационных процессов, переход к нелинейной модели инновационного цикла. Данные авторы писали, что тут, прежде всего, необходимо формирование адекватной экономической атмосферы, благоприятной для инноваций социального климата. Определение данных авторов звучит следующим образом: НИС – это часть национальной экономической системы, обеспечивающее органическое встраивание инновационных процессов в поступательное развитие экономики и общества [8]. Новиков В.В. определил НИС как совокупность взаимодействия государственных, частных, общественных организаций и структур, в рамках которой осуществляется деятельность по созданию, развитию, сохранению, распространению новых знаний и преобразованию их в технологии, продукты и услуги [9]. Суровикин Н. дал следующее определение НИС – это система, которая производит современные технологии и инновационный бизнес на их основе [10]. По Гохбергу Л.М. НИС – это система взаимосвязанных институтов, предназначенная для того, чтобы создавать, хранить и передавать знания, навыки и артефакты, определяющие новые технологии [11].

Институциональные формы научной деятельности, в привязке к конкретным формам инновационного процесса, формируют инновационную инфраструктуру НИС. Закономерность такого положения вещей объясняется с позиции формальной логики: ведь идеи выйдя на рынок в незрелом состоянии могут не выжить. В соответствии с Федеральным Законом «Об инновационной деятельности и о государственной инновационной политики», принятом государственной Думой 1 декабря 1999 г., одобренным Советом Федерации 23 декабря 1999 г. и отклоненным Президентом РФ 3 января 2000 г. (текст представлен в свободном доступе на сайте www.consultant.ru), «инновационная инфраструктура – совокупность организаций, предоставляющих услуги по созданию, освоению в производстве и (или) практическому применению новой или усовершенствованной продукции, нового или усовершенствованного технологического процесса». Таким образом, инновационная инфраструктура – это сложная подсистема в структуре инновационной деятельности, которая направлена на содействие и поддержку её осуществления; её элементами являются программы и проекты поддержки инновационной деятельности, а также выполняющие их организации, эти элементы взаимосвязаны и взаимодействуют между собой и с другими элементами в структуре инновационной деятельности. По мнению Г.М. Загидуллина и О.А. Клещева инновационная инфраструктура – это также организации, способствующие осуществлению инновационной деятельности, т.е. бизнес-инкубаторы, технополисы, инновационно-технологические центры, венчурные фонды, технопарки [12].

Если говорить конкретно о российской НИС и ее характеристиках, то Щетинина Е.Д. и Старикова М.С. выделяют следующие положительные черты: высокий интеллектуальный потенциал, высокий уровень

и охват населения научно-техническим образованием, высокая научно-инженерная культура, наличие мировых научно-технических центров, рост количества конкурентоспособных компаний, приверженность правительства идеи модернизации и инновационной концепции развития, эффективность инновационной политики, актуальность пионерных инновационных стратегий. Однако, данные исследователи отмечают и ряд недостаток: низкий уровень инвестиций, наличие препятствий развития бизнеса, недостаточная эффективность бюджетных организаций, незрелость институтов инновационной инфраструктуры, несбалансированные международные отношения, подчиненность задач инновационного развития текущей политический ситуации [13].

Как мы уже говорили, научные исследования и разработки фундаментального и прикладного характера являются начальным и основополагающим этапом инновационной деятельности, однако, существует серьезная проблема органического встраивания данной сферы деятельности в современную инновационную инфраструктуру рыночной экономики России. Мы считаем, что тут главными негативными факторами являются проблема мотивации ученых к коммерциализации результатом своего научного творчества, высокие издержки защиты интеллектуальной собственности и отсутствие у хозяйствующих субъектов практических знаний в данной сфере, затем, непосредственная проблема коммерциализации, связанная с отсутствием у данных субъектов знаний в области бизнеса и предпринимательской культуры и, наконец, недостаточное и неравномерное финансирование. В рамках данной работы, помимо непосредственно проблемы финансирования инновационной деятельности на стадии научных исследований и разработок, мы также более подробно остановимся на проблеме мотивации коммерциализации. По нашему мнению, данные проблему прежде всего обуславливает противоречие парадигм: ведь наука – это превращение денег в знания, а инноватика – это превращение знаний в деньги. По Маренкову Н.Л., инноватика – это отрасль знаний, возникшая в результате использования результатов научных исследований и разработок, направленных на совершенствование процесса производственной деятельности, экономических, финансовых, правовых и социальных отношений в области науки, культуры, образования, в других сферах деятельности общества [14]. Инвестиции в инновационную сферу дают значительную экономическую отдачу – по сложившимся оценкам, до 35-50 %, но, при этом, инновационные проекты на стадии научных исследований и разработок, которая наиболее отдалена от конечного результата инновационной деятельности, являются наименее привлекательными для инвесторов, что обуславливает дефицит частного финансирования в данной сфере и низкий уровень коммерциализации инновационных идей в России по оценкам экспертов.

Основной целью инновационного бизнеса является увеличение выгод его участников, но в реальности данные выгоды распределяются крайне неравномерно и по объему, и по времени. В ходе наших рассуждений мы выдвинули гипотезу о том, что самой непривлекательной для инвесторов сферой в мире, где стандарты диктуются эффективностью коммерциализации новшеств, являются как раз сфера деятельности тех, благодаря кому возникают данные нововведения – т.е. ученых (за исключением изобретателей занятых не собственно научным творчеством, а решением конкретных практических проблем по коммерческим заказам и на основе разработок фундаментальной и прикладной науки). И, если в странах с развитой экономикой данная проблема решена и наука получает достаточное финансирование и поддержку, то в России ситуация остается плачевной. На фоне многомиллиардных вложений в развитие отдельных фундаментальных инновационных проектов, совокупные средства, выделяемые на науку, остаются мизерными. «При этом, лица, создающие инновации, как правило, не требуют какой-то дополнительной мотивации, кроме финансовой поддержки их деятельности, чаще всего, довольно незначительной», говорит Баймульдин М.М., имея в виду ученых, занимающихся прикладными исследованиями [4]. Еще хуже дело обстоит с реализацией: без инвестиций бизнеса или государственно-частного партнерства инновации не могут быть реализованы, поэтому не мотивация именно этим структур является важнейшей задачей.

Попытаемся понять, почему же современная отечественная научная школа сегодня не в полне вписывается в инновационную модель и может ли она стать достаточно привлекательная для инвестирования в будущем. В основном, проблема заключается в специфике научного творчества, научного поиска и непредсказуемости исследований фундаментальной науки, результаты которой могут быть коммерциализируемы лишь спустя многие десятки лет. Если принять во внимание показатель срока окупаемости проекта, то ни один инвестор не пожелает вложить деньги в подобный проект. Значит это должно делать государство, с задействованием

механизмов государственно-частного партнерства, но до сих пор оно, как и предприятия, не имеет эффективного метода оценки перспективной эффективности инновационных проектов и методов управления им. Кроме того, как известно лишь 2 % всех новаций становятся инновациями, а время их становления (инновационный лаг) трудно рассчитать. Поэтому можно сказать, что на фоне лозунгов пропаганды плюсов инновационной экономики, действительная инвестиционная привлекательность отечественная наука находится в плачевном состоянии. Проблема российской науки, также и по мнению Щетининой Е.Д. и Стариковой М.С., заключается, помимо недостаточного финансирования, и в слабой рыночной ориентации НИОКР, незаинтересованности бизнеса в финансировании НИОКР и инновационных проектов. Незаинтересованность обусловлена ненасыщенностью рынка, которая оставляет возможность реализовывать экстенсивный рост на основе традиционных технологий и методов без внедрения инноваций [13].

Инвестиционная непривлекательность сферы исследований и разработок для бизнеса в настоящее время является комплексной проблемой, обусловленной, в том числе, и некоторой степенью общего недоверия реального сектора экономики к государственной науке и, в частности, к университетской науки. Действительно, если говорить о ожидаемости результатов, бизнес имеет большие основания возложить надежды на собственные подразделения НИОКР, по сути выполняющие прямые заказы руководства предприятия или, по крайней мере, работающие в заданном направлении. Однако содержание таких подразделений может себе позволить только крупный бизнес, при это их технико-технологические возможности и кадровый ресурс все равно будет уступать соответствующим государственным университетским структурам, лабораторный фонд и научно-исследовательские традиции которых формировались десятилетиями. Поэтому, тем не менее можно констатировать, что государственная наука необходима не только малому и среднему, но и крупному бизнесу. Но, при этом, даже если речь сводиться к простому приобретению результатов интеллектуальной деятельности - патентов, оказывается, что произведенный продукт является невостребованным на рынке, т.к. он не отвечает его потребностям и ожиданиям. Тут у ученых и бизнесменов имеют место совершенно разные подходы к оценке разработок как результатов интеллектуальной деятельности. Часто проекты, кажущиеся ученым интересными, прорывными и перспективными, не работают в реальных рыночных условиях и не нужны бизнесу. При этом, как правило, существуют серьезные расхождения в экономической оценке, в частностях показателях издержек на приобретение и срока окупаемости затрат.

Необходимо добавить, что бизнес неохотно финансирует науку на любых этапах исследования также и в силу недоверия к «непрозрачному», с точки зрения внешнего наблюдателя, процессу. Методы и принципы работы, понятия рациональности для бизнеса и науки не совпадают. Бизнес отчасти пугает бюрократизированность организации бюджетных учреждений (хотя для большого бизнеса это должна была бы быть привычная ситуация), также бизнес очевидно опасается угрозы коррупции и нерационального распределения расходов. Действительно, часто, когда бизнес финансирует не отдельные коллективы и конкретные проекты, он опасается, что средства просто «растворяться» в консолидированном бюджете. Мы полагаем, что, для того, чтобы готовый продукт соответствовал ожиданиями бизнеса, он должен кооперироваться с наукой начиная с самых ранних стадий, с момента зарождения инновационной идеи (тут, очевидно, были бы весьма интересны и плодотворны совместные «мозговые штурмы» представителей науки и бизнеса, а также четкая формулировка заказов на разработки как при плановой экономики). Очевидно, что необходим также режим наиболее благоприятствования для инвестиций в знание и правовое обеспечение трансферта знаний. Сегодня сектор производства знаний обладает непрозрачностью рыночного механизма и неразвитостью механизма коммуникации.

В заключение данного этапа нашего исследования, необходимо отметить, что одним из косвенных барьеров не только повышения инвестиционной привлекательности науки для бизнеса, но и эффективного государственного финансирования научных исследований и разработок также является несовершенство статистики. Инвестиционно-инновационная стратегия будет реалистичной только при обосновании социально-экономической целесообразности данного направления. Однако, в настоящее время возможности подобного рода обоснований крайне затруднены - во многом вследствие низкого качества статистики, игнорирующей множественность видов инноваций и субъектов инновационной деятельности. Как показано в работе Дорошенко Ю.А., Малыхиной И.О. и Оспищева П.И.,

российская статистика инноваций противоречива и малопригодна для оценки результативности преобразований. Данные исследователи отмечают, что в российской статистике инноваций имеется и ряд системных проблем [15]. Речь идет о смешении состава показателей, полученных из различных, логически не связанных между собой, форм статистической отчетности. Также, отсутствует система показателей, позволяющая выявить реальную картину происходящего в этой сфере. Кроме того, зачастую невозможно выстроить и проанализировать долговременные ряды (за исключением отдельных показателей: число докторов и кандидатов наук, аспирантов и пр.), что снижает ценность статистической информации. Играет свою роль и формально-методическая сторона: внедряемая сегодня система статистической отчетности (форма №4 «Инновации») не дополняется статистическими наблюдениями экономических, социальных, экологических и иных результатов инновационных процессов. Проведенный Дорошенко Ю.А., Малыхиной И.О. и Оспищевым П.И. анализ двадцати двух показателей, официальной статистики, характеризующих «уровень инновационности» российской экономики показал, что: одиннадцать из них не имеют обобщающей стоимости оценки; семь носят лишь описательный характер; только у четырех трактовка содержания в материалах статистики корреспондируется с трактовкой в правовых документах [15]. В результате используемая в России методология статистического анализа часто непригодна для оценок инновационных процессов, а значит, и для принятия обоснованных управленческих решений вследствие: методологических некорректностей, порождающих субъективность оценок и критериев; существенной неполноты, низкого уровня аналитического обобщения; преимущественно описательного характера и применимости лишь для обзорно-отчетных целей; продолжения реформирования, не позволяющего получить ряды данных, необходимых для достоверных выводов и обобщений.

Меры по повышению привлекательности и эффективности финансирования научных исследований и разработок. Не смотря на наличие многих факторов, которые негативно сказываются на инвестиционной привлекательности науки как элемента инновационной инфраструктуры, мы можем утверждать, что существуют совершенно определенные предпосылки увеличения финансирования исследований и разработок в России. Дело в том, что в условиях глобализации конкуренция обострилась не только на мировой рынке, но и на внутреннем, который становиться все более и более открытым. В этих условиях постоянное освоение инноваций является основой успешной деятельности предприятия. В связи с этим, и у государства, и у бизнеса формируется понимание необходимости стратегических инвестиции в прорывные направления на основе усиления исследовательского потенциала. Предприятия осознают важность инноваций в повышении эффективности экономической деятельности, руководители предприятий оказывают поддержку инновациям, хотя и не всегда при этом выделяют финансовые средства.

Принимая во внимание, что решение проблемы повышения привлекательности для частного капитала финансирования инноваций на стадии исследований и разработок должно быть стратегическим, а значит долгосрочным, прежде всего необходимо обозначить, что его реализация займет много времени. Факторы интеграции науки в развивающуюся инновационную систему посредством инвестиционного механизма во много определяет государственная политика в данной сфере. Агаркова С.А., Кузнецова Е.С. и Грязнова М.О. дают следующее определение государственной инновационной политике «это составная часть социально-экономической политики, которая выражает отношение государства к инновационной деятельности, определяет цели, направления, формы деятельности органов государственной власти в области науки, техники и реализации достижений науки и техники» [16].

Меры, предлагаемые нами в целях повышения привлекательности и эффективности финансирования научных исследований и разработок, связаны как с увеличением государственный подержи, так и с использованием механизмов государственно-частного партнерства и базируются на изложенной ниже гипотезе. Мы считаем, что первоначально значительное увеличение государственного финансирования науки до уровня мировых лидеров выведет ее на качественно новый уровень и сделает привлекательным для бизнеса. Затем, при неизменном суммарном объеме государственного финансирования, в условиях притока частных средств, его удельный вес естественным образом уменьшиться, а возможно и, что оно будет постепенно замещаться частными инвестициями. Таким образом, государственное финансирование постепенно снизится до минимума, необходимого для поддержания некоммерческих исследований, военных разработок и проведения политики приоритетных направлений в области науки.

В рамках нашего исследования мы более подробно остановимся на мерах прямой и косвенной поддержки инновационной сферы посредством централизованного финансирования науки (исследований и разработок). Повторимся, что меры государственной поддержки данной сферы представляются актуальными, так как, хотя инвестиции в инновационную сферу дают значительно большую экономическую отдачу (до 35-50 %), уровень коммерциализации инновационных идей в России по оценкам экспертов находится на низком уровне. В данном контексте существует четыре основные схемы формирования государственной инновационной политики:

1) прямое участие государства в производстве знаний (государство – собственник научного продукта);

2) государственный заказ научным центрам (государство – собственник научного продукта);

3) предоставление безвозмездных субсидий (грантов) на проведение фундаментальных научных исследований ученым, работающим вне государственных лабораторий (государство не является собственником научного продукта, но обеспечивает отчетность о проводимых исследованиях, открытую публикацию полученных результатов);

4) создание благоприятных условий для производства научных знаний и технологий в негосударственном секторе (государство не является собственником научного продукта, но обеспечивает налоговые, имущественные и иные льготы предприятиям и организациям, занятым наукой и инновационной деятельностью).

Если же говорить о мерах государственно-частного партнерства, то формами интеграции науки и бизнеса в рамках инфраструктуры национальной инновационной системы являются — инновационные и интонационно-технологические центры (проводят совместные исследования с фирмами, обучают студентам основам инновационного менеджмента, содействуют созданию коммерческих организаций), центры промышленных технологий (внедряют нововведения в серийное производство), университетско-промышленные центры (соединяют финансовый потенциал промышленности и научный потенциал университета), инженерные центры (стимулируют разработки новых технологий), бизнес-инкубаторы (создают благоприятные условия для организации эффективной деятельности малых инновационных предприятий), технопарки (являются территорией объединения научно-исследовательских институтов, индустриальных объектов, деловых центров, выставочных площадок, учебных заведений и обслуживающей инфраструктуры), наукограды или технополисы (представляют собой целостную научно-производственную структуру, созданную на базе нового и реконструированного города). Необходимо пояснить, что в России бизнес-инкубаторы часто являются первой степенью технопарка, а инженерные центры решают инженерные изобретательские задачи и поставляют не продукты и технологии, а решения для реального сектора, также они готовят инженерные кадры.

Поскольку целесообразность инновационно-индустриального развития в то же время актуализирует интенсивное качественное развитие процесса «кадрового перевооружения» национальной экономики, то перспективные возможности и прогноз роста экономики, инновационного развития и возможности реализации радикального технологического прорыва обуславливают состояние не только научного, но и образовательного потенциала страны. Поэтому, для полноценной НИС нужна интеграция и взаимное сближение не только производства и науки, но и производства и образования. Образовательный процесс должен стать основой расширения инновационной активности. Тут следует также учесть, что в ряде регионов России университеты фактически перехватывают у государственных и муниципальных учреждений культуры функции по формирования инновационно-инвестиционного имиджа территорий. Более того, университеты зачастую способны управлять действиями отдельных лиц, и даже муниципальных или региональных образований.

Деятельность университета непосредственно связана с постоянным взаимодействием с внешней средой, поэтому его активность, интенсивность и эффективность определяется качеством данных взаимосвязей. Пропорционально росту многофункциональности университета в условиях инновационной экономики увеличивается и нагрузка на профессорско-преподавательский состав и требования к творческой деятельности университетских ученых Рост уровня коммерциализации интеллектуальной собственности университета естественным образом способствует его сближению с промышленностью. Поэтому нужно не только увеличение финансирования, но и повышение эффективности организации науки и роста информационного потенциала науки. Дегальцева И.С. выделяет следующие принципы интеграции частного сектора и университетской науки: «создание максимально благоприятных условий для наукоемкого производства, инновационного бизнеса и, таким образом, научного прогресса; максимального сближения, в том числе и терри-

ториального, производства и науки; объединение под одной крышей фирм, разрабатывающих различные виды наукоемкой продукции, что позволяет создать условия для продуктового обмена идеями и опытом, достичь эффекта агломерации; создание для развития идей тепличных условий, обеспечение им инкубационного периода» [6. с. 52]. В этой связи, мы считаем, что внутривузовские центры интеллектуальной собственности должны самым активным образом участвовать в региональных и федеральных программах. Среди функций центров интеллектуальной собственности ВУЗов Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О. выделяют разработку систем управления интеллектуальной собственностью, патентование, экспертизу и оценку интеллектуальной собственности и нематериальных активов, гражданско-правовую защиту прав интеллектуальной собственности, проведение образовательных программ и содействие развитию рынка интеллектуальной собственности [17].

Подводя итоги данного раздела, отметим, что в этой связи, прежде всего, необходима оценка эффективности интеграции для бизнеса в каждом конкретном направлении: определение отношение результата к затратам. При этом необходимо различать затраты на создание инноваций и на продвижение инноваций, которое приводит к ее коммерциализации. По мнению Щетининой Е.Д. и Стариковой М.С. тут есть три способа реализации данных затрат: [13. с. 96]: коммерциализации своими силами и за свои средства, обращение к посредническим услугам за плату или частичный отказ от прав, инвестировании в ресурсы по коммерциализации. Выбор зависит от скорости, затрат и прибыли внедрения. Прибыль включает и прибыль от внутреннего использования инновации, поэтому издержки целесообразно считать вмененным методом (т.е. сколько бы за подобную разработку пришлось заплатить). Издержки инновационной деятельности имеют ряд особенностей: они возникают в рамках логистической цепочки, имеют совокупный характер и учитывают стратегические цели, а также имеют долговременный период, поэтому для анализа необходим учет не только реально понесенных, но и альтернативных издержек, а также учет функции времени.

Заключение. Основная сложность ведения инновационной деятельности в России обусловлена неприспособленностью старой системы управления к современным условиям рынка. Во всех странах с развитой экономикой поддержка инновационного предпринимательства является приоритетным направлением. В этой связи особенно ценен опыт США, Японии, Великобритании, Канады, Франции и Израиля. Одной же из причин снижения инновационной активности в России является слабость мотивации в области новаторской деятельности и инновационного предпринимательства и недостаточный уровень финансовой поддержки и стимулирования. В мировой практике многообразны пути и формы стимулирования инновационной деятельности, в то время как в России такие механизмы только разрабатываются. Несомненно, одно – государство должно активно участвовать в проведении инновационной политики.

В начале нашей работы мы обозначили, что повышении привлекательности инвестирования в науку будет отвечать удовлетворительному уровню эффективной интеграции науки в инновационную систему. Целью своей работы мы обозначили поиск способа повышения привлекательности для частного капитала финансирования инноваций на стадии исследований и разработок. В ходе нашего исследования мы рассмотрели статистику финансирования науки, провели анализ привлекательности современной российской науки в качестве объект инвестирования и, на основе соответствующих выводов, разработали предложения о способах повышения привлекательности таких инвестиций.

Возвращаясь к выделенным нами негативным факторам инвестиционной привлекательности науки, необходимо отметить, что для эффективности инновационной деятельности большое значение имеет мотивация и инновационной ориентация участников инновационного цикла на всех стадиях, нейтрализация сопротивления изменениям и стимулирование различных инициатив. Инновационная экономическая система должна быть гибкой, для этого необходим новый менеджмент. В идеале каждый специалист инновационного предприятия должен нести ответственность и иметь возможность для проявления инициативы. При этом основной задачей руководителей является расширение участия непосредственных исполнителей в принятии инновационных решений. По мнению Ковалева А.С., для повышения эффективности мотивации инновационной деятельности нужно расширение списка приобретенных направлений и критических технологий, формирование инновационных кластеров в составе технико-внедренческих ОЭЗ, формирование единой российской базы учета результатов финансируемых за счет государственного бюджета НИОКР, создание общенациональной системы технических регламентов и их гармонизация с международными стандартами (ISO, Европейской системой технического прогнозирования и оценки технологий) [18].

Инновационный тип развития экономики формируется не вследствие, например, роста вложений в НИОКР, а потому, что последние эффективны (в то время как экономический рост, по преимуществу, обеспечивают дешевые сырье и рабочая сила). Очевидно, что без государства нет экономики инноваций, и его задача в современном обществе состоит не в стимулировании отдельных инноваций, а в формировании организационных, экономических и правовых условий для осуществления инновационного процесса в рамках НИС. В национальной экономике необходимо выделение дополнительных средств на ресурсное обеспечение, разработку и защиту инноваций. Новые формы экономической интеграции организаций открывают новые перспективы формирования бюджета инновационной деятельности. Щетинина Е.Д. и Старикова М.С. считают, что причина низкого уровня коммерциализации инноваций заключается помимо всего прочего в недостаточном финансировании маркетинговых исследований. В среднем расходы на маркетинг составляют не более 2–3 % [13]. При решении проблемы совмещения линейной и множественной системы инноваций в большинстве случаев имеет место, не осознаваемый конфликт двух парадигм: «поддержки инноваций и поддержки конкретных субъектов инновационной деятельности». В работе делается вывод, что одним из главных препятствий для инновационного развития страны является бессубъектность, незавершенность формирования мультиразумного хозяйствующего субъекта инновационного развития, осознающего свои цели, интересы, стратегию и тактику, обладающего необходимой политической волей и способного добиваться решения поставленных задач. Первые и важные шаги для появления такого стратегического субъекта – проект формирования и воспитания субъекта, т.е. инновационной элиты, способной сделать реальным именно этот образ будущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шумпетер Й.А. Капитализм, Социализм и Демократия: Пер. с англ. / Предисл. и общ. ред. В.С. Автономова. М.: Экономика, 1995. 540 с.

2. Циолковский, К. Э. Двигатели прогресса // Изобретатель и рационализатор. 1980 г. № 3. с. 32-34.

3. Ридли Мэтт. Эволюция всего: Пер. с англ. Т. Мосолова. Ред. В. Обручаевю М.: Эксмо, 2017. 384 с.

4. Баймульдин М.М. Мотивация инновационной деятельности 2014. [Электронный ресурс]. URL: http://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2014/03/Motivatsiya-innovatsionnoj-deyatelnosti.pdf (дата обращения: 17.03.2016 г.).

5. Рогов С.М. Будет ли Россия мировым интеллектуальным центром? // Независимая газета. 22.01.2010 г.

6. Дегальцева И.С. Роль науки как социального института в формировании инновационной структуры страны // Белгородский экономический вестник. 2011. № 3 (63). С. 22–26.

7. Кирсанова М.Ю. Понятие и сущность национальной инновационной системы Российской Федерации // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https:// www.science-education.ru/ru/article/view?id=18249 (дата обращения28.01.2018).

8. Моргунов Е.В., Снегирев Г.В. Национальная (государственная) инноваицонная система: сущность и содержания // Собственность и рынок. 2004. № 7. С. 10–21.

9. Новиков В.В. Инновации в туризме. М.: ИЦ Академия, 2007. 208 с.

10. Суровикин Н. Национальная инновационная система: С чего начать? // Бизнес энтропия. 2009. № 6.

11. Гохберг Л.М. Национальная инновационная система России в условиях «новой экономики» // Вопросы экономики. 2003. № 3. С. 26–44.

12. Загидуллина Г.М., Клещева О.А. Развитие инновационной инфраструктуры инвестиционно-строительного комплекса // Известия КазГАСУ. 2011. № 2 (16). С. 271–277.

13. Щетинина Е.Д., Старикова М.С. Управление издержками инновационной деятельности как элемент бизнес-стратегий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 1. С. 93–98.

14. Маренков Н.Л. Инноватика. Моск. Экон. - фин. Ин-т. М.: Эдиториал УРСС, 2005. 304 с.

15. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О., Оспищев П.И. Интеллектуальный капитал как фактор успешного формирования инновационной инфраструктуры ВУЗа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 192–195.

16. Агаркова С.А., Кузнецова Е.С., Грязнова М.О. Инновационный менеджмент и государственная инновационная политики. М.:

Изд-во Академия естествознания, 2011. 143 с.

17. Дорошенко Ю.А., Малыхина И.О. Повышение эффективности функционирования центров интеллектуальной собственности ВУЗа как необходимое условие развития его инновационной инфраструктуры // Белгородский экономический вестник. 2014. № 3 (75). С. 3–8.

18. Ковалев А.С. Интеграция научных знаний как парадигма инновационного развития экономики // Белгородский экономический вестник. 2011. № 3 (63). С. 26–33.

Информация об авторах

Ряпухина Виктория Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры стратегического управления.

E-mail: viktorer_r@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Дорошенко Юрий Анатольевич, доктор экономических наук, профессор, директор института экономики и менеджмента.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в январе 2018 г.

© Ряпухина В.Н., Дорошенко Ю.А., 2018

V.N. Riapukhina, Yu.A. Doroshenko

THE PROBLEM OF FINANCIAL SUPPORT FOR SCIENCE IN THE CONTEXT OF ITS EFFECTIVE INTEGRATION INTO THE INNOVATIVE SYSTEM IN RUSSIA

The focus of the work is the problem of state financing of research and development as a direction to increase the investment attractiveness of science for business. The purpose of the study is to find a way to increase private financing for innovation at the stage of research and development. The article examines the statistics of science financing, analyzed the attractiveness of modern Russian science as an object of investment and developed proposals on ways to increase the attractiveness of such investments. In the study, the official statistical data presented, which led to the conclusion that there is insufficient level of financial support for Russian science, and also highlighted such negative factors of the investment attractiveness of science for business as low motivation and demand, the lack of an adequate valuation of research results, administrative and organizational difficulties in investing in science. In this paper, the author's methodology and method for investigating aspects of this problem are presented, as well as the course and logic of the reasoning, arguments and conclusions that led to the conclusions presented in the conclusion.

Keywords: *science, investment, public financing, private financing, innovation financing, national innovation system, innovative infrastructure.*

REFERENCES

1. Shumpeter J.A. Capitalism, socialism and democracy: Per. s angl. Predisl. i obshch. red. V.S. Avtonomova. M.: Ekonomika, 1995, 540 p.

2. Tsiolkovskij K.E. Motors of progress. Izobretatel' i ratsionalizator, 1980, no. 3, pp. 32–34.

3. Ridli Mett. Evolyutsiya vsego [Evolution of the whole]: Per. s angl. T. Mosolova. Red. V. Obruchaevyu M.: Eksmo, 2017, 384 p.

4. Bajmul'din M.M. Motivation of innovation activity, 2014. [Elektronnyj resurs]. URL: http://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2014/03/Motivatsiya-innovatsionnoj-deyatelnosti.pdf (data obrashcheniya: 17.03.2016 g.).

5. Rogov S.M. Will Russia be a world intellectual center?. Nezavisimaya gazeta. 22.01.2010 g.

6. Degal'tseva I.S. The role of science as a social institution in the formation of the country's innovative structure. Belgorodskij ekonomicheskij vestnik, 2011, no. 3 (63), pp. 22–26.

7. Kirsanova M.YU. Concept and essence of the national innovation system of the Russian Federation. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015, no. 1-1 [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: https:// www.science-education.ru/ru/article/view?id=18249 (data obrashcheniya 28.01.2018).

8. Morgunov E.V., Snegirev G.V. National (state) innovative system: essence and content. Sobstvennost' i rynok, 2004, no. 7, pp.10–21.

9. Novikov V.V. Innovation in tourism. M.: ITS Akademiya, 2007, 208 p.

10. Curovikin N. National Innovation System: Where to start?. Biznes entropiya, 2009, no. 6.

11. Gohberg L.M. National innovation system of Russia in the context of the "new economy". Voprosy ekonomiki, 2003, no. 3, pp. 26–44.

12. Zagidullina G.M., Kleshcheva O.A. Development of the innovation infrastructure of the investment and construction complex. Izvestiya KazGASU, 2011, no. 2 (16), pp. 271–277.

13. Shchetinina E.D., Starikova M.S. Managing the costs of innovation as an element of business strategies. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2015, no. 1. pp. 93–98.

14. Innovation: a tutorial. N.L. Marenkov, Mosk. Ekon. - fin. In-t. M.: Editorial URSS, 2005, 304 s.

15. Doroshenko YU.A., Malyhina I.O., Ospishchev P.I. Intellectual capital as a factor in the successful formation of the innovation infrastructure of the university. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2015, no. 2, pp. 192–195.

16. Agarkova S.A., Kuznetsova E.S., Gryaznova M.O. Innovative management and state innovation policy. M.: Izd-vo Akademiya estestvoznaniya, 2011, 143 p.

17. Doroshenko Yu.A., Malyhina I.O. Increasing the effectiveness of the functioning of the intellectual property centers of the university as a prerequisite for the development of its innovative infrastructure. Belgorodskij ekonomicheskij vestnik. 2014, no. 3 (75), pp. 3–8.

18. Kovalev A.S. Integration of scientific knowledge as a paradigm of innovative development of the economy. Belgorodskij ekonomicheskij vestnik, 2011, no. 3 (63), pp. 26–33.

Information about the author
Viktoriia N. Riapukhina, PhD, Assistant professor.
E-mail: viktorer_r@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Yuriy A. Doroshenko, PhD, Professor.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Received in January 2018

Научное издание

«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова»
№ 6, 2018 г.

Научно-теоретический журнал

Ответственный за выпуск Н.И. Алфимова
Дизайн обложки Е.А. Гиенко

Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовой информации ПИ №ФС77-26533

Сдано в набор 11.05.18. Подписано в печать 18.06.18. Формат 60×84/8
Усл. печ. л. 17,09. Уч.-изд. л. 18,38.
Тираж 500 экз. Заказ 239. Цена договорная.
Все публикуемые материалы представлены в авторской редакции.

Адрес редакции: г. Белгород, ул. Костюкова, 46, оф. 724/4 Гк.
Номер сверстан в редакции научно-теоретического журнала
«Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова».
Отпечатано в РИЦ БГТУ им. В.Г. Шухова